



ANÁLISE DA CADEIA DE VALOR APLICADA A CADEIAS LOGÍSTICAS
REVERSAS. UMA CONTRIBUIÇÃO AO REAPROVEITAMENTO DE PNEUS
INSERVÍVEIS.

Cristiane Duarte Ribeiro de Souza

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes.

Orientador: Márcio de Almeida D'Agosto

Rio de Janeiro
Abril de 2011

ANÁLISE DA CADEIA DE VALOR APLICADA A CADEIAS LOGÍSTICAS REVERSAS.
UMA CONTRIBUIÇÃO AO REAPROVEITAMENTO DE PNEUS INSERVÍVEIS.

Cristiane Duarte Ribeiro de Souza

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM
ENGENHARIA DE TRANSPORTES.

Examinada por:

Prof. Márcio de Almeida D'Agosto, D.Sc.

Profa. Suzana Kahn Ribeiro, D.Sc.

Prof. Luís Alberto Duncan Rangel, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

ABRIL DE 2011

Souza, Cristiane Duarte Ribeiro de

Análise da Cadeia de Valor Aplicada a Cadeias Logísticas Reversas. Uma Contribuição ao Reaproveitamento de Pneus Inservíveis / Cristiane Duarte Ribeiro de Souza. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2011.

XIII, 111 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Márcio de Almeida D’Agosto

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Transportes, 2011.

Referências Bibliográficas: p. 79-86.

1. Pneu inservível. 2.Cadeias logísticas reversas. 3. Análise da cadeia de valor I. D’Agosto, Marcio de Almeida. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Transportes. III. Título.

"Nas grandes batalhas da vida,
o primeiro passo para a vitória é o desejo de vencer!"
(Mahatma Gandhi)

AGRADECIMENTOS

À Deus pela oportunidade de uma nova existência, pelas dificuldades e pelas alegrias que me trouxeram até aqui.

Aos meus pais, sem os quais não estaria aqui, pelo amor e carinho que serviram de base para que eu me tornasse a pessoa que sou hoje.

Ao meu irmão Alexandre e minha cunhada Ana Paula, pelo amor e carinho. Por estarem por perto sempre que precisei.

Aos meus sobrinhos Daniel, Matheus, Nelisa e Luiza (meu bebê) pelo amor incondicional que sempre me dedicaram e pela alegria que me proporcionam simplesmente por existirem.

À minha família que sempre esteve por perto me apoiando e auxiliando quando necessário. À Taísa, Bia e Vinícius, por sempre alegrarem as reuniões de família.

À Professora Letícia Silva Freitas, por acreditar em minha capacidade. Por estimular o meu interesse pelo conhecimento e pela vida acadêmica. Pela amizade e carinho que sempre me dedicou!

Às verdadeiras amigas que apesar da distância imposta pelo trabalho árduo, sempre me apoiaram e me incentivaram nesta jornada: Fernanda, Gisele, Juliene, Karla, Natália e Tatiana.

À Formiga (Suellem Silva), pela paciência em me ouvir explicar, repetidamente, cada detalhe deste trabalho. Pelas revisões sucessivas, repletas de comentários que tanto me auxiliaram no aprimoramento desta dissertação. Pelas longas conversas no celular. Pela amizade sincera e pelo apoio constante ao longo desta jornada!

Ao professor Márcio de Almeida D'Agosto, obrigada primeiramente pela amizade. Por ter acreditado em minha capacidade e “apostado” no futuro deste trabalho. Pela paciência na orientação. Pelo incentivo constante. Pelas diversas críticas, sugestões e contribuições feitas durante sua orientação, pois, sem dúvida, estas foram fundamentais à realização deste trabalho.

Aos colegas do laboratório (LTC) e do mestrado que acompanharam o desenrolar deste trabalho e que sempre torceram por mim, me auxiliando quando necessário.

À Marina Rocha e Maria Lívia Almeida, que tanto me auxiliaram ao longo desta pesquisa.

À Lísia e D. Mãe, pelo carinho e atenção que sempre me dispensaram.

Aos funcionários do PET/COPPE/UFRJ pela dedicação, amizade e pelo simples convívio ao longo deste período.

Aos professores Suzana Kahn Ribeiro e Luís Alberto Duncan Rangel, por terem aceitado o convite de participar desta banca e pelas sugestões que tenho certeza muito contribuirão para o aperfeiçoamento deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pelo suporte financeiro que auxiliou a elaboração deste trabalho.

A todos que colaboraram direta ou indiretamente para a concretização deste trabalho.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

ANÁLISE DA CADEIA DE VALOR APLICADA A CADEIAS LOGÍSTICAS
REVERSAS. UMA CONTRIBUIÇÃO AO REAPROVEITAMENTO DE PNEUS
INSERVÍVEIS.

Cristiane Duarte Ribeiro de Souza

Abril/2011

Orientador: Márcio de Almeida D'Agosto

Programa: Engenharia de Transportes

O pneu tornou-se um elemento primordial para o desenvolvimento da sociedade moderna, porém, ao chegar ao fim de sua vida útil, se descartado inadequadamente, o pneu pode causar danos à saúde pública e ao meio ambiente. No Brasil a responsabilidade pela correta destinação dos pneus inservíveis é dos fabricantes e importadores de pneumáticos, que atualmente custeiam os processos inerentes a esta destinação. Como o pneu inservível é tido como um resíduo de valor negativo, usualmente os elementos da cadeia logística reversa deste não são remunerados pela reintrodução do pneu inservível em algum ciclo produtivo. Neste contexto, esta dissertação propõe a realização de uma análise da cadeia de valor aplicada a cadeia logística reversa do pneu inservível, com o intuito de verificar a existência de benefícios financeiros e como estes poderiam ser melhor distribuídos ao longo desta cadeia. A partir da consulta de referências nacionais e internacionais elaborou-se um modelo conceitual para a cadeia logística reversa do pneu inservível onde se aplicou o método de análise da cadeia de valor. A aplicação deste método a uma situação prática de cadeia logística reversa do pneu inservível no Estado do Rio de Janeiro demonstrou ser possível estruturá-la de modo a remunerar todos os elementos da cadeia.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

VALUE CHAIN ANALYSIS APPLIED TO REVERSE LOGISTICS CHAINS. A
CONTRIBUTION TO RECLAIMING SCRAP TIRES

Cristiane Duarte Ribeiro de Souza

April/2011

Advisor: Márcio de Almeida D'Agosto

Department: Transportation Engineering

Tires have become an essential element for the development of modern society but, on reaching the end of their useful life, if inappropriately discarded, they may cause damages to public health and the environment. In Brazil, tire manufacturers and importers take responsibility for proper disposal of scrap tires and currently bear all the costs inherent in this disposal process. Since scrap tires are considered a residue of negative value, the elements of their reverse logistics chain are usually not remunerated by the reintroduction of the scrap tire in a production cycle. In this context, this dissertation proposes to undertake a value chain analysis applied to the reverse logistics chain of scrap tires in order to verify the existence of financial benefits in the value chain and how these benefits might best be distributed through the value chain. Through consultation of national and international references, a conceptual model for the reverse logistic chain of scrap tires was elaborated, to which was applied the method of value chain analysis. Applying this method to a practical scrap tire reverse logistic chain situation in the city of Rio de Janeiro has proved possible to structure the chain in order to remunerate all its elements.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1.	Hipótese e Premissa da Dissertação	2
1.2.	Objeto de Estudo e Objetivos da Dissertação	2
1.3.	Metodologia de Pesquisa Adotada na Dissertação	3
1.4.	Estrutura Proposta para a Dissertação	5
2.	A CADEIA LOGÍSTICA REVERSA DE PNEUS INSERVÍVEIS	6
2.1.	Pneu Inservível – Conceituação e Possíveis Utilizações.....	6
2.2.	Cadeias Logísticas Reversas de Pneus Inservíveis – Experiências Nacionais e Internacionais	10
2.2.1.	<i>Experiências Nacionais</i>	11
2.2.2.	<i>Experiências Internacionais</i>	17
2.3.	Modelo Conceitual para a Cadeia Logística Reversa do Pneu Inservível	23
2.4.	Considerações Finais.....	24
3.	ANÁLISE DA CADEIA DE VALOR.....	26
3.1.	Conceito de Análise da Cadeia de Valor.....	26
3.2.	Vantagem Competitiva.....	29
3.2.1.	<i>Vantagem de Custo</i>	29
3.2.2.	<i>Diferenciação</i>	30
3.3.	Análise da Cadeia de Valor Aplicada a Cadeias Logísticas Reversas	31
3.4.	Método de Análise da Cadeia de Valor.....	32
3.5.	Considerações Finais.....	36
4.	APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE DA CADEIA DE VALOR	37
4.1.	Aplicação do Método de Análise da Cadeia de Valor à uma Situação Prática	37
4.1.1.	<i>Etapa 1 – Definir objetivo e escopo da análise</i>	39
4.1.2.	<i>Etapa 2 - Identificar elementos da cadeia de suprimento</i>	40
4.1.3.	<i>Etapa 3 - Identificar as atividades de valor relevantes</i>	45
4.1.4.	<i>Etapa 4 – Identificar recursos associados às atividades de valor</i>	46
4.1.5.	<i>Etapa 5 – Definir a estrutura de custo de cada atividade de valor</i>	49
4.1.6.	<i>Etapa 6 – Identificar relacionamentos entre as atividades de valor – elos</i>	51
4.1.7.	<i>Etapa 7 – Identificar direcionadores de custo e de singularidade</i>	51
4.1.8.	<i>Etapa – Atribuir valores (custos e receitas)</i>	52
4.1.9.	<i>Etapa 9 – Analisar a cadeia de valor da cadeia de suprimento</i>	59
4.2.	Análise dos Resultados.....	62
4.3.	Considerações Finais.....	64

5.	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DA ANÁLISE DA CADEIA DE VALOR APLICADA A CADEIA LOGÍSTICA REVERSA DO PNEU INSERVÍVEL.....	65
5.1.	Perfil das Situações Consideradas na Análise de Sensibilidade.....	65
5.2.	Discussão dos Resultados da Análise de Sensibilidade	67
5.3.	Considerações Finais.....	74
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS, LIMITAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	75
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
	APÊNDICE I – ELABORAÇÃO DE ROTAS NO SOFTWARE TRANSCAD	87
	APÊNDICE II – GERAÇÃO DE PNEUS INSERVÍVEIS POR EMPRESA	89
	APÊNDICE III – PNEUS INSERVÍVEIS GERADOS POR EMPRESA.....	90
	APÊNDICE IV – DADOS UTILIZADOS PARA O CÁLCULO DO CUSTO DE MÃO DE OBRA DOS GERADORES.....	91
	APÊNDICE V – DETALHAMENTO DO CUSTO DE MÃO DE OBRA DOS GERADORES	92
	APÊNDICE VI – CÁLCULO DE CUSTO FIXO E VARIÁVEL DO VEÍCULO DE COLETA	94
	APÊNDICE VII – CÁLCULO DE CUSTO FIXO E VARIÁVEL DO VEÍCULO DE TRANSFERÊNCIA	96
	APÊNDICE VIII – CÁLCULO DO CUSTO DE ARMAZENAGEM E DO CUSTO DE ESTOQUE DOS GERADORES.....	98
	APÊNDICE IX – CÁLCULO DA MÃO DE OBRA DO RECICLADOR	99
	APÊNDICE X – CÁLCULO DO CUSTO DE ARMAZENAGEM DO RECICLADOR	100
	APÊNDICE XI – CÁLCULO DO CUSTO DE CAPITAL DOS MÓVEIS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PELO RECICLADOR.....	101
	APÊNDICE XII – INFORMAÇÕES SOBRE EQUIPAMENTO DE PROCESSAMENTO DE PNEUS INSERVÍVEIS	102
	APÊNDICE XIII – RECEITA OBTIDA POR MEIO DA VENDA DO AÇO RETIRADO DO PNEU INSERVÍVEL.....	103
	APÊNDICE XIV – PREÇO DO COQUE DE PETRÓLEO.....	104
	ANEXO I - RELATÓRIO DE ROTAS DE COLETA GERADO NO TRANSCAD	105

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Fluxo de pesquisa da dissertação	4
Figura 2.1: Alternativas para a destinação de pneus usados.	7
Figura 2.2: Cadeia de suprimento do cliente – proposta de visão expandida.	10
Figura 2.3: Cadeia logística reversa do pneu inservível praticada pela Reciclanip.	16
Figura 2.4: Modelo conceitual da cadeia logística reversa de pneus inservíveis.	23
Figura 3.1: Cadeia de valor genérica.....	27
Figura 3.2: Cadeia de suprimento do cliente – proposta de visão expandida para análise da cadeia de valor.	28
Figura 3.3: Método de análise da cadeia de valor.	33
Figura 4.1: Operação representada na situação prática analisada.	38
Figura 4.2: Mapa com a localização das empresas de ônibus.	41
Figura 4.3: Cadeia logística reversa do pneu inservível adequado ao objetivo e escopo do estudo.....	45
Figura 4.4: Veículo e carroceria utilizados para coleta	44
Figura 4.5: Veículo e carroceria utilizados para transferência	44
Figura 5.1: Variação na margem de lucro do gerador.	71
Figura 5.2: Variação na margem de lucro do reciclador.	71
Figura 5.3: Variação na redução de custo do usuário do resíduo.....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Meta de destinação de pneus inservíveis em unidades e toneladas.....	12
Tabela 2.2: Informações gerais sobre as experiências nacionais analisadas.....	13
Tabela 2.3: Informações sobre o processo nas experiências nacionais analisadas.....	14
Tabela 2.4: Informações gerais sobre as experiências internacionais analisadas.....	19
Tabela 2.5: Informações sobre o processo nas experiências internacionais analisadas.	20
Tabela 2.6: Informações sobre o processo nas experiências internacionais analisadas - Continuação.....	21
Tabela 4.1: Características físicas dos pneus considerados.....	41
Tabela 5.1: Itens de custo considerados em cada composição.....	66
Tabela 5.2: Comparação dos resultados das situações analisadas – preço médio do coque de petróleo.....	67
Tabela 5.3: Comparação dos resultados das situações analisadas – preço máximo do coque de petróleo.....	69
Tabela 5.4: Comparação dos resultados das situações analisadas – preço mínimo do coque de petróleo.....	70
Tabela 5.5: Preço do coque de petróleo com impostos.....	72

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação (4.1).....	42
Equação (4.2).....	42
Equação (4.3).....	42
Equação (4.4).....	43
Equação (4.5).....	43
Equação (4.6).....	53
Equação (4.7).....	53
Equação (4.8).....	54
Equação (4.9).....	54
Equação (4.10).....	55
Equação (4.11).....	56
Equação (4.12).....	56
Equação (4.13).....	57
Equação (4.14).....	57
Equação (4.15)	59

1. INTRODUÇÃO

Em virtude de uma crescente preocupação com a preservação do meio ambiente e com a qualidade de vida das gerações futuras, tem se buscado atingir o desenvolvimento sustentável do ponto de vista econômico, social e ambiental. Nesse contexto, destaca-se a crescente preocupação com a correta destinação do pneu inservível, resíduo este que tem apresentado contínuo crescimento.

Isto ocorre devido ao fato de que o pneu tornou-se um elemento primordial para o desenvolvimento da sociedade moderna, pois está intrinsecamente ligado ao setor de transporte rodoviário, que possui grande representatividade na matriz de transporte de carga e de passageiros. No entanto, ao chegar ao fim de sua vida útil, se descartado inadequadamente o pneu pode causar danos à saúde pública e ao meio ambiente. Nesse sentido, a reciclagem tem papel fundamental, pois por meio desta é possível reaproveitar os pneus inservíveis gerados pela sociedade em novos ciclos produtivos, minimizando o consumo de matérias primas não renováveis e aumentando a vida útil dos aterros sanitários.

No entanto, o pneu inservível é visto como um bem de valor negativo para o mercado, tornando-se um problema para os fabricantes e importadores de pneumáticos, que segundo MMA (2009) são responsáveis pela sua correta destinação.

No Brasil a correta destinação de pneus inservíveis é realizada, em parte, pela Reciclanip, associação sem fins lucrativos que representa os principais fabricantes de pneumáticos do país, em parceria com o setor público e com a iniciativa privada. O processo de gestão da cadeia logística reversa do pneu inservível tem sido aprimorado ao longo do tempo e de acordo com ANIP (2011) e RECICLANIP (2011), no ano de 2010, foi possível atingir cerca de 88,6% da meta de destinação de pneus inservíveis.

No entanto, este processo é custeado pelos fabricantes e importadores, não possuindo nenhuma fonte de receita que remunere tal processo. Assim, acredita-se ser necessária uma verificação dos custos e identificação de possíveis receitas existentes ao longo da cadeia logística reversa do pneu inservível.

Neste contexto, esta dissertação propõe a realização de uma análise da cadeia de valor aplicada a cadeia logística reversa do pneu inservível, com o intuito de verificar a existência de benefícios financeiros e como estes poderiam ser melhor distribuídos ao longo desta cadeia, de modo a estimular a coleta e a correta destinação dos pneus

inservíveis. Não são considerados os potenciais benefícios sociais e ambientais oriundos do processo de reciclagem do pneu inservível.

Para tanto, por meio da consulta em referências nacionais e internacionais esta dissertação propõe um modelo conceitual para a cadeia logística reversa do pneu inservível. Sobre este modelo conceitual propõe-se um método de análise da cadeia de valor que é aplicado a uma situação prática no Estado do Rio de Janeiro.

1.1. Hipótese e Premissa da Dissertação

Como premissa desta dissertação considerou-se que o pneu inservível possa ser utilizado como produto substituto em diferentes cadeias produtivas. A hipótese deste trabalho baseia-se na possibilidade de se utilizar a ferramenta de análise da cadeia de valor no intuito de se identificar os custos e receitas inerentes a gestão da cadeia logística reversa do pneu inservível e verificar a possível existência de benefícios financeiros e de como distribuí-los ao longo da cadeia logística reversa de pneus inservíveis de modo a estimular a sua coleta e promover uma destinação mais adequada deste resíduo.

1.2. Objeto de Estudo e Objetivos da Dissertação

Considera-se como objeto de estudo desta dissertação a cadeia logística reversa de pneus inservíveis.

Esta dissertação tem como objetivo principal a elaboração de um método de análise da cadeia de valor que possa ser aplicado à cadeia logística reversa do pneu inservível e que permita verificar a existência de benefícios financeiros e de como distribuí-los ao longo da cadeia logística reversa de pneus inservíveis.

Como objetivo secundário, tem-se a aplicação deste método a uma situação que represente a realidade brasileira.

Para a concretização destes objetivos faz-se necessário:

- Realizar uma revisão bibliográfica e documental nacional e internacional sobre a cadeia logística reversa do pneu inservível visando compreender como esta funciona;
- Realizar pesquisa de campo utilizando métodos de observação, entrevista e questionário, buscando complementar o conhecimento sobre a cadeia logística reversa do pneu inservível adquirido com a revisão bibliográfica e documental;

- Realizar uma pesquisa bibliográfica sobre a ferramenta de análise da cadeia de valor;
- Identificar uma situação onde seja possível aplicar o método de análise da cadeia de valor desenvolvido;
- Levantar informações necessárias para a realização de tal aplicação.

1.3. Metodologia de Pesquisa Adotada na Dissertação

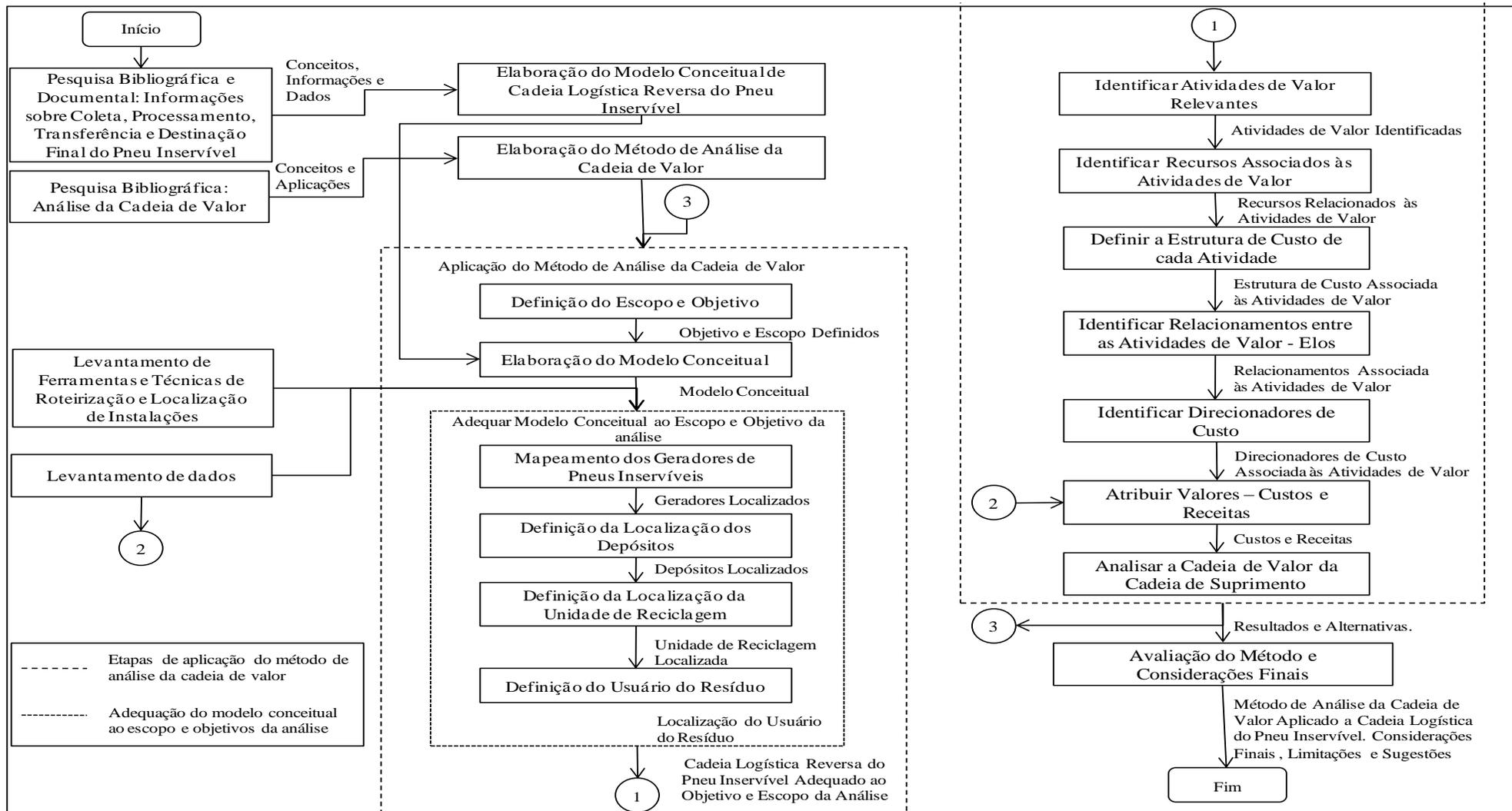
Para a realização deste trabalho adotou-se a pesquisa descritiva. Ao longo da elaboração deste trabalho foram utilizadas pesquisa de campo, bibliográfica e documental para obtenção de dados e informações. O método elaborado foi aplicado em um estudo de caso.

A Figura 1.1 apresenta um fluxograma que ilustra as etapas utilizadas para a elaboração da dissertação. Inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica/documental sobre os processos inerentes a cadeia logística reversa do pneu inservível. Com base no conhecimento gerado nesta revisão elaborou-se um modelo conceitual para a cadeia logística reversa do pneu inservível.

Para o desenvolvimento do método de análise da cadeia de valor apresentado no Capítulo 3, fez-se necessário realizar uma pesquisa bibliográfica sobre o tema. Por meio desta, foi possível identificar as etapas necessárias para o uso de tal ferramenta e quais suas aplicações. Uma vez desenvolvido o método, definiu-se uma situação prática, com o intuito de ilustrar e testar o método elaborado.

Para a aplicação do método de análise da cadeia de valor, foi necessário desenvolver conhecimento sobre as técnicas de localização de instalações, roteirização e ferramentas computacionais para sua aplicação. Estas técnicas e ferramentas foram utilizadas para a adequação do modelo conceitual elaborado no Capítulo 2 ao objetivo e escopo estabelecidos no estudo de caso. Os dados e informações necessários para a realização desta aplicação foram levantados por meio de pesquisa de campo, que também possibilitou conhecer detalhes sobre a operação em estudo.

Ao término da aplicação do método de análise da cadeia de valor à cadeia logística reversa do pneu inservível foi possível avaliar resultados obtidos e alternativas propostas para a situação em estudo. Após a avaliação do método supracitado, foi possível apresentar as considerações finais e limitações desta dissertação, além de sugestões para trabalhos futuros.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 1.1: Fluxo de pesquisa da dissertação.

1.4. Estrutura Proposta para a Dissertação

Para que fosse possível desenvolver o estudo proposto, considerou-se uma estrutura com 6 Capítulos. O presente e primeiro Capítulo apresenta uma breve introdução, a hipótese, o objeto e os objetivos do estudo e a metodologia adotada para a elaboração desta dissertação.

O Capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica e documental sobre a cadeia logística reversa do pneu inservível, realizada por meio de pesquisa em livros e periódicos com abrangência nacional e internacional. Esta pesquisa teve o objetivo de definir as possíveis configurações, os elementos e o regime operacional da cadeia logística reversa de pneus inservíveis, com o objetivo de gerar subsídios para a elaboração de um modelo conceitual da cadeia logística reversa de pneus inservíveis.

No Capítulo 3 apresenta-se uma pesquisa bibliográfica sobre os conceitos e aplicações da ferramenta análise da cadeia de valor. Tal pesquisa permitiu que fosse elaborado um método de análise da cadeia de valor que pudesse ser aplicado à cadeia logística reversa do pneu inservível.

O Capítulo 4 detalha a aplicação do método elaborado no Capítulo 3 a uma situação prática com o objetivo de se avaliar o método elaborado e testar a hipótese levantada neste estudo.

Após a aplicação do método realizada no Capítulo 4, realizou-se uma análise de sensibilidade quanto a redução de custos, no Capítulo 5, na qual foram avaliadas diferentes situações com o objetivo de se verificar o comportamento dos resultados obtidos com a aplicação.

No último Capítulo são apresentadas conclusões, limitações do trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

2. A CADEIA LOGÍSTICA REVERSA DE PNEUS INSERVÍVEIS

O objetivo deste capítulo é apresentar o conceito de pneu inservível, suas possíveis utilizações e como a cadeia logística reversa deste tem sido estruturada no Brasil e no mundo. Para tanto foi realizada pesquisa bibliográfica do referencial teórico e pesquisa de campo junto a instituições que atuam no segmento. Estas pesquisas permitiram a elaboração de um modelo conceitual para a cadeia logística reversa do pneu inservível.

Sendo assim, este capítulo encontra-se estruturado em 4 (quatro) itens. No item 2.1 apresenta-se a conceituação e as possíveis utilizações do pneu inservível. O item 2.2 apresenta as experiências nacionais e internacionais de gerenciamento de pneus inservíveis. Já no item 2.3 apresenta-se um modelo conceitual para a cadeia logística reversa do pneu inservível. Finalmente, o item 2.4 apresenta as considerações finais deste capítulo.

2.1. Pneu Inservível – Conceituação e Possíveis Utilizações

O pneu é um elemento essencial para o funcionamento de um veículo rodoviário, pois é ele que permite a sua tração e sustentação de forma segura e confortável, por meio do contato roda-pista. O pneu é composto por borracha natural e borracha sintética, elaborada a partir do petróleo, além de negro fumo, arame de aço, tecido de nylon, óxido de zinco, enxofre e aditivos. Segundo a ANIP (2010), as quantidades de cada elemento na fabricação no pneu variam de acordo com o tipo de pneu a ser produzido.

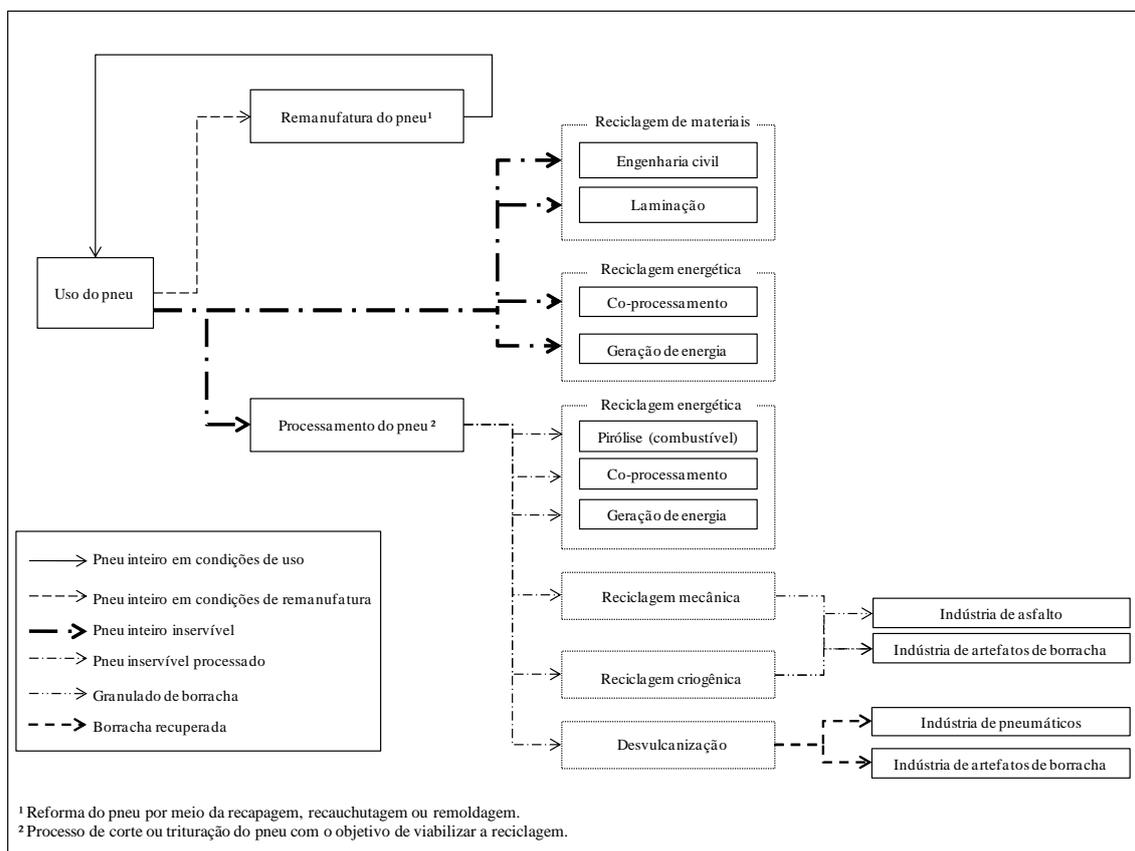
De acordo com GOTO (2007), tem se observado um crescimento na produção de pneumáticos em virtude de sua importância para o setor de transporte. No entanto, o pneu possui uma vida útil limitada, tornando-se após determinado período de uso, um pneu inservível.

Segundo NOHARA *et al* (2006), o volume e a forma do pneu não permitem sua compactação, dificultando e encarecendo o transporte e o armazenamento do mesmo. Além disso, sua composição é baseada em materiais que podem levar cerca de 600 anos para se decompor completamente. Estas características tornam inadequada a destinação de pneus usados em depósitos de lixo e aterros sanitários. Em virtude disso, é preciso buscar alternativas que permitam a reinserção do pneu usado no ciclo produtivo,

visando à redução do consumo de matérias primas, de insumos e a minimização dos impactos ambientais.

Segundo MMA (2009), o pneu inservível é considerado um pneu usado que sofreu algum tipo de desgaste ou dano em sua estrutura, e que por isso não pode mais ser utilizado para rodagem ou remanufatura. Nesse caso, faz-se necessário buscar alternativas de destinação adequadas e que não prejudiquem o meio ambiente nem a saúde pública.

Na Figura 2.1 apresenta-se um esquema com as alternativas para a destinação de pneus usados, onde é possível verificar as três possíveis situações em que o pneu usado pode se encontrar: (1) pneu em condições de reuso, (2) pneu em condições de remanufatura e (3) pneu inservível.



Fonte: Elaboração própria a partir de BEUKERING e JANSSEN (2001), RESENDE (2004), COSTA (2007), GOTO (2007), ANDRADE (2007), COSTA (2009).

Figura 2.1: Alternativas para a destinação de pneus usados.

No caso do pneu em condições de reuso (1), este pode ser reinserido no mercado de revenda de pneus sem a necessidade de nenhum tipo de processo de remanufatura, pois ainda mantém suas características funcionais dentro dos padrões de segurança.

Conforme pode ser observado na Figura 2.1, para que o pneu em condições de remanufatura (2), possa ser reintroduzido no mercado, é necessária a realização de um processo de remanufatura que permita a restauração das características funcionais que garantiam a segurança do veículo. A remanufatura do pneu pode ser realizada por meio de um processo de recapagem, recauchutagem ou remoldagem, que tem por objetivo restaurar as características de rodagem do pneu, prolongando sua vida útil.

O pneu inservível, como sua própria definição expõe, não pode mais ser utilizado para rodagem ou remanufatura, devendo ter como destinação adequada a reciclagem com o intuito de recuperar seus componentes, reintroduzindo-os em algum ciclo produtivo.

Desse modo, no que tange a reciclagem do pneu inservível, pode-se utilizar o pneu inteiro ou processado. No caso do pneu inteiro, consideram-se dois tipos de reciclagem: (1) a reciclagem de materiais, onde o pneu inteiro pode ser destinado a obras de engenharia civil (contenção de encostas, criação de recifes artificiais, muros de arrimo etc) ou a laminação, onde segundo SERRA e LEITE (2009), o pneu é cortado em tiras dimensionadas de acordo com o produto que se deseja obter; e (2) a reciclagem energética, onde o pneu pode ser utilizado para geração de energia e para o co-processamento.

No caso da geração de energia, o pneu inservível é utilizado como substituto do carvão, do coque de petróleo ou do óleo diesel. Já no co-processamento, é utilizado usualmente pela indústria de cimento, que após utilizar o pneu inservível para geração de energia, adiciona ao cimento, os resíduos oriundos da queima do pneu.

Quando não é possível utilizar o pneu inteiro faz-se necessário reduzir seu tamanho de modo que este possa ser manipulado pelos equipamentos. Nesse caso, o pneu é submetido a um pré-tratamento, que tem por objetivo diminuir o seu tamanho, tornando-se um pneu processado.

Pode-se considerar quatro tipos de reciclagem aplicados ao pneu processado: (1) reciclagem energética, (2) reciclagem mecânica, (3) reciclagem criogênica e (4) desvulcanização.

Na reciclagem energética (1), assim como ocorre com o pneu inteiro, o pneu processado pode ser utilizado para geração de energia e co-processamento. Além dessas utilizações, pode-se também utilizar o pneu processado para a extração de combustível, por meio do processo de pirólise. No processo de pirólise, de acordo com COSTA

(2009), ocorre a decomposição química do pneu, por calor na ausência de oxigênio, permitindo assim, a extração de óleo e gás que podem ser utilizados como combustíveis.

Já na reciclagem mecânica (2), o pneu passa por um processo de trituração, onde o aço e o nylon são retirados. Nesse processo de reciclagem, a trituração do pneu é realizada em temperatura ambiente, até atingir a granulometria adequada ao tipo de utilização a que se destina.

De acordo com LAGARINHOS (2004), na reciclagem criogênica (3), o pneu é congelado em temperaturas abaixo de -80°C , com o intuito de enfraquecer a estrutura da borracha, reduzindo-a a tamanhos finos ou superfinos por meio de moinhos de martelo. Neste tipo de reciclagem também são retirados o aço e o nylon.

O resultado obtido na reciclagem mecânica e criogênica é um granulado de borracha que pode variar em sua granulometria de acordo com o produto final a ser gerado. Esse granulado pode ser incorporado no asfalto por meio de um processo seco, onde a borracha substitui parte dos agregados minerais da mistura de agregados ou por um processo úmido, onde, segundo LAGARINHOS e TENÓRIO (2008), a borracha é misturada ao cimento asfáltico de petróleo, dando origem a um novo tipo de ligante denominado “asfalto borracha”. Além disso, com o granulado de borracha é possível produzir diversos artefatos de borracha, como tapetes de automóveis, solados de sapatos, pisos industriais, pisos de quadras esportivas etc.

Na desvulcanização (4), de acordo com LAGARINHOS e TENÓRIO (2008), é necessária a redução de tamanho da cadeia da molécula da borracha com a quebra de suas ligações químicas, que pode ser realizada por meio de quatro (4) processos: (1) processo químico ou de regeneração da borracha; (2) processo por ultra-som; (3) processo por bactérias e (4) processo por microondas. No Brasil, o processo utilizado comercialmente é o processo químico.

No caso do processo por bactérias, segundo LAGARINHOS e TENÓRIO (2008), pode-se utilizar 15% da borracha reciclada na fabricação de pneus novos. Nos demais processos pode-se utilizar a borracha gerada para confecção de artefatos de borracha.

Dessa forma, o produto que o pneu poderá substituir está diretamente ligado ao tipo de reciclagem utilizada. A desvulcanização que recupera de forma mais adequada às propriedades da borracha permitindo que esta seja reintroduzida ao seu próprio ciclo produtivo, possui um alto custo e conseqüentemente, uma baixa utilização.

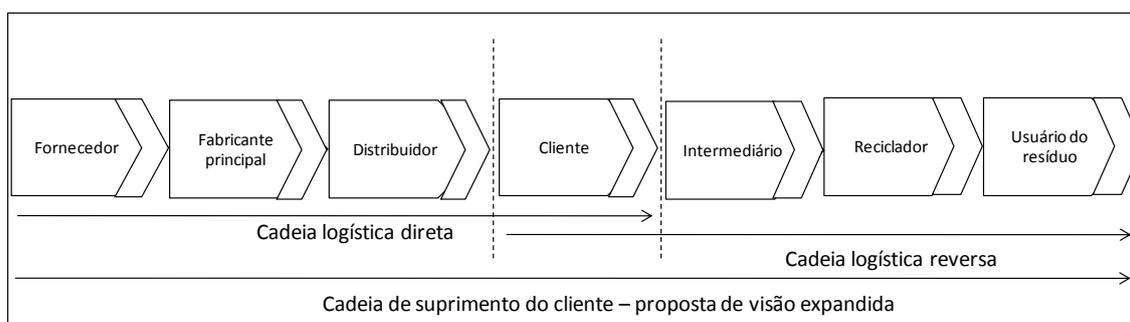
Como será visto no próximo sub-item, prevalece o uso do pneu para geração de energia, co-processamento e a confecção de artefatos de borracha produzidos, na maioria das vezes, por meio da reciclagem mecânica ou da laminação.

Após verificar quais as possíveis alternativas para a destinação adequada do pneu inservível, faz-se necessário o estudo de experiências nacionais e internacionais para entender como se encontra estruturada a cadeia logística reversa do pneu inservível.

2.2. Cadeias Logísticas Reversas de Pneus Inservíveis – Experiências Nacionais e Internacionais

Por cadeia logística direta, entende-se, o segmento da cadeia de suprimento do cliente relacionado a produção e distribuição de bens e por cadeia logística reversa o segmento da cadeia de suprimento relacionado a reintrodução de bens de pós-consumo¹ a um ciclo produtivo.

Na Figura 2.2 é possível verificar uma proposta de visão expandida para a cadeia de suprimento do cliente. Esta cadeia pode ser dividida em cadeia logística direta e cadeia logística reversa, onde o cliente da cadeia logística direta torna-se o fornecedor (gerador) da cadeia logística reversa.



Fonte: Elaboração própria com base em PORTER (1989), SHANK e GOVINDARANJAN (1997) e BALLOU (2001) e NOVAES (2004).

Figura 2.2: Cadeia de suprimento do cliente – proposta de visão expandida.

Para classificação das cadeias logísticas reversas de pneus inservíveis, considerou-se a classificação adotada pela União Européia para sistemas de gerenciamento de pneus inservíveis (SGPI). De acordo com ETRMA (2007), os SGPI

¹ Entende-se por bem de pós-consumo o bem que chegaram ao término de sua vida útil, não podendo mais serem utilizados para sua utilização original.

podem ser classificados em 3 (três) diferentes tipos: (1) responsabilidade do produtor, (2) responsabilidade do governo e (3) mercado livre.

No caso do sistema de gerenciamento cuja responsabilidade é do produtor, a legislação confere aos produtores e importadores de pneumáticos a responsabilidade de organizar a cadeia logística reversa de pneus inservíveis. Segundo ETRMA (2007), isto levou os países que optaram por este sistema a criar instituições sem fins lucrativos financiadas pelos produtores de pneus, com o intuito de gerenciar a coleta e destinação dos pneus inservíveis. Geralmente, os representantes dessas instituições fazem parte dos principais produtores e importadores de pneus do País.

O SGPI baseado na responsabilidade do governo tem este como agente responsável pela correta destinação dos pneus inservíveis. Segundo ETRMA (2007), este é um sistema intermediário, no qual os produtores de pneumáticos pagam uma taxa ao governo e este se responsabiliza por gerenciar a cadeia logística reversa do pneu inservível e remunerar seus elementos.

Ainda de acordo com o autor acima, o sistema que funciona com base no mercado livre não possui um responsável direto. Desta forma, todos os elementos relacionados à cadeia logística reversa do pneu inservível atuam em condições de mercado, devendo agir em conformidade com legislação vigente.

2.2.1. Experiências Nacionais

No Brasil, em 2010 foram vendidos 73,1 milhões de pneus novos, sendo 32,9 milhões destes destinados ao mercado de reposição (ANIP, 2011).

De acordo com MMA (2009), a coleta e adequada destinação dos pneus inservíveis gerados no Brasil é de responsabilidade dos produtores e importadores de pneus. Esta destinação deve ser realizada considerando a seguinte proporção: para cada pneu novo comercializado para o mercado de reposição é necessário dar destinação adequada a um pneu inservível. Desse modo, verifica-se que a meta de destinação relativa ao ano de 2010 foi de 32,9 milhões de pneus inservíveis, que se convertidos em toneladas totalizam aproximadamente 352 mil toneladas de pneus inservíveis, conforme Tabela 2.1.

Além disso, no País, é proibida a destinação de pneus em locais inapropriados que possam causar danos ao meio ambiente ou a saúde pública, como corpos de água e

terrenos baldios, sendo vedada, também, a queima de pneus inservíveis a céu aberto ou a disposição em aterros sanitários.

Tabela 2.1: Meta de destinação de pneus inservíveis em unidades e toneladas.

Categories	Vendas Totais (unid)	Vendas para o Mercado de Reposição (unid)	Peso por pneu (kg)	Meta de Destinação de Pneus Inservíveis (t)
Caminhões/ônibus ¹ :	8.400.000	3.780.000	40	151.200
Caminhonetes ¹ :	8.300.000	3.735.000	12	44.820
Automóveis ¹ :	38.100.000	17.145.000	5	85.725
Motos ¹ :	15.500.000	6.975.000	2,5	17.438
Agricultura / Terraplanagem ¹ :	977.300	439.785	84	36.942
Veículos Industriais ² :	1.600.000	720.000	20	14.400
Aviões ³ :	73.700	33.165	30	995
	72.951.000	32.827.950	-	351.519

¹ Peso indicado pelo IBAMA conforme instrução normativa nº 8 de 15 de maio de 2002.

² Peso médio definido com base em um ajuste de curva realizado com valores de peso de pneus de automóveis fornecidos pelo fabricante e peso do pneu obtido em campo.

³ Peso calculado com base em média aritmética dos pesos de pneus informados pelo fabricante.

Fonte: Elaboração própria com base em ANIP (2010), IBAMA (2002), GOODYEAR (2002).

Com o intuito de verificar como funciona o gerenciamento de pneus inservíveis no Brasil, realizou-se uma pesquisa junto a Associação Nacional das Empresas de Reciclagem de Pneus e Artefatos de Borrachas (AREBOP). Nesta associação foi possível verificar a relação de 20 (vinte) instituições que possuem atividades relacionadas ao gerenciamento de pneus inservíveis, distribuídas nos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul, Amazonas, Paraíba e Bahia.

Dentre essas 20 (vinte) instituições, foram desconsideradas do estudo 8 (oito) instituições: 2 (duas) por não ter sido possível estabelecer contato, 2 (duas) por não apresentarem relação direta com o objeto de estudo e as outras 4 (quatro) por não terem fornecido as informações necessárias a pesquisa até o momento do seu fechamento.

Sendo assim, da relação da AREBOP foram consideradas doze 12 (doze) instituições. Além destas, optou-se por considerar mais 3 (três) instituições, que apesar de não fazerem parte desta associação, também atuam no segmento de gerenciamento de pneus inservíveis, totalizando 15 (quinze) instituições.

As informações obtidas junto às instituições encontram-se organizadas em duas tabelas: a Tabela 2.2 que apresenta informações gerais sobre as instituições e a Tabela 2.3 que apresenta informações sobre a estrutura da cadeia logística verificada em cada instituição.

Tabela 2.2: Informações gerais sobre as experiências nacionais analisadas.

Local	Instituição	Ano base	Volume reciclado (t)	Cobrança de taxa	Restrição de coleta
Nacional	Tyre Eco	2009	12.500 ¹	Não ²	Apenas lojas parceiras ^{2,3}
São Mateus do Sul - PR	Bittencourt reciclagem de pneus e borrachas inservíveis	2009	3.600	Não	Não coleta
Região Sul	Xibiu reciclagem de pneus	2009	36.000	Não	-
Nacional	Anip/ Reciclanip	2007	140.000	Não	-
Nacional	Recibrás	-	não informado	Não	Região próxima a empresa
Guarulhos, São Paulo e Grande São Paulo	Usina de Tratamento Ecológico de Pneus (UTEPE)	-	não informado	Sim. Para coletar nas empresas.	-
Região Sul e Sudeste	Mazola ⁶	2009	7.013	Sim. Para coletar.	-
São Paulo	Ecobalbo	-	não informado	Não	Não coleta
Paraná	Reciclabor	-	não informado	Sim. Para coletar.	-
Minas Gerais ⁴	Laminação de Pneus Amazonas	2009	90 ¹	Não ²	-
Minas Gerais, São Paulo e Paraná ⁴	Laminadora Mandaguari	2009	210 ¹	Não ²	-
Paraná, Santa Catarina e São Paulo ⁴	Laminadora Olitelli	2009	240 ¹	Não ²	-
São Paulo ⁵	Laminadora Maracanã	2009	165 ¹	Não ²	-
Paraná	Tema Comércio de Pneus	2009	3.180	Não ²	Até 100 km da empresa
Amazonas, Rondonia, Roraima, Amapá e Pará	Rio Limpo	-	não informado	Não	-

¹ Valor calculado com base na quantidade média informada e convertido para tonelada considerando o peso médio do pneu de automóvel (5kg)

² Empresa compra o pneu para ser utilizado como matéria-prima

³ Dellavia, Zacharias, Firestone, Pirelli e Pneuac

⁴ Empresa coleta os pneus inservíveis na viagem de retorno de entrega de mercadorias

⁵ Empresa recebe os pneus inservíveis de um fornecedor de São Paulo

⁶ Empresa tem como principal parceira a Devaschoal

Fonte: Elaboração própria a partir de GREENHALGH (2007), MURAD (2009), RIO LIMPO (2010), MARTINS (2010b), PANIZIO (2010), OLIVEIRA (2010), PIMENTA (2010), EVANGELISTA (2010), SILVA(2010), SILVA (2010b), SILVA (2010c), FERREIRA (2010), BITTENCOURT (2010), NASCIMENTO (2010), FERRAZ (2010), CAPOVILLA (2010).

Tabela 2.3: Informações sobre o processo nas experiências nacionais analisadas.

Local de atuação	Coleta no gerador ¹	Destino intermediário ²		1ª Transferência			Depósito central	Triagem centralizada ³		Vende para remanufatura	Processamento do pneu		Vende aço	2ª Transferência			Uso final ⁵
		Considera	Qual(is)	Existe	Responsável	Para onde		Existe	Onde		Existe	Quem faz		Existe	Responsável	Para onde	
Nacional	Não	Sim	Revendedor de pneu	Sim	Tyre Eco	Depósito da empresa	Sim	Sim	Depósito da empresa	Sim	Sim	Empresa contratada	Não	Sim	Tyre Eco	Indústria de cimento	Co-processamento
São Mateus do Sul - PR	Não	Não	-	Sim	Revendedor de pneu, Empresa de transporte	Depósito da empresa	Sim	Não	-	Não	Sim	Bittencout Reciclagem de pneus	Sim	Sim	Bittencout Reciclagem de pneus	Pirólise ⁴	Combustível
Região Sul	Não	Sim	Ponto de Coleta	Sim	Xibiu Reciclagem de Pneus	Pneus inteiros para Votorantim - Pneus para picar para depósito da empresa	Sim	Não	-	Não	Sim	Xibiu Reciclagem de Pneus	Não	Sim	Xibiu Reciclagem de Pneus	Indústria de cimento	Co-processamento
Nacional	Não	Sim	Ponto de coleta	Sim	Reciclanip	Pneus inteiros para indústrias de cimento - Pneus para picar para empresas de processamento	Não	Não	-	Não	Sim	Empresas contratadas	Não	Sim	Reciclanip	Indústria de cimento e outros usuários	Co-processamento, borracha recuperada e granulado de borracha
Nacional	Não	Sim	Revendedor de pneu	Sim	Recibrás ou Revendedor de pneu	Depósito da empresa	Sim	Não	-	Não	Sim	Recibrás	Sim	Não	-	-	Granulado de borracha e artefatos de borracha
Guarulhos, São Paulo e Grande São Paulo	Sim. Empresas de manutenção	Sim	Revendedor de pneu, Ponto de coleta, Sistema de coleta pública	Sim	UTEP	Depósito da empresa	Sim	Não	-	Não	Sim	UTEP	Sim	Não	-	-	Co-processamento, Recuperação da borracha
Região Sul e Sudeste	Não	Sim	Revendedor de pneu	Sim	Mazola	Depósito da empresa	Sim	Sim	Depósito da empresa	Sim	Sim	Empresa contratada	Não	Sim	Empresa que processou	Indústria de cimento	Co-processamento
São Paulo	Não	Não	-	Sim	Reciclanip	Depósito da empresa	Sim	Não	-	Não	Sim	Ecobalbo	Sim	Não	-	-	Granulado de borracha
Paraná	Sim. Empresas de manutenção	Sim	Revendedor de pneu e Sistema de coleta pública	Sim	Reciclabor	Depósito da empresa	Sim	Depende do contrato	Depósito da empresa	Depende do contrato	Sim. Apenas corte	Reciclabor	Não	Sim	Reciclabor	Indústria de cimento e laminadores	Co-processamento e artefatos de borracha
Minas Gerais	Não informado	Sim	Revendedor de pneu	Sim	Laminação Amazonas	Depósito da empresa	Sim	Não	-	Não	Sim	Laminação Amazonas	Não	Não	-	-	Artefatos de borracha
Minas Gerais, São Paulo e Paraná	Não informado	Sim	Revendedor de pneu	Sim	Laminadora Mandaguari	Depósito da empresa	Sim	Não	-	Não	Sim	Laminadora Mandaguari	Não	Não	-	-	Artefatos de borracha
Paraná, Santa Catarina e São Paulo	Não informado	Sim	Revendedor de pneu	Sim	Laminadora Olitelli	Depósito da empresa	Sim	Não	-	Não	Sim	Laminadora Olitelli	Não	Não	-	-	Artefatos de borracha
São Paulo	Não	Não	-	Não	-	-	Sim	Não	-	Não	Sim	Laminadora Maracanã	Não	Não	-	-	Artefatos de borracha
Paraná	Sim. Empresas de manutenção	Sim	Revendedor de pneu e Sistema de coleta pública	Sim	Tema	Depósito da empresa	Sim	Não	-	Não	Sim	Tema	Não	Sim	Tema	Indústria de cimento	Artefatos de borracha e Co-processamento
Amazonas, Roraima, Amapá e Pará	Não	Sim	Ponto de Coleta	Sim	Rio Limpo	Depósito da empresa	Sim	Não informado	-	Não Informado	Sim	Rio Limpo	Não informado	Sim	Rio Limpo	Indústria de cimento	Co-processamento

¹ Entende-se como gerador: consumidor, empresas de transporte e sucateiros

² Entende-se como destino intermediário: revendedor de pneu, ponto de coleta e sistema de coleta pública

³ Entende-se como triagem a separação de pneus em condição de reuso, remanufatura e inservível

⁴ Processamento do pneus inservível com rocha de xisto por meio da pirólise para extração de combustíveis

Fonte: Elaboração própria a partir de GREENHALGH (2007), MURAD (2009), RIO LIMPO (2010), MARTINS (2010b), PANIZIO (2010), OLIVEIRA (2010), PIMENTA (2010), EVANGELISTA (2010), SILVA(2010), SILVA (2010b), SILVA (2010c), FERREIRA (2010), BITTENCOURT (2010), NASCIMENTO (2010), FERRAZ (2010), CAPOVILLA (2010).

Analisando a Tabela 2.2, verifica-se que 80% das instituições pesquisadas concentram-se nas regiões Sul e Sudeste. Esta concentração pode estar associada ao fato de que estas regiões possuem uma taxa de motorização maior do que as demais regiões, gerando mais pneus inservíveis. Dentre as instituições pesquisadas, verifica-se que 27% reciclam menos de 1.000 toneladas por ano e que 20% reciclam entre 7.000 e 3.000 toneladas por ano.

Em relação à cobrança de taxa de coleta, 20% das instituições cobram para efetuar a coleta dos pneus inservíveis. Há casos em que as instituições que coletam o pneu inservível utilizam a viagem de retorno da entrega de mercadorias vendidas ou coletam apenas em região próxima de seu depósito ou fábrica. Em 40% das instituições, verifica-se a compra do pneu inservível para uso como matéria-prima em algum processo produtivo.

Na Tabela 2.3 é possível verificar que 20% das instituições pesquisadas coletam o pneu no gerador, 80% delas coletam em um destino intermediário que tem por objetivo agrupar os pneus gerados de forma dispersa na área urbana. Usualmente, este destino intermediário é um revendedor de pneus (loja de venda e troca de pneus, borracheiro, centro automotivo etc). Essa escolha tende a minimizar o custo de transporte, porém pode vir a restringir a oferta de pneus inservíveis e/ou favorecer a sua destinação inadequada.

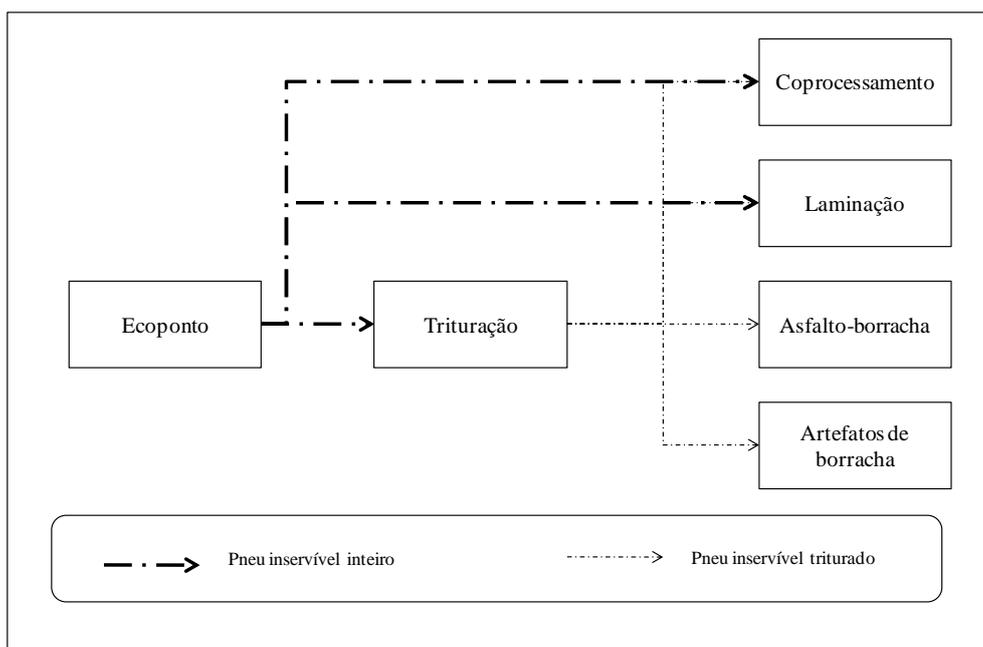
Na primeira transferência, em 80% das instituições pesquisadas, o pneu inservível é transportado diretamente para o depósito da empresa responsável pelo processamento. Em 13% das instituições observa-se que uma parte dos pneus inservíveis inteiros é transferida diretamente para a indústria de cimento, onde será utilizada para co-processamento e o restante é transferido para o depósito da empresa para ser processado.

No depósito, pode-se realizar triagem dos pneus, separando os pneus em condições de uso e de remanufatura dos pneus inservíveis. Porém, dentre as instituições pesquisadas apenas 20% realizam esta triagem, encaminhando os pneus em condições de reuso ou de remanufatura de volta para o mercado. As demais instituições entendem que esta triagem já teria sido realizada no gerador ou no destino intermediário.

Uma segunda transferência só ocorrerá quando houver a necessidade de processar o pneu antes de encaminhá-lo à empresa que dará destinação final a este.

Na etapa de processamento, prevalece a utilização de reciclagem mecânica e no uso final a destinação por meio de co-processamento em indústrias de cimento (38%).

Dentre as experiências apresentadas nas Tabelas 2.2 e 2.3 e analisadas acima, destaca-se a Reciclanip, instituição sem fins lucrativos que representa legalmente os principais fabricantes de pneus no Brasil (Bridgestone, Goodyear, Michelin, Pirelli e Continental). Esta instituição é responsável por dar correta destinação aos pneus inservíveis gerados, conforme Figura 2.3. De acordo com RECICLANIP (2011) foram destinadas 311.554² toneladas de pneus inservíveis no ano de 2010.



Fonte: Elaboração própria com base em MURAD (2009).

Figura 2.3: Cadeia logística reversa do pneu inservível praticada pela Reciclanip.

Com o objetivo de destinar corretamente os pneus inservíveis, a Reciclanip criou, em parceria com o poder público e a iniciativa privada, depósitos de acumulo dos pneus inservíveis, denominados “Ecopontos”, para onde os geradores (revendedores de pneus, empresas de manutenção, pessoas físicas etc) podem levar os pneus inservíveis por eles gerados. Usualmente, estes depósitos são mantidos pela prefeitura do município, que cede o espaço e gerencia o depósito, entrando em contato com a Reciclanip quando este se encontra com o volume combinado de pneus inservíveis.

Geralmente, a Reciclanip, não efetua a coleta dos pneus inservíveis nos pontos geradores. É de sua responsabilidade a transferência do pneu inservível dos “Ecopontos” até uma empresa que irá utilizá-lo em seu ciclo produtivo. Caso seja necessário processar o pneu inservível antes de destiná-lo, a Reciclanip transfere-os até

² Este dado foi obtido no site da Reciclanip, porém não foi possível verificar como este valor foi calculado.

uma unidade de reciclagem e posteriormente, desta até uma empresa que dará destinação ao pneu inservível.

Como as fabricantes e importadoras de pneus são responsáveis pela correta destinação dos pneus inservíveis gerados, estas necessitam de um certificado de destinação que comprove tal destinação. Em virtude disso, geralmente, as empresas que possuem potencial para reaproveitar esse resíduo em seu ciclo produtivo recebem um valor monetário por tonelada para destinar corretamente os pneus inservíveis, fornecendo em troca disso o certificado de destinação de pneus inservíveis.

Verificou-se em pesquisa de campo, a existência de um mercado de venda de certificados, onde as empresas que processam o pneu inservível e/ou o utilizam como substituto em seu ciclo produtivo obtém o certificado de destinação correta do pneu inservível e o comercializa com as empresas que deste necessitam. No entanto, não foi possível modelar tal sistema de mercado de forma adequada.

Observa-se assim, uma distorção, onde o gerador necessita custear o transporte do pneu inservível até o “Ecoponto”, sem receber nenhuma remuneração para isso, enquanto o usuário do resíduo além de reduzir seu consumo de matéria prima ainda é remunerado por tal utilização.

Tendo analisado o processo de gerenciamento da cadeia logística reversa de pneus inservíveis no Brasil, faz-se necessário uma análise deste gerenciamento em nível internacional com o intuito de compará-lo com a prática nacional e subsidiar a elaboração de um modelo conceitual da cadeia logística reversa de pneus inservíveis.

2.2.2. Experiências Internacionais

Para selecionar os países a serem pesquisados a respeito do gerenciamento de pneus inservíveis levou-se em consideração os 15 países que possuem o maior PIB, de acordo com IBGE (2007). No entanto, não foi possível encontrar informações sobre Rússia e Coréia do Sul.

Sendo assim, foram pesquisados os seguintes países: Estados Unidos, Japão, China, Alemanha, Reino Unido, França, Itália, Espanha, Canadá, Índia, Austrália e México. Além desses, foram pesquisados também Holanda, Grécia, África do Sul, Argentina, Portugal e Chile.

Os dados obtidos nessa pesquisa foram analisados e estruturados em três tabelas (2.4, 2.5 e 2.6). A experiência da China, Índia, México, África do Sul, Argentina e Chile

será relatada sumariamente a seguir, pois estes países não foram incluídos nas tabelas por não possuírem ainda um sistema de gerenciamento da cadeia logística reversa de pneus inservíveis estruturado.

De acordo com WANG, XU e XUAN (2009), na China são gerados cerca de 100 milhões de pneus inservíveis por ano e apenas 10% são reciclados. O país ainda não possui um sistema de gerenciamento da cadeia logística do pneu inservível organizado, nem legislação, políticas e mecanismos sociais para incentivar a remanufatura de pneus usados e a reciclagem de pneus inservíveis.

Na Índia, de acordo com ATECH GROUP (2001), todos os pneus inservíveis descartados são recuperados. Este é o único país cujo processo utilizado para recuperação de borracha é relevante. O desempenho da indústria de pneumáticos na Índia torna-se possível devido a um baixo custo de mão de obra e a uma alta demanda por borracha, que é bem maior do que a oferta existente.

No México, segundo SEMARNAT (2010), visando minimizar os impactos ao meio ambiente e a saúde pública, implantou-se um plano para limpar locais contaminados por resíduos de pneus. Este plano foi estabelecido pelo Governo Federal em parceria com o Governo Estadual e a empresa Holcim Aspasco do ramo de cimentos, onde o governo ao limpar os municípios, coleta os pneus inservíveis e os encaminha para co-processamento.

Na África do Sul, segundo MAHLANGU (2009), estima-se que 11 milhões de pneus inservíveis sejam gerados ao ano, dos quais segundo HUMAN (2006, *apud* MAHLANGU, 2009) apenas 6% são reciclados. No entanto, observa-se que o país está se estruturando na busca por soluções para uma adequada destinação dos pneus inservíveis.

De acordo com DEAT (2009), em 2009 foi publicada a regulamentação nº 31.901, que tem como propósito regular o gerenciamento de pneus inservíveis na África do Sul. Em função disso, segundo SATRP (2009), a *South Africa Tyre Recycling Process Company* (SATRP), uma associação criada pelos produtores de pneumáticos em um esforço de responder com sua responsabilidade de produtor, elaborou um plano de gerenciamento integrado para a indústria de pneumáticos (IIWTMP) que tinha previsão de aprovação para o ano de 2010.

Em Cordoba, na Argentina, de acordo com GIGENA (2009), não existe legislação que regulamente o descarte de pneus inservíveis, usualmente estes são destinados ao aterro sanitário.

No Chile, segundo RUSSELL (2005), em 2004 a *Goodyear Chile*, principal fabricante de pneumáticos no país, começou a coletar os pneus inservíveis nas lojas de sua rede. Esses pneus são encaminhados pela empresa para indústrias de cimento onde serão utilizados para co-processamento.

Os demais países encontram-se estruturados nas Tabelas 2.4, 2.5 e 2.6. A Tabela 2.4 apresenta as informações gerais das experiências internacionais e as Tabelas 2.5 e 2.6 apresentam informações sobre a estrutura da cadeia logística reversa verificada em cada experiência analisada.

Tabela 2.4: Informações gerais sobre as experiências internacionais analisadas.

País	Local	Data início	Responsabilidade	Instituição	Existe legislação reguladora	Ano base	Volume gerado (t)	Volume reciclado (t)	Cobrança de taxa	Restrição de coleta	Descarte em aterro sanitário permitido
Estados Unidos	Arizona	1990	Governo	-	Sim	2009	117.300	114.900	Sim	-	Sim. Triturado.
Japão	Nacional	Não informado	Mercado livre	-	Sim	2006	1.056.000	934.000	Sim	-	Não
Alemanha	Nacional	1992	Mercado livre	REG	Sim	2006	585.000	585.000	Não informado	-	Não
Reino Unido	Nacional	Não informado	Mercado livre	-	Sim	2005	486.578	453.308	Não informado	-	Não
França	Nacional	2003	Produtor	Alipur	Sim	2006	372.000	372.000	Sim	Não informado	Não
Itália	Nacional	Não informado	Produtor	Ecopneu	Sim	2009	350.000	270.000	Sim	Não informado	Não
Espanha	Nacional	2005	Produtor	Signus	Sim	2007	300.000	230.407	Sim	Lojas credenciadas a Signus	Não
Espanha	Nacional	2006	Produtor	TNU	Sim	2008	300.000	52.657	Sim	- Lojas credenciadas a TNU - Pneus com diâmetro maior que 1400 mm	Não
Canada	Ontario	2002	Mercado livre	-	Sim	Não informado	-	-	Sim	-	Sim
Canada	Nova Scotia	1996	Governo	-	Sim	Não informado	-	-	Sim	Não informado	Não
Austrália	Nacional	2001	Mercado livre	-	Sim	2004	280.000	59.832	Sim	Não informado	Sim
Holanda	Nacional	2004	Produtor	RecyBEM	Sim	2006	47.000	47.000	Sim	Acima de 75 pneus	Não
Grécia	Nacional	2005	Produtor	Ecolastika	Sim	2006	51.000	46.920	Sim	-	Não
Portugal	Nacional	Não informado	Produtor	Valorpneu	Sim	2006	89.000	89.000	Sim	-	Não

Fonte: Elaboração própria a partir de EPA (1999), AZDEQ (2000), ATECH GROUP (2001), NAKAO e YAMOMOTO (2002), HOUGHTON et al (2004), DEFRA (2005), URS (2005), CATRA (2006), WAGNER e ARNOLD (2006), SLATER (2006), DEFRA (2007), ECOVALOR (2007), ETRMA (2007), FERRÃO, RIBEIRO e SILVA (2007), LAGARINHOS e TENÓRIO (2008), TNU (2008), BOJENKI *et al* (2008), RRFB (2008), VALORPNEU (2008), FOSTER (2008), ETRMA (2009), MARM (2009), OTS (2009), RMA (2009), ALIPUR (2009), JATMA (2009), SIGNUS (2010), ECOVALOR (2010), TNU (2010), RRFB (2010), ALIPUR (2010), VALORPNEU (2010), ECOELASTIKA (2010), KARAGIANNIDIS *et al* (2008), CORBETTA (2010), REG (2010), MARTINS (2010).

Tabela 2.5: Informações sobre o processo nas experiências internacionais analisadas.

País	Local de atuação	Coleta no gerador ¹	Destino intermediário ²		1ª Transferência			Depósito central	Triagem centralizada ³		Encaminha para reforma	Processamento do pneu		2ª Transferência			Uso final ⁴
			Considera	Qual(is)	Existe	Responsável	Para onde		Existe	Onde		Existe	Quem faz	Existe	Responsável	Para onde	
Estados Unidos	Arizona	Não	Sim	Revendedor de pneu	Sim	Revendedor de pneu	Ponto de coleta do município	Sim	Não informado	-	Sim	Sim	Processador	Não informado	-	-	Granulado de borracha e Exportação
Japão	Nacional	Sim. Consumidor, Empresa de transporte e Sucateiro	Sim	Revendedor de pneu e Sistema de coleta pública	Sim	Transportador	Processador	Não Informado	Sim	Processador	Sim	Sim	Processador	Sim	Transportador	Indústria de cimento e indústria de papel e celulose	Co-processamento, Geração de energia, Borracha recuperada, Exportação
Alemanha	Nacional	Não	Sim	Revendedor de pneu	Sim	REG	Depósito	Sim	Sim	Depósito	Sim	Sim	REG	Sim	REG	Indústria de cimento	Geração de energia, co-processamento, pirólise e granulado de borracha
Reino Unido	Nacional	Não informado	Sim	Revendedor de pneu	Sim	Transportador contratado	Instalação de tratamento	Não Informado	Sim	Não informado	Sim	Sim	Instalação de tratamento	Sim	Não informado	Indústria de cimento	Geração de energia, Engenharia civil e granulado de borracha
França	Nacional	Não	Sim	Revendedor de pneu	Sim	Transportador contratado	Depósito do transportador	Sim	Sim	Depósito do Transportador	Sim	Sim	Alipur	Sim	Alipur	Indústria de cimento	Geração de energia, Engenharia civil e granulado de borracha
Itália	Nacional	Sim. Empresa de transporte	Sim	Revendedor de pneu	Sim	Transportador	Depósito central	Sim	Não	-	Não	Sim	Processador	Sim	Transportador	Processador	Geração de energia, Engenharia civil, Granulado de borracha e Exportação
Espanha	Nacional	Não	Sim	Revendedor de pneu	Sim	Signus	Centro de coleta e classificação	Sim	Sim	Centro de coleta e classificação	Sim	Sim	Processador	Sim	Signus	Processador	Granulado de borracha, Co-processamento, Geração de energia, construção civil
Espanha	Nacional	Não	Sim	Revendedor de pneu	Sim	TNU	Centro de classificação, recuperação e trituração	Sim	Sim	Centro de classificação, recuperação e trituração	Sim	Sim	Centro de classificação, recuperação e trituração	Não	-	-	Co-processamento, Geração de energia e Granulado de borracha

¹ Entende-se como gerador: consumidor, empresas de transporte e sucateiros

³ Entende-se como triagem a separação de pneus em condição de reuso, reforma e inservível

² Entende-se como destino intermediário: revendedor de pneu, ponto de coleta e sistema de coleta pública

⁴ Processamento do pneus inservível com rocha de xisto por meio da pirólise para extração de combustíveis

Fonte: Elaboração própria a partir de EPA (1999), AZDEQ (2000), NAKAO e YAMOMOTO (2002), DEFRA (2005), SLATER (2006), ECOVALOR (2007), DEFRA (2007), ETRMA (2007), FOSTER (2008), TNU (2008), MARM (2009), ALIPUR (2009), JATMA (2009), RMA (2009), ETRMA (2009), LAGARINHOS e TENÓRIO (2009), SIGNUS (2010), ECOVALOR (2010), TNU (2010), ALIPUR (2010), CORBETTA (2010), REG (2010).

Tabela 2.6: Informações sobre o processo nas experiências internacionais analisadas - Continuação.

País	Local de atuação	Coleta no gerador ¹	Destino intermediário ²		1ª Transferência			Depósito central	Triagem centralizada ³		Encaminha para reforma	Processamento do pneu		2ª Transferência			Uso final ⁴
			Considera	Qual(is)	Existe	Responsável	Para onde		Existe	Onde		Existe	Quem faz	Existe	Responsável	Para onde	
Canadá	Ontario	Sim. Sucateiro	Sim	Revendedor de pneu e Sistema de coleta pública	Sim	Transportador	Processador	Não	Sim	Revendedor de pneu, Transportador e Processador	Sim	Sim	Processador	Sim	Transportador	Indústria de cimento	Construção civil, Borracha recuperada
Canadá	Nova Escócia	Sim. Consumidor, Empresa de transporte e Sucateiro	Sim	Revendedor de pneu e Sistema de coleta pública	Sim	Transportador	Processador e Indústria de cimento	Não	Não	-	Não informado	Sim	Processador	Não informado	-	-	Geração de energia e granulado de borracha
Austrália	Nacional	Sim. Sucateiro	Sim	Revendedor de pneu	Sim	Transportador	Processador, Indústria de remanufatura ou Aterro Sanitário	Não Informado	Sim	Não Informado	Sim	Sim	Processador	Não	-	-	Exportação, Geração de energia, Co-processamento e Engenharia civil
Holanda	Nacional	Não	Sim	Revendedor de pneu e Sistema de coleta pública	Sim	Revendedor de pneu ou Transportador	Processador	Não informado	Sim	Transportador	Sim	Sim	Processador	Não informado	-	-	Geração de energia, granulo de borracha e exportação
Grécia	Nacional	Sim. Sucateiro	Sim	Revendedor de pneu e recauchutador de pneu	Sim	Ecolastika	Depósito	Sim	Não informado	-	Não informado	Sim	Ecolastika	Sim	Ecolastika	Indústria de cimento e Processador	Geração de energia e granulado de borracha
Portugal	Nacional	Não	Sim	Ponto de Coleta	Sim	Valor Pneu	Processador	Não	Sim	Ponto de coleta	Sim	Sim	Empresa contratada	Não informado	-	-	Co-processamento, Geração de energia, Construção civil e Granulado de borracha

¹ Entende-se como gerador: consumidor, empresas de transporte e sucateiros

³ Entende-se como triagem a separação de pneus em condição de reuso, reforma e inservível

² Entende-se como destino intermediário: revendedor de pneu, ponto de coleta e sistema de coleta pública

⁴ Processamento do pneus inservível com rocha de xisto por meio da pirólisa para extração de combustíveis

Fonte: Elaboração própria a partir de ATECH GROUP (2001), HOUGHTON et al (2004), URS (2005), WAGNER e ARNOLD (2006), CATRA (2006), FERRÃO, RIBEIRO e SILVA (2007), ETRMA (2007), BOJENKI *et al* (2008), RRFB (2008), KARAGIANNIDIS *et al* (2008), VALORPNEU (2008), OTS (2009), ETRMA (2009), MARTINS (2010), LAGARINHOS e TENÓRIO (2009), RRFB (2010), VALORPNEU (2010), ECOELASTIKA (2010).

Analisando as Tabelas 2.4, 2.5 e 2.6, pode-se verificar que 50% das experiências de gerenciamento da cadeia logística reversa do pneu inservível pesquisadas encontram-se estruturadas com base na responsabilidade do produtor, 36% com base no mercado livre e apenas 14% estão estruturadas com base na responsabilidade do governo.

No caso da Itália, de acordo com ETRMA (2007), esta se encontra em processo de mudança do regime de responsabilidade.

Dentre os países pesquisados, 57% apresentam um volume de pneus reciclado superior a 90%. No entanto, deve-se observar que no universo pesquisado, usualmente, considera-se os pneus encaminhados para reuso e remanufatura como reciclados. Tal verificação pode estar associada ao fato de que segundo LAGARINHOS e TENÓRIO (2008), países como Estados Unidos, Japão e alguns membros da União Européia têm como premissa o incentivo ao desenvolvimento de novos produtos e mercados para o pneu inservível.

Ao contrário do que ocorre no Brasil, em 86% dos países pesquisados existe a cobrança de uma taxa que auxilia na manutenção do sistema. Essa taxa pode ser paga ao governo, a instituição representante do produtor ou aos elementos da cadeia, conforme o regime de responsabilidade estabelecido no país ou região.

Em relação ao processo de coleta, 43% das instituições efetuam a coleta no gerador (empresas de transporte e/ou sucateiros) e 100% no destino intermediário. Em relação à primeira transferência, observa-se a existência de diversas estratégias que variam de acordo com a estrutura da cadeia logística, podendo esta ser direcionada para o destino final ou para um depósito central, onde se realiza a uma triagem dos pneus coletados.

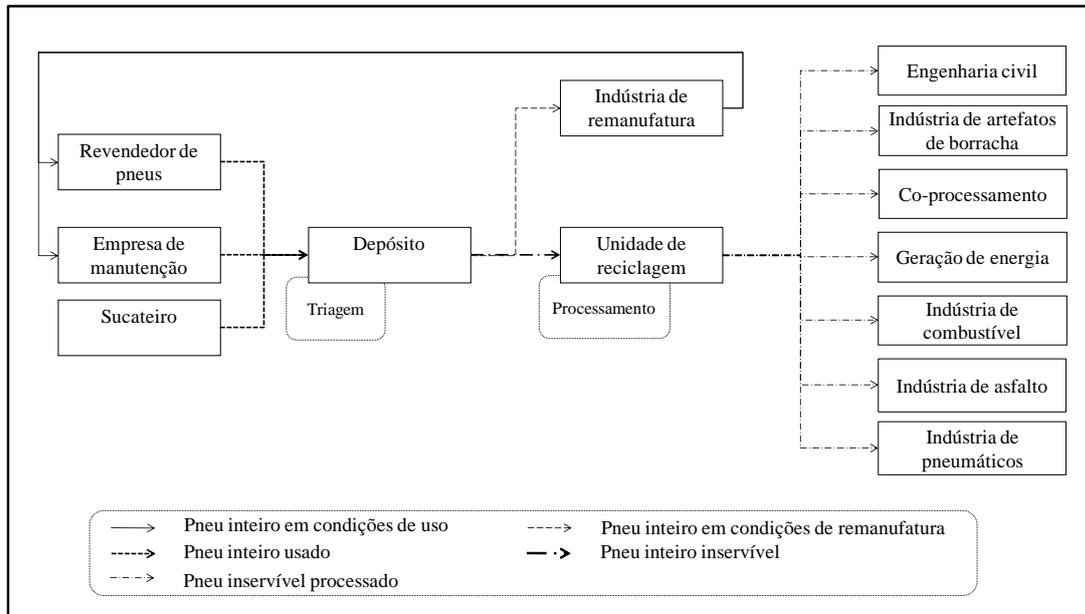
Em relação à segunda transferência, esta se assemelha a situação apresentada no Brasil, onde só ocorrerá quando o pneu necessitar ser processado antes de ser encaminhado à empresa que dará destinação final a este.

Quanto ao uso final, pode-se observar que em 41% das experiências analisadas, os destinos mais utilizados são a geração de energia e o co-processamento.

Com base na revisão bibliográfica nacional e internacional realizada foi possível elaborar um modelo genérico da cadeia logística reversa do pneu inservível que será apresentado no item 2.3.

2.3. Modelo Conceitual para a Cadeia Logística Reversa do Pneu Inservível

Considerando as experiências nacionais e internacionais analisadas no item 2.2, foi possível propor um modelo conceitual para a cadeia logística reversa do pneu inservível, apresentado na Figura 2.4.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 2.4: Modelo conceitual da cadeia logística reversa de pneus inservíveis.

O modelo elaborado considera como ponto de geração de pneus usados os três elementos mais observados na pesquisa sobre as experiências nacionais e internacionais analisadas, que são: o revendedor de pneus, a empresa de manutenção e o sucateiro.

O pneu usado coletado no gerador deve ser encaminhado a um depósito, que pode estar localizado junto ao gerador, a unidade de reciclagem, ao usuário final ou em um local estratégico separado dos demais elementos da cadeia.

Nesse depósito deve-se realizar uma triagem dos pneus, separando-os em pneus em condições de uso, pneus em condições de reforma e pneus inservíveis, que devem ser encaminhados para o mercado secundário, a indústria de remanufatura e a unidade de reciclagem, respectivamente. Tal triagem tem por objetivo evitar que os pneus que ainda possuem condições de rodagem sejam destinados a reciclagem.

Após realizar a triagem, os pneus destinados a unidade de reciclagem podem, caso necessário, ser submetidos a um pré-tratamento (processamento), que tem por

objetivo viabilizar a reciclagem do pneu. Este pré-tratamento ocorre em uma unidade de reciclagem que pode ou não, estar localizada junto ao usuário final.

De acordo com o apresentado na Figura 2.1 do item 2.1, pode-se recuperar o valor do pneu inservível por meio de cinco tipos de reciclagem: reciclagem de materiais, reciclagem energética, reciclagem mecânica, reciclagem criogênica e desvulcanização. A utilização dos processos de reciclagem dependerá da legislação vigente, da tecnologia disponível e da viabilidade econômico-financeira do processo.

No que tange ao uso final, o pneu pode ser utilizado para geração de energia, co-processamento, obras de engenharia civil, extração de combustível, modificação do asfalto, confecção de artefatos de borracha, de câmeras de ar e de pneus.

No entanto, esta utilização irá variar não só em função das técnicas de reciclagem disponíveis, mas também da regularidade da oferta e da demanda de pneus inservíveis no mercado.

2.4. Considerações Finais

Neste capítulo, foram apresentadas técnicas que permitem a utilização do pneu como substituto de matérias-primas em diferentes processos de produção. Observou-se uma tendência nacional e internacional em utilizar a reciclagem energética como principal meio para destinação do pneu inservível.

Em relação às práticas de gerenciamento do pneu inservível, verificou-se que no Brasil a triagem e classificação dos pneus usados são realizadas de forma dispersa, nos próprios geradores de pneu inservível. Tal procedimento difere do apresentado pela experiência internacional, onde geralmente, se realiza uma triagem centralizada que classifica e encaminha os pneus para os destinos adequados. A triagem e classificação descentralizadas, por não garantirem um padrão nacional, podem ocasionar o encaminhamento de pneus ainda em condição de uso e/ou remanufatura para reciclagem, reduzindo assim sua vida útil.

Não existe uma estrutura única que se aplique a todos os países, fatores como legislação vigente, cultura da população e extensão territorial, influenciam o funcionamento desta cadeia. Entretanto, conforme apresentado neste capítulo, foi possível elaborar um modelo conceitual para a cadeia logística reversa de pneus inservíveis que considera os principais elementos do processo.

Acredita-se que o uso da ferramenta de análise da cadeia de valor aplicada ao modelo de cadeia logística reversa do pneu inservível pode demonstrar como distribuir os benefícios financeiros ao longo desta cadeia, de modo a promover uma maior regularidade na oferta e demanda desse mercado.

Para tanto, faz-se necessário um estudo da ferramenta análise da cadeia de valor, e sua aplicação no que tange a logística de retorno de resíduos. Sendo assim, o Capítulo 3 apresentará uma pesquisa bibliográfica sobre ferramenta de análise da cadeia de valor, considerando seus conceitos e definições teóricas e sua aplicação à logística reversa.

3. ANÁLISE DA CADEIA DE VALOR

Este capítulo tem por objetivo apresentar o conceito de análise da cadeia de valor, suas aplicações e quais as etapas necessárias para a realização desta análise. Para atingir este objetivo, foi realizada uma pesquisa bibliográfica nacional e internacional.

Como resultado desta pesquisa foi possível elaborar um método de análise da cadeia de valor, que será aplicado à cadeia logística reversa do pneu inservível no capítulo 4.

Sendo assim, este capítulo encontra-se estruturado em 5 (cinco) itens. No item 3.1 apresenta-se o conceito de cadeia de valor e como esta se encontra estruturada. No item 3.2 apresenta-se a idéia de vantagem competitiva e como, por meio da análise da cadeia de valor, esta pode ser alcançada pela organização. Experiências acerca da análise da cadeia de valor aplicada a cadeias reversas encontram-se descritas no item 3.3. Já o item 3.4 apresenta o método de análise da cadeia de valor elaborado com base na pesquisa bibliográfica realizada. Finalmente, o item 3.5 apresenta as considerações finais deste capítulo.

3.1. Conceito de Análise da Cadeia de Valor

Atualmente o mercado representa um ambiente cada vez mais competitivo, onde para manter um desempenho satisfatório, as organizações precisam ter a capacidade de se adaptarem rapidamente às mudanças. Para a organização passa a ser primordial conhecer seus pontos fortes e fracos, definir estratégias que minimizem as ameaças e que destaquem oportunidades.

Neste contexto, compreender o segmento de mercado onde a organização está inserida, seus concorrentes e principalmente, quem são seus clientes e o que eles desejam, passa a ser fator decisivo para a sobrevivência da organização. O cliente passa a ser o foco da organização.

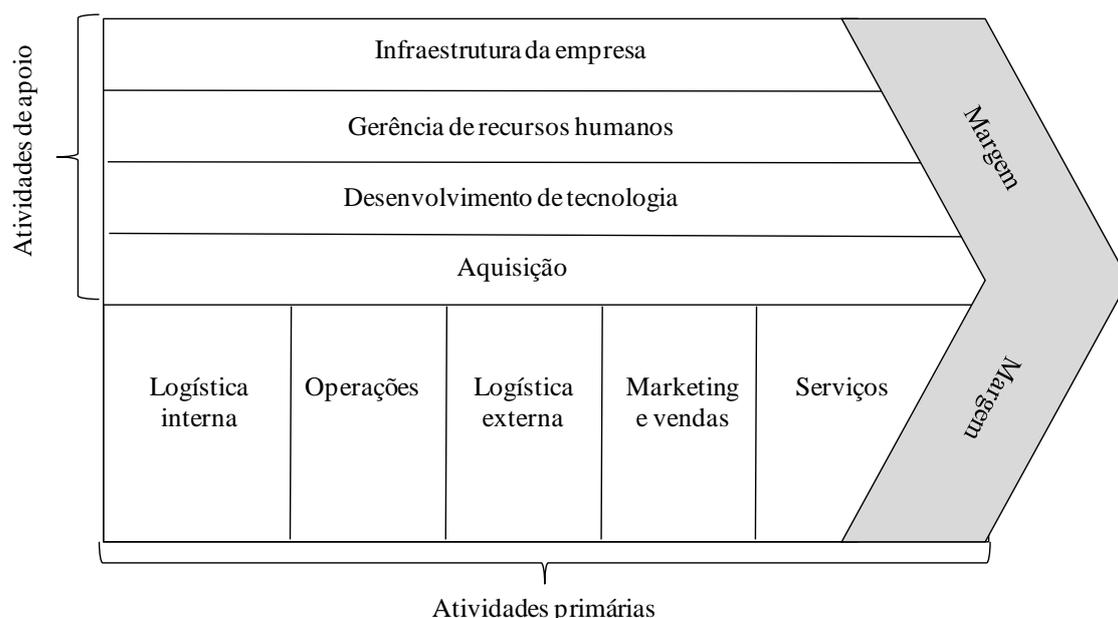
Na década de 80, PORTER (1989) apresentou o conceito de cadeia de valor com o objetivo de disponibilizar uma ferramenta que auxiliasse as organizações na compreensão de como estas poderiam obter vantagem competitiva em relação aos seus concorrentes.

Dentro deste conceito as organizações são constituídas por atividades, as quais geram custo e criam valor para o cliente. Por meio da análise da cadeia de valor é

possível compreender o comportamento destes custos e as fontes existentes e potenciais de diferenciação, que podem gerar valor para o cliente (PORTER, 1989).

O conceito desenvolvido por PORTER (1989) tem como foco a obtenção de vantagem competitiva e destaca como cadeia de valor o conjunto de atividades existentes dentro da organização. SHANK e GOVINDARAJAN (1997) estendem este conceito para toda a cadeia de suprimento, considerando desde o fabricante de matéria prima até o consumidor final. Já ROCHA e BORINELLI (2006) apresentam uma definição para cadeia de valor que considera a sequência de atividades desde a origem dos recursos até o descarte final dos produtos pelo último consumidor.

Segundo PORTER (1989) a maneira como uma organização executa suas atividades é reflexo de sua história (passado) e de sua estratégia (futuro). Estas atividades podem ser divididas em dois grupos: (1) atividades primárias e (2) atividades de apoio, conforme Figura 3.1.



Fonte: Porter (1989).

Figura 3.1: Cadeia de valor genérica.

Conforme se pode observar na Figura 3.1, as atividades primárias estão associadas às atividades de logística interna (manuseio de material, armazenagem de insumos, controle de estoque etc), operações (embalagens, manutenção de equipamentos, operações de produção etc), logística externa (coleta, armazenagem de produtos acabados, distribuição física, processamento de pedidos etc), *marketing* e vendas (propaganda, promoção, força de vendas, seleção de canal de venda etc), e

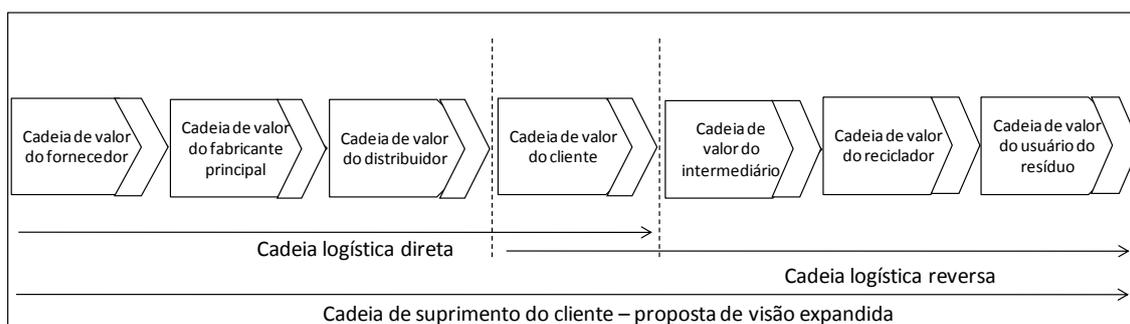
serviço (instalação, conserto, treinamento etc), enquanto as atividades de apoio estão relacionadas às atividades que dão suporte as atividades primárias, tais como: infraestrutura da empresa (administração, finanças, assessoria jurídica, gerência de qualidade etc), gerência de recursos humanos, desenvolvimento de tecnologia e aquisição de insumos e recursos (PORTER, 1989).

Cada atividade consome recursos, incorre em custos e pode agregar valor ao produto/serviço. Como valor, entende-se, o montante que o cliente está disposto a pagar pelo produto/serviço oferecido. Quando este valor supera o somatório dos custos, obtém-se a margem de lucro.

Cada elemento da cadeia de suprimento possui uma cadeia de valor, que é formada por um conjunto de atividades interdependentes. De acordo com PORTER (1989) atividades de valor são atividades por meio das quais é possível criar um produto/serviço que tenha valor para o cliente.

Para se identificar tais atividades, sugere-se que sejam separadas as atividades que tiverem economias diferentes, tiverem um alto impacto em potencial de diferenciação ou representarem uma proporção significativa ou crescente do custo.

É por meio do encadeamento das cadeias de valor dos elementos da cadeia de suprimento que se torna possível a análise de valor da cadeia de suprimento (Figura 3.2).



Fonte: Elaboração própria com base em PORTER (1989), NOVAES (2004), SHANK e GOVINDARANJAN (1997) e ROCHA e BORINELLI (2006).

Figura 3.2: Cadeia de suprimento do cliente – proposta de visão expandida para análise da cadeia de valor.

O processo de identificação das atividades de valor pode ser complexo. Desse modo, inicialmente, pode-se identificar as atividades gerais, que posteriormente, podem ser subdivididas em atividades mais específicas conforme a economia da atividade e o propósito da análise que está sendo realizada (PORTER, 1989).

A relação existente entre as atividades de valor, denominada por PORTER (1989) de elos, frequentemente, refletem *trade-offs* entre as atividades, sendo possível obter vantagem competitiva a partir da otimização ou coordenação dessas relações. A identificação desses elos, normalmente, é feita por meio da compreensão de como cada atividade de valor afeta ou é afetada por outras atividades.

Para compreender como uma organização pode obter vantagem competitiva deve-se analisar as diferentes atividades que são executadas pelos diversos elementos da cadeia de suprimento, visto que cada uma dessas atividades contribuem com os custos totais e podem servir de base para a diferenciação.

3.2. Vantagem Competitiva

De acordo com PORTER (1989) a vantagem competitiva tem origem no valor que uma organização é capaz de criar para seus clientes, desde que este valor seja superior ao custo necessário para disponibilização do produto/serviço oferecido.

Para tanto, destacam-se duas estratégias, não excludentes, para a obtenção de vantagem competitiva: (1) vantagem de custo e (2) diferenciação.

Desta forma, segundo SHANK e GOVINDARAJAN (1997) obtém-se vantagem competitiva ao se oferecer ao cliente valor equivalente ao da organização concorrente por um custo inferior (vantagem de custo) ou mais valor por um custo equivalente (diferenciação) ao da organização concorrente.

3.2.1. Vantagem de Custo

De acordo com ROCHA e BORINELLI (2006) ao adotar uma estratégia de vantagem de custo busca-se proporcionar ao cliente um valor igual ou maior do que o oferecido pela concorrência, porém com um custo menor. Neste sentido, o conceito de custeio baseado em atividades (custeio ABC) pode-se ser de grande valia, pois busca verificar os custos de cada atividade desenvolvida dentro da organização, compreender seu comportamento e relacionar os produtos/serviços gerados com as atividades. Desse modo, torna-se possível, obter os custos e a rentabilidade de cada produto/serviço e identificar oportunidades de melhoria.

Segundo PORTER (1989) uma análise de custo significativa analisa os custos existentes dentro de cada atividade de valor, considerando que cada atividade possui sua própria estrutura de custos e que o comportamento destes custos pode ser impactado

pela relação com outras atividades executadas pela organização e pelos outros elementos da cadeia de suprimento.

Segundo SHANK e GOVINDARAJAN (1997) para compreender o comportamento dos custos faz-se necessário compreender como os direcionadores de custo interagem em cada atividade. De acordo com Porter (1989) direcionadores de custo são as causas estruturais do custo de uma atividade, determinando o comportamento do custo de atividades de valor. Como exemplo de direcionadores de custo pode-se citar: economias de escala, aprendizagem, padrão da utilização da capacidade, elos, inter-relações etc.

Para ROCHA e BORINELLI (2006) deve-se analisar os custos observando o valor gerado pela cadeia e percebido pelo cliente. O custo analisado deve ser o custo total do produto/serviço, que considera todos os recursos consumidos ao longo da cadeia de suprimento. Assim, ao se comparar o valor e o custo, verifica-se a margem da cadeia de valor. Neste contexto, a análise da cadeia de valor é relevante, pois por meio desta é possível verificar alternativas de otimização com o objetivo de se obter vantagem competitiva sustentável.

3.2.2. Diferenciação

Segundo KOTLER e ARMSTRONG (2007), diferenciação é a capacidade de se desenvolver um conjunto de diferenças significativas que consigam fazer os clientes distinguirem o produto/serviço oferecido por uma organização do produto/serviço oferecido pela concorrência.

De acordo com PORTER (1989) a diferenciação pode ter origem em qualquer parte da cadeia de valor, pois ela advém das atividades executadas pela empresa e do modo como o produto/serviço final pode afetar o cliente. Assim, ao analisar as atividades, deve-se buscar identificar a capacidade que esta tem para gerar valor para o cliente.

Normalmente, para oferecer produtos/serviços diferenciados faz-se necessário executar atividades de valor de uma melhor forma que os concorrentes, o que implica em aumento dos custos. No entanto, mesmo atividades que representem um pequeno percentual no custo total podem ter grande impacto na diferenciação (Porter, 1989).

A singularidade de uma atividade é definida pelos condutores de singularidade, que variam de acordo com a atividade. É por meio de tais condutores que se pode

identificar as atividades que possuem potencial para diferenciação.

Segundo KOTLER (1996) uma organização pode diferenciar-se de seus concorrentes de até 4 formas: (1) diferenciação de produto, (2) diferenciação de serviço, (3) diferenciação por meio de pessoal e (4) diferenciação por meio da imagem.

No produto a diferenciação pode ser obtida por meio de suas características, tais como desempenho, conformidade, durabilidade, confiabilidade, estilo e *design*. A diferenciação pode ocorrer também, por meio do serviço prestado. Nesse caso, têm-se como exemplos, entrega, instalação, treinamento, manutenção, prazo etc.

Outra forma de diferenciar-se de seus concorrentes é por meio da qualificação de pessoal. Os principais diferenciadores de pessoal são competência, cortesia, credibilidade, confiabilidade, responsabilidade e comunicação. Além disso, é possível também, obter diferenciação por meio da imagem da organização. Neste caso, ainda que os produtos e serviços oferecidos sejam semelhantes aos da concorrência é possível o cliente ser atraído pela imagem que a organização construiu ou pelo significado de sua marca.

De acordo com SILVA e COLMENERO (2010), MEILI *et al* (2008), GUARNIERI *et al* (2006), e CHAVES e MARTINS (2004) a logística reversa e a reciclagem permitem a revalorização dos resíduos, reinserindo-os no ciclo produtivo, reduzindo o consumo de matérias primas virgens e solucionando a questão de destinação de resíduos de acordo com a legislação. Essas ações propiciam a organização uma imagem diferenciada no mercado o que pode ser revertido em vantagem competitiva em relação às demais organizações.

3.3. Análise da Cadeia de Valor Aplicada a Cadeias Logísticas Reversas

Apesar da análise da cadeia de valor ser um método voltado para o meio empresarial e competitivo, acredita-se que esta possa ser utilizada também na análise de cadeias reversas com o intuito de se compreender os custos e o valor que pode ser obtido ao longo da cadeia de suprimento.

Neste contexto, pode-se destacar estudos elaborados sobre a cadeia de valor do ferro, do aço e do alumínio no Reino Unido (DAHLSTRÖM e EKINS, 2006 e 2007). Em ambos os estudos, os autores apresentaram um método que combina a análise da cadeia de valor com a análise de fluxos de materiais para examinar os resíduos gerados ao final do processo e o valor de se reutilizá-los ou reciclá-los.

Além disso, foram analisados também os impactos ambientais causados por tonelada de produto em relação ao valor gerado por este. Foram destacados pelos autores o valor existente no resíduo e o custo existente no Reino Unido para se destinar tais resíduos ao aterro sanitário.

ROSE e STEVELS (2000) e ROSE *et al* (2000) realizaram uma análise da cadeia de valor com foco ambiental onde foram elaborados diagramas de fluxos monetários, de produtos e de informação para diferentes produtos, tais como: câmeras, impressoras, televisores etc, com o intuito de auxiliar tomadores de decisão a identificar fatores críticos de sucesso em programas de tratamento de resíduos.

O estudo apontou a existência de fraquezas na comunicação entre os elementos da cadeia, destacou a influência que as características de fabricação do produto têm no tipo de tratamento que pode ser dado quando este se tornar inservível e a importância de se estimular a demanda para o produto reciclado, pois quando existe demanda e o mercado consegue perceber o valor deste produto a cadeia de suprimento funciona de forma natural.

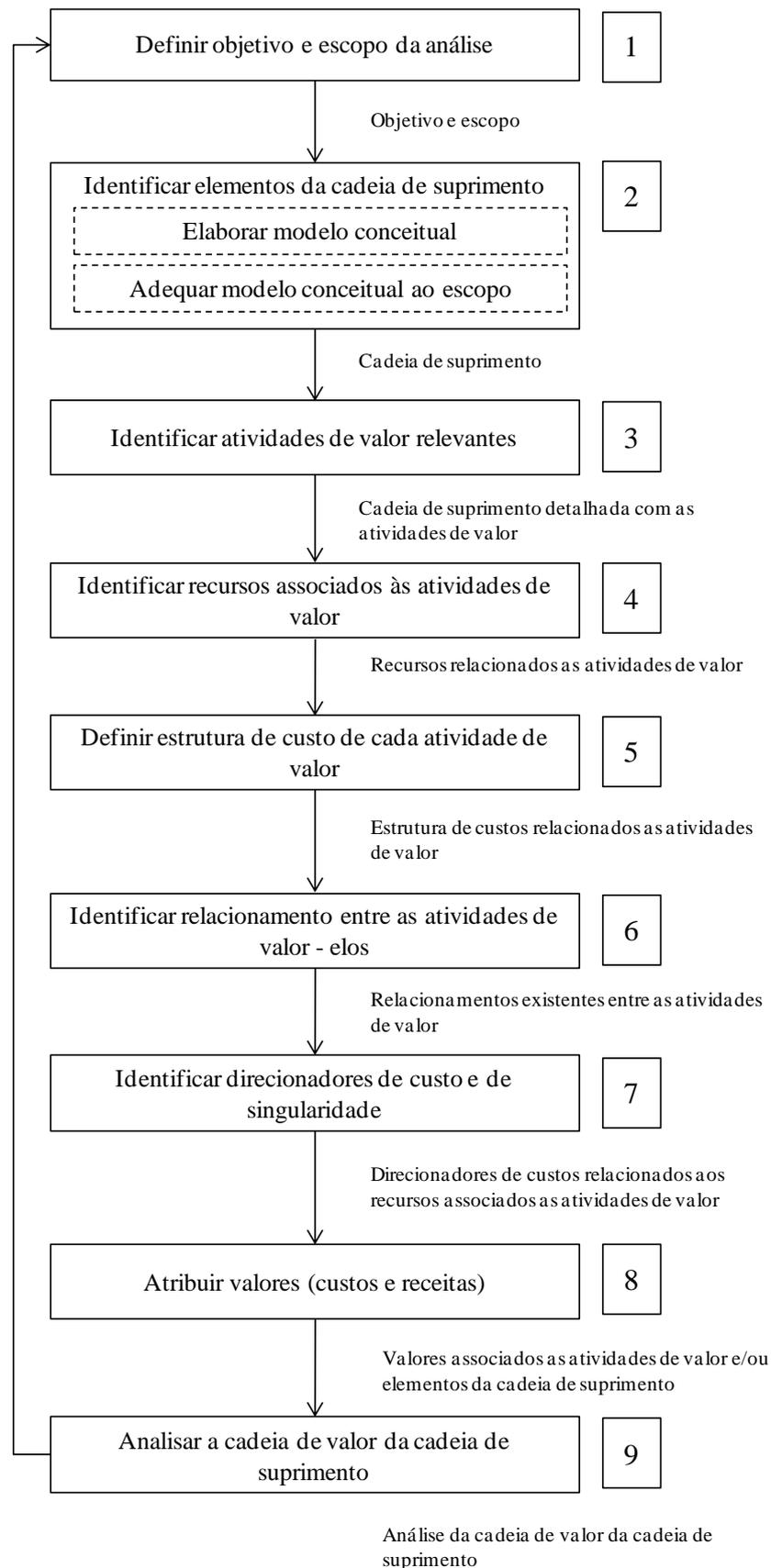
GEISSELHARDT, SCHELKER e TISCHER (2007), apresentaram um estudo sobre a reciclagem de garrafas PET (Politereftalato de etileno) na Suíça onde destacam a necessidade de analisar toda a cadeia de valor da garrafa de PET, com o intuito de comparar o custo e o resultado do produto final ao se utilizar material reciclado e matéria prima virgem como insumo.

Segundo os autores, para que a garrafa de PET usada possa ser reintroduzida no mesmo ciclo produtivo do produto original faz-se necessário gerenciar toda a cadeia de valor. Isto se deve ao fato de que cada processo e suas ligações podem influenciar na redução do custo e no resultado do produto final.

Na pesquisa bibliográfica realizada não foi possível encontrar referências de aplicação da ferramenta de análise da cadeia de valor à cadeia logística reversa do pneu inservível. Desde modo, pode-se considerar este trabalho como uma contribuição inovadora.

3.4. Método de Análise da Cadeia de Valor

Com base nas referências bibliográficas selecionadas, elaborou-se um método de análise da cadeia de valor apresentado na Figura 3.3.



Fonte: Elaboração própria com base em PORTER (1989), SHANK e GOVINDARANJAN (1997), ROCHA e BORINELLI (2006), DAHLSTROM ET AL (2004) e NOVAES (2004).

Figura 3.3: Método de análise da cadeia de valor.

Esse método consiste de 9 etapas. A primeira etapa refere-se à definição do objetivo, do escopo e da abrangência da análise. O objetivo deve estabelecer o foco da análise. Pode-se definir neste momento se a análise será realizada visando à obtenção de vantagem de custo, diferenciação ou ambos. Tal definição pode auxiliar na identificação das atividades e relacionamentos que serão realizados posteriormente.

O escopo diz respeito à delimitação da análise e deve considerar três dimensões básicas: (1) extensão, que define o início e o fim do estudo; (2) largura, que define quantos níveis de análise (macro estágio, meso estágio e micro estágio) deve-se considerar no estudo, e (3) profundidade, que define qual o nível de detalhamento necessário (D'AGOSTO e RIBEIRO, 2009). A análise da cadeia de valor é um processo iterativo, podendo ser iniciada com uma visão mais ampla que considera os elementos da cadeia de suprimento (macro estágio) e posteriormente, ser aprimorada, passando a considerar as atividades de valor principais (meso estágio) e as atividades específicas (micro estágio) executadas por tais elementos.

Sugere-se que a análise da cadeia de valor considere todos os elementos da cadeia de suprimento. No entanto, esta pode ser realizada considerando apenas os principais elementos da cadeia de suprimento ou parte dela.

Em relação à abrangência do estudo, esta pode ser geográfica, temporal e/ou tecnológica. Abrangências temporal e tecnológica se referem à adequação dos dados ao período da aplicação da análise da cadeia de valor. Já a abrangência geográfica refere-se à região considerada no estudo. Como resultado desta etapa tem-se o objetivo e escopo da análise definidos.

A segunda etapa refere-se à identificação dos elementos da cadeia. Para tanto, deve-se realizar um levantamento do setor a ser analisado, identificando os elementos da cadeia de suprimento e a sequência em que se encontram, elaborando assim, um modelo conceitual para a cadeia de suprimento do setor em estudo. Posteriormente, deve-se adequar o modelo conceitual elaborado aos limites estipulados no escopo da análise. Ao final desta etapa tem-se a cadeia de suprimento do setor em questão adequada ao escopo do estudo.

Como terceira etapa tem-se a identificação das atividades de valor relevantes. Nesta etapa deve-se buscar identificar as atividades de valor relevantes que são executadas pelos elementos da cadeia. Para tanto, sugere-se destacar as atividades que impactem nos custos e/ou que possuem potencial para diferenciação.

A princípio, pode-se iniciar esta etapa identificando as atividades principais de cada elemento da cadeia. Posteriormente, caso seja necessário pode-se desagregar as atividades principais em atividades mais específicas, conforme o objetivo e escopo da análise. A saída desta etapa constitui-se da cadeia de suprimento detalhada com suas atividades de valor.

Na quarta etapa, faz-se necessário identificar os recursos que estão associados às atividades de valor identificadas na etapa anterior. Para tanto, deve-se buscar conhecer o processo de realização de cada atividade, discriminando-se os recursos sejam eles humanos ou tecnológicos. Como resultado desta etapa tem-se os recursos relacionados a cada atividade de valor definida na etapa anterior.

Na quinta etapa deve-se definir a estrutura de custo de cada atividade. Este item está diretamente associado aos recursos identificados na etapa 4. Cabe destacar que o nível de detalhamento considerado nesta etapa irá depender do objetivo da análise.

Novamente, pode-se iniciar a análise considerando os principais itens de custo de cada atividade e posteriormente, caso seja necessário, elaborar uma estrutura de custo mais detalhada. Ao final desta etapa tem-se definido a estrutura de custo relacionada às atividades de valor já definidas.

Após ter identificado os elementos, as atividades e suas estruturas de custos, faz-se necessário, na sexta etapa, identificar os relacionamentos existentes entre cada atividade. Deve-se considerar os relacionamentos dentro das organizações e entre as organizações, pois por meio destes pode-se verificar a possibilidade de redução de custos ou diferenciação do produto/serviço. A saída desta etapa são os relacionamentos existentes entre as atividades de valor.

A sétima etapa busca identificar os direcionadores de custo e de singularidade. Como já mencionado anteriormente, os direcionadores de custo determinam o comportamento dos custos e os direcionadores de singularidade definem o potencial de singularidade associado à atividade. Como resultado desta etapa tem-se os direcionadores de custo relacionados aos recursos associados às atividades de valor e os direcionadores de singularidade associados às atividades.

Na oitava etapa, busca-se atribuir valores de custos, receitas e ativos ao modelo em elaboração. Ao final desta etapa, deve ser possível verificar as margens de lucro de cada elemento ao longo da cadeia, e obter os valores associados às atividades de valor e/ou os elementos da cadeia de suprimento.

Por fim, a nona etapa consiste na análise da cadeia de valor. Nesta etapa devem ser analisados potenciais de redução dos custos e/ou potenciais para a diferenciação do produto/serviço, conforme objetivo da análise. A saída desta etapa constitui o resultado da análise da cadeia de valor da cadeia de suprimento.

Recomenda-se que ao final desta etapa seja realizada uma verificação dos itens levantados nas etapas anteriores com o intuito de identificar possíveis melhorias na forma de uma retro-alimentação.

3.5. Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentados os conceitos de análise da cadeia de valor e como esta pode ser utilizada pelas organizações no desenvolvimento de estratégias que as auxiliem a obter vantagem competitiva em relação a seus concorrentes. Tal vantagem pode ser alcançada por meio da redução de custos e/ou por meio da diferenciação dos produtos/serviços da organização.

Verificou-se que apesar da análise da cadeia de valor ser um método voltado para um ambiente empresarial e competitivo, este pode ser aplicado a análise de cadeias logísticas reversas, com o intuito de se verificar os custos inerentes aos processos de coleta, armazenagem e tratamento dos resíduos e como estes resíduos podem ser reinseridos no ciclo produtivo.

Sendo assim, elaborou-se, com base em pesquisa bibliográfica nacional e internacional, um método de análise da cadeia de valor aplicável a cadeias logísticas diretas e reversas. A aplicação de tal método a uma situação prática de cadeia logística reversa do pneu inservível será apresentada no capítulo 4.

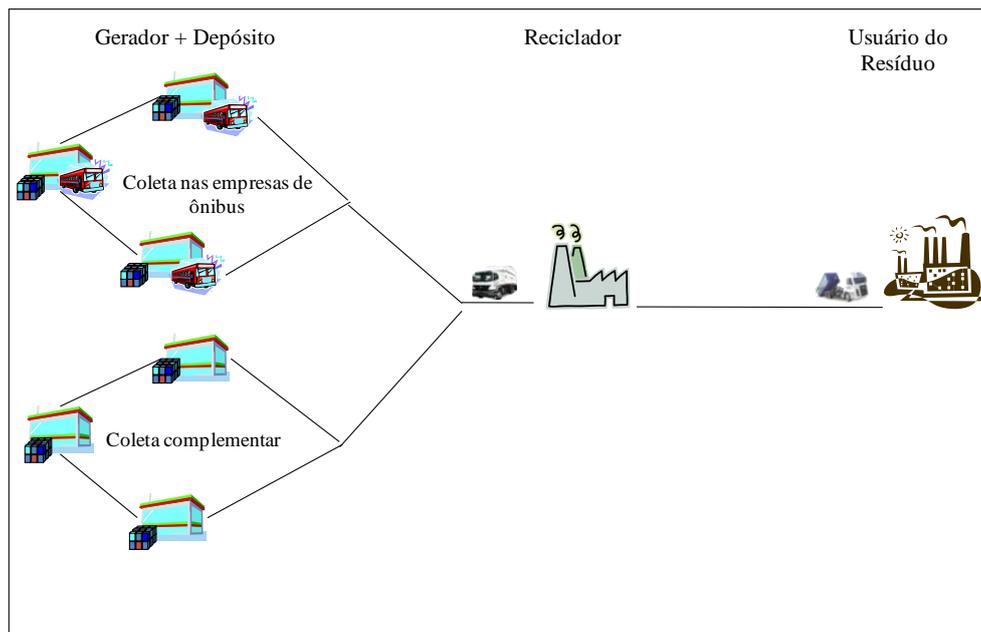
4. APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE DA CADEIA DE VALOR

Este capítulo tem por objetivo apresentar a aplicação do método de análise da cadeia de valor a uma situação prática de cadeia logística reversa do pneu inservível.

Desse modo, este capítulo está dividido em 3 itens. O item 4.1 apresenta um resumo da situação prática analisada e um detalhamento de cada uma das 9 etapas do método de análise da cadeia de valor. No item 4.2 faz-se a análise dos resultados obtidos. As considerações finais a este Capítulo são apresentadas no item 4.3.

4.1. Aplicação do Método de Análise da Cadeia de Valor à uma Situação Prática

A cadeia logística reversa do pneu inservível a ser considerada é composta pelos elementos gerador (gerador + depósito), reciclador e usuário do resíduo, conforme Figura 4.1. Neste estudo, considerou-se como principais geradores de pneus inservíveis as empresas de transporte público urbano por ônibus no Município do Rio de Janeiro. Adicionalmente, considerou-se a possibilidade de realizar coleta em outros pontos (Coleta complementar) de forma a complementar a capacidade de processamento do reciclador. Para o reciclador, considerou-se como premissa a implantação de uma unidade de reciclagem de pequeno porte responsável pela coleta, pelo processamento dos pneus inservíveis coletados nas empresas de ônibus e pela transferência do pneu processado para o usuário do resíduo. Como usuário do resíduo considerou-se a fábrica de cimento da Lafarge Brasil S.A, localizada no Estado do Rio de Janeiro. Foi considerada ainda a venda do aço retirado dos pneus inservíveis para uma empresa que comercializa sucata de ferro e aço.



Fonte:Elaboração própria.

Figura 4.1: Operação representada na situação prática analisada.

Para definição das rotas de coleta de pneus inservíveis nos geradores utilizou-se a ferramenta *vehicle routing* do software *TransCad 5.0 licença acadêmica*, conforme APÊNDICE I. Constatou-se, por meio de comparação com o *Google Maps*, que as rotas traçadas pelo *TransCad* apresentam, em média, uma variação de 4,82 km para menos, com um desvio padrão de 3,01 km. Em relação ao tempo de rota verificou-se, em média, uma variação de 9,92 minutos para menos, com um desvio padrão de 16,39 minutos.

Verificou-se que a quantidade de pneus gerados pelas empresas de ônibus consideradas neste estudo (2.122 pneus/mês, totalizando 86 toneladas/mês), apesar de significativa, não atendia a capacidade mínima (176 toneladas/mês) de processamento do equipamento utilizado para trituração do pneu inservível (considerando oito horas de operação por dia).

Uma vez que as rotas de coleta dos pneus inservíveis gerados pelas empresas de ônibus podem ser realizadas dentro do prazo de 22 dias operacionais por mês e durante meio expediente, considerou-se que o veículo utilizado para coleta seria utilizado para realizar coleta complementar com rotas de quilometragem semelhante às rotas de coleta nas empresas de ônibus, no restante do tempo, o que permitiria dobrar a quantidade de pneus inservíveis a serem processados, atingindo 172 toneladas. As 4 toneladas necessárias para completar a capacidade mínima do equipamento corresponde a 104

pneus inservíveis poderiam ser coletadas com o uso do veículo de transferência, visto que este possui parte de seu tempo ocioso.

4.1.1. Etapa 1 – Definir objetivo e escopo da análise

A análise da cadeia de valor aplicada à cadeia logística reversa do pneu inservível tem por objetivo verificar os custos inerentes as diferentes atividades executadas ao longo da cadeia de suprimento, buscando meios de aprimorar tais processos de modo a obter-se vantagem de custo sobre o produto que se deseja substituir.

O escopo desta análise limita-se por três dimensões: comprimento, largura e profundidade. Como comprimento, optou-se por analisar a cadeia logística reversa do pneu inservível, que representa parte da cadeia de suprimento do pneu, conforme Figura 3.2 do Capítulo 3.

Em relação à largura, optou-se por trabalhar em nível de micro estágio, visto ser necessário analisar não só as atividades gerais executadas pelos diferentes elementos da cadeia de suprimento, mas também as atividades específicas que possuem direta influência sobre os recursos utilizados.

Em relação à profundidade, o estudo considera para análise os custos diretos relacionados às atividades de valor identificadas e descritas no item 4.1.3.

Para a realização da análise proposta faz-se necessário definir a abrangência temporal, geográfica e tecnológica que será considerada no estudo. Sendo assim, como abrangência temporal considerou-se como base o período de 2010/2011 e como abrangência geográfica o Município do Rio de Janeiro. Neste contexto, considerou-se como base para o cálculo de geração de pneus inservíveis as empresas de ônibus de transporte público urbano municipal.

Conforme descrito no Capítulo 2 (Figura 2.2), existem 7 alternativas para uma correta destinação final do pneu inservível. Como abrangência tecnológica, optou-se por considerar apenas a destinação do pneu inservível para co-processamento em fábricas de cimento. Esta escolha foi feita devido ao fato das fábricas existentes no Rio de Janeiro já possuírem tecnologia para tal uso e por ter sido verificado em pesquisa apresentada no Capítulo 2 que dentre os destinos indicados nas experiências analisadas 38% foram o co-processamento e a geração de energia.

O estudo em questão não considera aspectos tributários em sua análise.

4.1.2. Etapa 2 - Identificar elementos da cadeia de suprimento

Esta etapa divide-se em duas sub etapas: (1) Elaborar modelo conceitual e (2) Adequar modelo conceitual ao objetivo e escopo da análise.

O modelo conceitual foi elaborado com base em revisão bibliográfica e documental e encontra-se descrito no Capítulo 2, item 2.3. Para que seja possível realizar a análise da cadeia de valor, faz-se necessário adequar esse modelo conceitual ao objetivo e escopo do estudo apresentado no item 4.1.1.

De acordo com RIBEIRO (2011) as empresas de ônibus de transporte público urbano localizadas no Município do Rio de Janeiro, em virtude de sua atividade, geram mensalmente uma quantidade de pneus inservíveis significativa (em média 2.122 pneus inservíveis por mês).

Sendo assim, optou-se por considerar como geradores de pneus inservíveis as 44 empresas de ônibus de transporte público urbano localizadas no Município do Rio de Janeiro (FETRANSPOR, 2011). Para a estimativa dos pneus inservíveis gerados foram considerados o tipo de frota de cada empresa e o tipo de pneu utilizado, bem como seu peso e volume, conforme APÊNDICE II.

Para o cálculo desta estimativa considerou-se uma taxa média de geração de pneus inservíveis de 0,25 pneus por veículo por mês (2.122 pneus/mês), totalizando 86 toneladas por mês. Esta taxa foi calculada com base na média de pneus inservíveis gerados por veículo e por mês, conforme APÊNDICE III e ratificada por Ribeiro (2011).

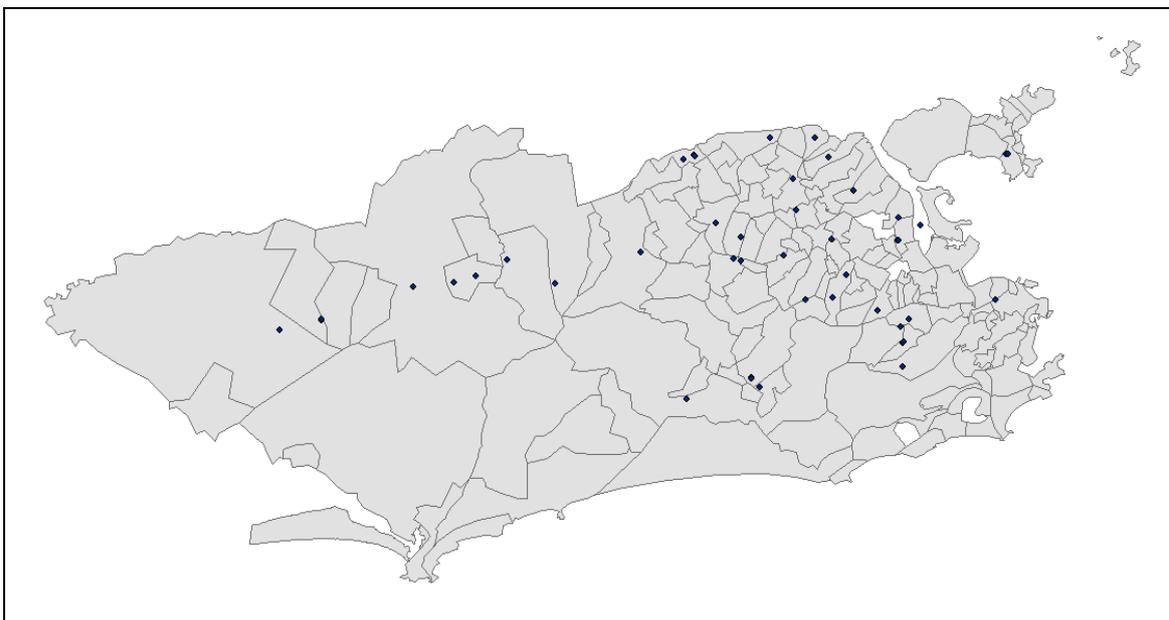
O volume e o peso dos pneus considerados no estudo foram medidos em pesquisa de campo e encontram-se detalhados na Tabela 4.1. Como fator de desgaste do pneu considerou-se 30%, conforme MMA (2009). De acordo com NOVICKI e MARTIGNONI (2010) 11% do peso do pneu é constituído por aço, considerando o aço existente na banda de rodagem e no talão do pneu. Não foi possível verificar qual a proporção existente entre o aço da banda de rodagem e do talão do pneu. Sendo assim, adotou-se que 5,5% do peso do pneu refere-se ao aço da banda de rodagem e 5,5% ao aço do talão do pneu.

Tabela 4.1: Características físicas dos pneus considerados.

Tipo de Pneu	Peso do Pneu Novo (kg)	Peso do Pneu Inservível (kg)	Peso do Pneu Inservível sem Aço (kg)	Medidas		
				Comprimento (cm)	Altura (cm)	Largura (cm)
275/80 R22.5 (unid.)	58,6	41,0	37,8	100	100	27,5
215/75 R17.5 (unid.)	28,5	20,0	18,4	76	76	22

Fonte: Elaboração própria.

Em virtude da dispersão das garagens no Município do Rio de Janeiro (Figura 4.2) e do volume de pneus inservíveis gerados por mês, optou-se por considerar a existência de um depósito em cada garagem. Os depósitos constituem-se de uma área coberta onde os pneus usados passam por uma triagem e são direcionados para reuso, remanufatura ou, caso sejam considerados como inservíveis, são armazenados até o momento da coleta e encaminhamento à unidade de reciclagem para processamento dos mesmos.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 4.2: Mapa com a localização das empresas de ônibus.

A área do depósito deve ser proporcional ao volume de pneus inservíveis gerados e ao intervalo de tempo de coleta. Para esta aplicação, considerou-se a proporção de 15m² para cada 100 pneus inservíveis, medida aproximada da carroceria utilizada para coleta dos pneus inservíveis e um intervalo de tempo de coleta de 1 mês.

A unidade de reciclagem foi localizada por meio do método do centro de gravidade (BALLOU, 2001), conforme Equações 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4. As Equações 4.1 e 4.2 são utilizadas para definir uma primeira localização (coordenadas X e Y) para a instalação, visto não existirem alternativas prévias para tal localização.

$$\bar{X} = \frac{\sum_i^n V_i X_i}{\sum_i^n V_i} \quad (4.1)$$

Onde:

\bar{X} = Coordenada X da instalação (unidade de reciclagem)

V_i = Volume no ponto i (pneus inservíveis gerados);

X_i = Coordenada X dos geradores de pneus inservíveis;

n = Número de geradores de pneus inservíveis (empresas de ônibus).

$$\bar{Y} = \frac{\sum_i^n V_i Y_i}{\sum_i^n V_i} \quad (4.2)$$

Onde:

\bar{Y} = Coordenada Y da instalação (unidade de reciclagem)

V_i = Volume no ponto i (pneus inservíveis gerados);

Y_i = Coordenada Y dos geradores de pneus inservíveis;

n = Número de geradores de pneus inservíveis (empresas de ônibus).

Após obter uma primeira localização para a unidade de reciclagem faz-se necessário verificar a distância de cada ponto gerador para a unidade de reciclagem, conforme Equação 4.3.

$$d_i = \sqrt{(X_i - \bar{X})^2 + (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (4.3)$$

Onde:

d_i = Distância ao ponto i da instalação a ser localizada;

X_i = Coordenada X dos geradores de pneus inservíveis;

Y_i = Coordenada Y dos geradores de pneus inservíveis;

\bar{X} = Coordenada X da instalação a ser localizada (unidade de reciclagem);

\bar{Y} = Coordenada Y da instalação a ser localizada (unidade de reciclagem);

Uma nova localização para a unidade de reciclagem foi obtida considerando, o volume de pneus inservíveis gerados em cada gerador e a distância deste até a unidade

de reciclagem, conforme Equações 4.4 e 4.5.

$$\bar{X} = \frac{\sum_i^n (V_i X_i) / d_i}{\sum_i^n V_i / d_i} \quad (4.4)$$

Onde:

\bar{X} = Coordenada X da instalação (unidade de reciclagem)

V_i = Volume no ponto i (pneus inservíveis gerados);

X_i = Coordenada X dos geradores de pneus inservíveis;

n = Número de geradores de pneus inservíveis (empresas de ônibus).

d_i = Distância ao ponto i da instalação a ser localizada;

$$\bar{Y} = \frac{\sum_i^n (V_i Y_i) / d_i}{\sum_i^n V_i / d_i} \quad (4.5)$$

Onde:

\bar{Y} = Coordenada Y da instalação (unidade de reciclagem)

V_i = Volume no ponto i (pneus inservíveis gerados);

Y_i = Coordenada Y dos geradores de pneus inservíveis;

n = Número de geradores de pneus inservíveis (empresas de ônibus).

d_i = Distância ao ponto i da instalação a ser localizada;

Para a convergência dos valores de \bar{X} e \bar{Y} foram realizadas três iterações que possibilitaram a estimativa da localização com erro de 0,007%.

A unidade de reciclagem tem por objetivo processar os pneus inservíveis coletados em pedaços (*chips*) com um tamanho médio de 50 mm x 50 mm (comprimento x largura), de modo que estes possam ser utilizados pelas fábricas de cimento, em seus fornos, como combustível alternativo.

O destino final considerado para os pneus inservíveis gerados pelas empresas de ônibus de transporte público urbano do Município do Rio de Janeiro foi o coprocessamento em fábricas de cimento, pois este uso final, além de possuir tecnologia já consolidada, apresentou-se na pesquisa realizada (Capítulo 2) como o mais utilizado não só no Brasil (38%), mas também no mundo (43%).

Buscando minimizar os custos de transporte do pneu processado, da unidade de reciclagem para o usuário final (fábrica de cimento), foram avaliadas somente as fábricas de cimento localizadas no Estado do Rio de Janeiro e que, de acordo com LAGARINHOS (2004), possuem autorização para a utilização do pneu inservível como

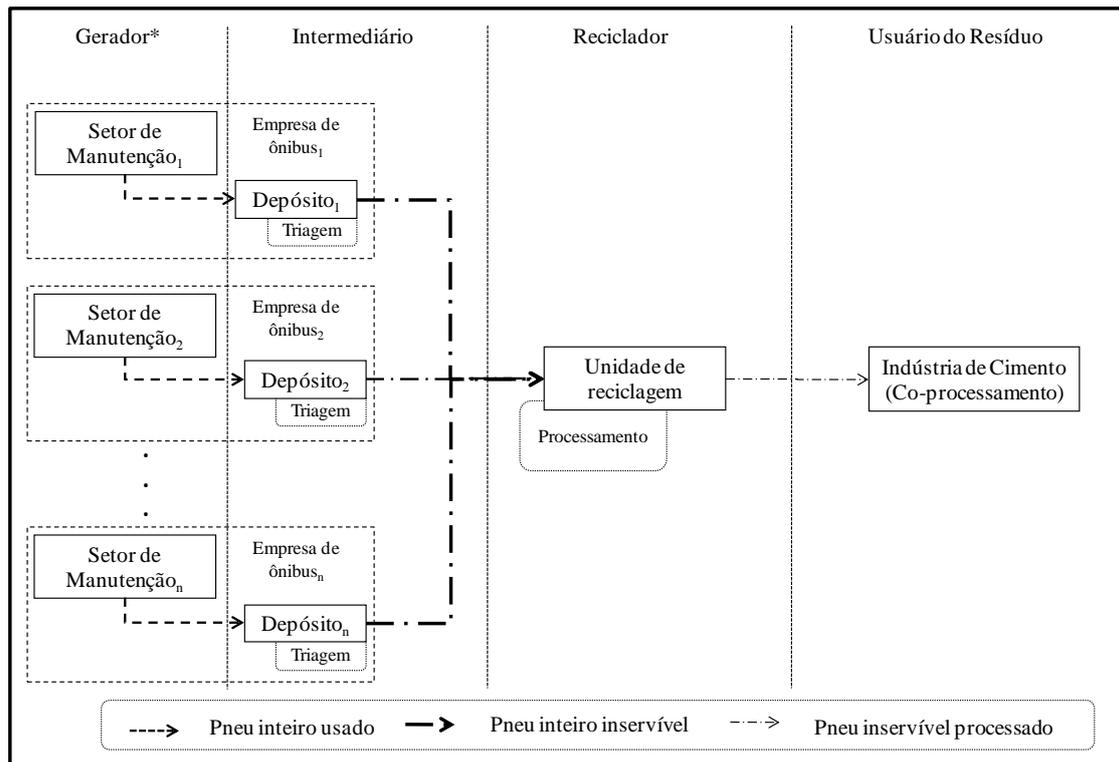
combustível alternativo em seus fornos, conforme Tabela 4.2. No entanto, devido ao volume de pneus inservíveis gerados por mês optou-se por considerar apenas uma fábrica de cimento como usuário final. Visando escolher a fábrica que melhor se adequasse ao estudo em questão foi feito contato com cada uma delas. No entanto, devido ao fato de só se ter obtido retorno da fábrica da Lafarge Brasil S.A, optou-se por considerá-la como usuária do resíduo.

Tabela 4.2: Fábricas de cimento localizadas no Estado do Rio de Janeiro.

Fábrica de Cimento	Endereço	Bairro	Estado
Lafarge Brasil S/A	Rodovia RJ 166, nº 8000	Euclidelândia - Cantagalo	Rio de Janeiro
Holcim Brasil S/A	Rodovia RJ 166, nº 2500	Euclidelândia - Cantagalo	Rio de Janeiro
Votorantim Cimnetos Ltda	Av. Senador Ermínio de Moraes, nº 522	Rio Negro - Cantagalo	Rio de Janeiro

Fonte: Elaboração própria com base em LAFARGE (2011), HOLCIM (2011) e MAGALHÃES (2011).

Desse modo, a Figura 4.2 apresenta o modelo conceitual da cadeia logística reversa de pneus inservíveis adequado ao objetivo e escopo deste estudo. Este estudo se restringe a análise da cadeia logística do pneu inservível, desta forma, não foram consideradas as atividades inerentes ao tratamento do pneu em condições de reuso nem o pneu em condições de remanufatura.



*Considera-se como “Empresa de manutenção” o setor da empresa de ônibus responsável pela manutenção dos veículos .

Fonte: Elaboração própria.

Figura 4.3: Cadeia logística reversa do pneu inservível adequado ao objetivo e escopo do estudo.

Depois de adequar o modelo conceitual ao objetivo e escopo deste estudo, faz-se necessário analisar cada elemento da cadeia de suprimento buscando identificar as atividades de valor relevantes.

4.1.3. Etapa 3 - Identificar as atividades de valor relevantes

Nesta etapa, conforme descrito no item 3.4 do Capítulo 3, buscou-se identificar as principais atividades de apoio e atividades primárias existentes em cada elemento da cadeia de suprimento analisada.

Para o gerador considerou-se como atividade de apoio, a gerência de recursos humanos, responsável pelo gerenciamento de pessoal. Como atividade primária considerou-se a logística interna, responsável pelo manuseio dos pneus usados (movimentação e triagem) e pelo armazenamento dos pneus inservíveis gerados.

Para o reciclador considerou-se como atividades de apoio a infraestrutura da empresa, responsável pela gestão administrativa da empresa e pela gestão contábil da mesma e a gerência de recursos humanos, responsável pelo gerenciamento de pessoal.

Como atividades primárias foram consideradas a logística interna, responsável

pelo manuseio do pneu inservível coletado e a armazenagem do mesmo; a operação, responsável pelo processamento do pneu inservível; a logística externa, responsável pela coleta do pneu inservível nos geradores, pelo armazenamento do pneu processado, pelo processamento dos pedidos e pela transferência do pneu processado para o usuário final; e *marketing* e vendas, responsável pelas vendas do pneu processado e do coproduto (aço) gerado, e pela divulgação da empresa.

Para o usuário do resíduo considerou-se como atividade de apoio o desenvolvimento de tecnologia, responsável pela adaptação dos fornos utilizados no processo de fabricação do clínquer e a aquisição de insumos (coque de petróleo). Não foram consideradas atividades primárias para o usuário final, visto que estas não se apresentam diretamente ligadas à cadeia de valor da cadeia logística reversa do pneu inservível.

4.1.4. Etapa 4 – Identificar recursos associados às atividades de valor

Para cada gerador, considerou-se como recurso associado à atividade de gerenciamento de pessoal, a mão de obra de um profissional de nível superior. Como recursos associados às atividades de manuseio do pneu usado e de armazenagem do pneu inservível, considerou-se a mão de obra de um funcionário não especializado e a instalação física necessária ao armazenamento dos pneus inservíveis gerados no mês.

Em relação à mão de obra utilizada pelo reciclador optou-se em considerar para o serviço administrativo um profissional com nível superior e um profissional com nível médio. O custo destes profissionais foi rateado entre as atividades gestão administrativa (66%), gerenciamento de pessoal (17%) e vendas (17%) observando a quantidade de funções inerentes a que cada atividade.

Desta forma, na atividade de gestão administrativa, considerou-se como recurso 66% da mão de obra administrativa, visto que esta atividade engloba as funções de gerência geral, controle financeiro, planejamento e gestão da qualidade. Considerou-se, também, a instalação física necessária à infraestrutura da empresa, assim como, móveis e equipamentos, e serviço de comunicação. Em virtude do caso em análise, no qual a reciclador foi considerado como microempresa (BRASIL, 1996) optou-se pela contratação do serviço de um contador para a atividade de gestão contábil.

Para a atividade de gerenciamento de pessoal, considerou-se 17% da mão de obra administrativa, visto esta possuir apenas uma função.

Não foram considerados recursos para a atividade desenvolvimento de tecnologia, pois se considerou neste estudo, a utilização de tecnologia já existente e disponível para aquisição.

Em relação às atividades primárias, quanto a atividade de manuseio do pneu inservível, considerou-se 25% da mão de obra de três profissionais sem formação especializada. Para a atividade de armazenamento do pneu inservível considerou-se a instalação física necessária (40 m²) à quantidade de pneus inservíveis coletados por dia. Esta metragem foi obtida considerando-se a coleta máxima de 216 pneus inservíveis (duas rotas com capacidade máxima do veículo) por dia e o espaço físico necessário de 0,15 m² (15 m² para 100 pneus) para o armazenamento de cada pneu. Considerou-se ainda, uma margem de segurança de 20%.

Para a atividade de processamento do pneu inservível, considerou-se como recurso o equipamento necessário ao processamento dos pneus inservíveis inteiros em *chips* (pneu processado) de 50 mm x 50 mm, com capacidade de processamento entre 1 tonelada e 1,5 toneladas por hora. Foi considerada ainda a instalação física necessária (200 m²) para a realização de tal processamento e 75% da mão de obra de três profissionais sem especialização.

Para a atividade de carregamento/descarregamento do veículo de coleta, considerou-se como recurso a mão de obra de um ajudante de caminhão. Como recurso para a atividade de transporte da coleta, considerou-se um veículo novo do modelo VW 13.180 e carroceria tipo caixa (contêiner) na medida 6m x 2,4m x 2,2 m (Figura 4.4). Este veículo foi escolhido com base na geração de pneus mensais, nos dias operacionais e nas horas trabalhadas. Avaliou-se a carga útil do veículo e sua potência. Não foi necessário utilizar um veículo com terceiro eixo, pois devido as características da carga o veículo será lotado por volume. Além disso, este veículo é compatível com o veículo utilizado por BITTENCOURT (2010).



Fonte: MAN (2011) e GRIMALDI (2011).

Figura 4.4: Veículo e carroceria utilizados para coleta.

Buscando minimizar o tempo de carregamento e descarregamento do pneu processado, considerou-se a utilização de uma caçamba do tipo caixa (contêiner) na medida 6m x 2,4m x 2,2 m e a instalação física necessária para o armazenamento de até 17 toneladas de pneu processado (30 m²). Esta caçamba ao atingir o limite de carregamento será substituída pela que se encontra vazia no caminhão de transferência.

Para o processamento de pedidos considerou-se como recursos, o serviço de nota fiscal eletrônica e a mão de obra de um contador necessária para emissão das notas fiscais de venda do pneu processado.

Para a transferência do pneu processado do reciclador até o usuário do resíduo, considerou-se como recurso um veículo novo de modelo VW 17.180 com terceiro eixo e carroceria tipo caixa (contêiner) na medida 6m x 2.4m x 2.2 m *roll on/roll off* (Figura 4.5). A escolha deste veículo seguiu a mesma lógica utilizada na escolha do veículo de coleta. Considerou-se, nesse caso, um veículo de maior capacidade e potência, devido ao fato de que para carga a ser transferida (pneu processado) a lotação do veículo se dará por peso. A escolha do tipo de caçamba e equipamento foi feita com o intuito de minimizar o tempo de carga e descarga do pneu processado.



Fonte: GRIMALDI (2011).

Figura 4.5: Veículo e carroceria utilizados para transferência.

Como recurso associado a atividade de vendas do pneu processado, considerou-se 17% da mão de obra administrativa, visto esta possuir apenas um função. Não foram considerados recursos para a atividade de divulgação da empresa.

Em relação ao usuário do resíduo, não foram considerados recursos para a adaptação dos fornos utilizados na fabricação do clínquer, pois se considerou não serem necessários novos investimentos para que o usuário do resíduo possa utilizar a quantidade de pneu processado considerado neste estudo.

Essa premissa baseia-se no fato de que, de acordo com GUISSO (2010) no ano de 2009 foram co-processadas pela Ecoprocessa (empresa representante da Lafarge Brasil e da Cimpor) 6.500 toneladas de pneus inservíveis. Segundo GUISSO (2011) esta capacidade poderia ser aumentada com a realização dos investimentos já planejados. Desta forma, visto que a quantidade considerada neste estudo (176 t/mês) representa apenas 2,7% do volume co-processado em 2009, acredita-se que esta quantidade possa ser incorporada pelo processo de co-processamento da Lafarge sem maiores investimentos.

Para a atividade de compra de insumos, neste caso o coque de petróleo utilizado como combustível nos fornos da indústria de cimento considerou-se como recurso o coque de petróleo e o transporte deste do fabricante até o usuário do resíduo.

4.1.5. Etapa 5 – Definir a estrutura de custo de cada atividade de valor

A estrutura de custo de cada atividade de valor foi definida com base nos recursos descritos no item 4.1.4.

Sendo assim, para o gerador, a estrutura de custo do recurso de mão de obra associado ao gerenciamento de pessoal e ao manuseio do pneu usado considerou os itens: salário, encargos e benefícios. Os encargos foram calculados com base em CRUZ (2011) e encontram-se detalhados nos APÊNDICES IV e V. Como benefícios considerou-se o pagamento de vale transporte e vale refeição.

Para a estrutura de custo do recurso instalação física associado a atividade de armazenagem do pneu inservível considerou os itens: custo de armazenagem e custo de estoque. Sendo o primeiro referente ao espaço necessário para a armazenagem do pneu inservível gerado e o segundo ao custo financeiro do mesmo.

Em relação ao reciclador, a estrutura de custo do recurso de mão de obra associado às atividades de gestão administrativa, gerenciamento de pessoal, manuseio do pneu inservível, processamento do pneu inservível, carregamento/descarregamento dos pneus inservível no processo de coleta e vendas do pneu processado considerou os itens: salário, encargos e benefícios. O cálculo dos encargos foi realizado com base em CRUZ (2011). Os benefícios considerados foram vale transporte e vale refeição.

Como itens da estrutura de custo do recurso instalação física associado à atividade armazenamento do pneu inservível considerou-se o custo de armazenagem e o custo de estoque.

Para a estrutura de custo do recurso equipamento associado à atividade processamento do pneu inservível considerou-se os itens custo de capital mensal uniforme, custo de manutenção e custo de operação. O custo de manutenção refere-se, basicamente, a troca e afiação das facas utilizadas para a trituração do pneu inservível, enquanto o custo de operação refere-se ao consumo de energia elétrica.

A estrutura de custo do recurso instalação física associado ao processamento do pneu inservível considera um custo de infraestrutura, que está relacionado à área física necessária para a disposição do equipamento de trituração do pneu.

Para o recurso móveis e equipamentos, considerou-se como item de custo o custo de capital mensal uniforme e para o recurso comunicação os itens de custo de capital mensal uniforme e uso do serviço.

A estrutura de custo referente aos veículos de coleta e de transferência considera os itens de custo operacional fixo mensal e custo variável por quilômetro. No caso do custo fixo mensal considerou-se o custo de capital mensal uniforme para o veículo e para a carroceria, salário do motorista, impostos, seguro e comunicação (*tipo Nextel*). Já no caso do custo variável por quilômetro considerou-se o custo com combustível, lubrificante, lavagem e lubrificação, pneus e manutenção. O detalhamento da estrutura de custo destes veículos encontra-se no APÊNDICE VI e VII.

Para os recursos serviço de nota fiscal eletrônica e mão de obra associados a atividade processamento do pedido, considerou-se como itens de custo uso do serviço e serviço prestado, respectivamente.

Em relação ao usuário de resíduo, considerou-se como item de custo para o coque de petróleo o valor de mercado do mesmo já com o preço médio do frete incluso.

4.1.6. Etapa 6 – Identificar relacionamentos entre as atividades de valor – elos

Inicialmente buscou-se analisar os elos existentes dentro da cadeia de valor de cada elemento da cadeia de suprimento em estudo. Analisando a cadeia de valor do elemento reciclador foi possível perceber o relacionamento existente entre a atividade de coleta e armazenamento do pneu inservível.

Verificou-se também o relacionamento existente entre a atividade de processamento do pneu inservível e a atividade de transferência do pneu processado para o usuário final. Além dos relacionamentos descritos acima, verificou-se a ocorrência de um relacionamento entre o gerador e o reciclador. Este ocorre entre a atividade de armazenagem do pneu inservível realizada pelo gerador e a atividade de coleta do pneu inservível realizada pelo reciclador.

4.1.7. Etapa 7 – Identificar direcionadores de custo e de singularidade

Ao analisar a cadeia logística reversa do pneu inservível apresentada neste estudo, identificou-se como direcionador de custo a economia de escala, representada pelo volume de pneus inservíveis gerados (quantidade) e pelo volume de pneus inservíveis processados (tonelada).

De modo que no primeiro caso verifica-se o impacto diretamente nos custos de mão de obra, no custo de armazenagem, na parte variável do custo de coleta e no custo de manutenção e operação referentes ao processamento do pneu inservível, influenciando os custos tanto do gerador quanto do reciclador. Isto ocorre, pois ao aumentar a quantidade de pneus inservíveis gerados faz-se necessário utilizar um percentual de tempo maior do profissional responsável pelo manuseio e processamento destes pneus, um espaço físico maior para armazená-los, um maior número de viagens para coletá-los e um tempo maior do equipamento necessário para o processamento dos pneus.

Por outro lado, um aumento da quantidade de pneus inservíveis gerados reduz o custo fixo unitário, tanto no que diz respeito ao custo de capital do equipamento de trituração quanto ao do veículo utilizado para a coleta.

No segundo caso, onde a economia de escala é representada pela tonelada de pneu processado, verifica-se o impacto no custo de armazenagem do pneu processado e na parte variável do custo de transferência deste, visto que ao aumentar o número de

toneladas processadas faz-se necessário um maior espaço físico para armazená-las e um maior número de viagens para transferir o pneu processado até o usuário final.

Do mesmo modo como ocorre quando o direcionador economia de escala é representado pela quantidade de pneus inservíveis gerados, quando este é representado pela tonelada de pneu processado verifica-se uma redução no custo fixo unitário do veículo utilizado para transferência.

4.1.8. Etapa – Atribuir valores (custos e receitas)

Nesta etapa, buscou-se atribuir valores de custo preenchendo a estrutura de custo proposta no item 4.1.5.

Em relação a atividade de apoio do gerador, para o recurso mão de obra associado à atividade de gerenciamento de pessoal de cada empresa considerou-se para o item salário o valor do piso salarial para profissionais com formação em administração de empresas (R\$ 1.484,58) definido em BRASIL (2009). Os encargos foram calculados com base em CRUZ (2011), totalizando 68,17% sobre o salário considerado (R\$ 1.012,04). Como benefícios considerou-se vale transporte no valor de R\$ 2,20 reais (2 passagens por dia) excluindo-se os 6% descontados do funcionário por lei, e vale refeição no valor de R\$ 6,00 por dia, totalizando R\$ 244,99. Para os cálculos foram considerados 22 dias úteis (APÊNDICE IV e V).

Para a atividade primária do gerador, para o recurso mão de obra associado à atividade manuseio do pneu usado, considerou-se como salário, o valor do salário mínimo (R\$ 545,00) definido em BRASIL (2011). Os encargos e benefícios foram calculados da mesma forma que o item anterior totalizando R\$ 371,53 e R\$ 244,99, respectivamente.

O recurso instalação física associada à atividade de armazenamento do pneu inservível considera em sua estrutura de custos dois itens: custo de armazenagem e custo de estoque.

Para a definição do custo de armazenagem considerou-se, para cada gerador, a área necessária para o armazenamento dos pneus gerados e o valor do m², conforme Equação 4.6, totalizando R\$ 2.916,08. O valor de aluguel considerado foi obtido, para cada um dos bairros onde os geradores estão localizados, por meio de consulta na *internet*. O detalhamento destes valores encontra-se no APÊNDICE VIII.

$$Ca = \sum_{i=1}^n A_i * Va_i \quad (4.6)$$

Onde:

Ca = Custo de armazenagem;

i = Gerador;

n = Número total de geradores;

A_i = Área considerada para o armazenamento dos pneus no gerador i;

Va_i = Valor do m² para aluguel no bairro do gerador i;

No caso do custo de estoque, este foi calculado considerando o estoque médio de cada gerador, uma taxa de juros de 0,9489% a.m. e o valor de R\$ 0,50 por pneu, conforme Equação 4.7 (NOVAES, 2004), totalizando R\$ 5,03. Não foi considerado um percentual para estoque reserva devido ao fato do pneu inservível ser um resíduo da operação de transporte dos geradores. O detalhamento por empresa pode ser verificado no APÊNDICE VIII.

$$Cte = \frac{E}{2} (1 + E_r) * Vl * tx \quad (4.7)$$

Onde:

Cte = Custo total de estoque no mês;

E = Estoque máximo no mês;

E_r = Percentual de estoque reserva;

Vl = Valor do produto;

Tx = Taxa de remuneração mensal.

No que tange as atividades de apoio exercidas pelo reciclador, para os recursos mão de obra associados às atividades gestão administrativa e gerenciamento de pessoal considerou-se como salário o piso salarial de um profissional com formação em administração de empresas (1.484,58) e o salário mínimo para um profissional com cargo de auxiliar de serviço administrativo (R\$ 545,00), conforme BRASIL (2009) e BRASIL (2011), respectivamente. Os encargos foram calculados com base em CRUZ (2011), totalizando 42,37% sobre os salários considerados (R\$629,02 e R\$230,92). Os benefícios considerados foram os mesmos considerados para o caso do gerador. O detalhamento dos cálculos pode ser verificado no APÊNDICE IX.

Para os demais recursos associados à atividade de gestão administrativa considerou-se os itens: custo de infraestrutura para o recurso instalação física, custo de

capital mensal uniforme para o recurso móveis e equipamentos, e custo de capital mensal uniforme e uso do serviço para o recurso comunicação.

Como custo de infraestrutura entende-se o custo da área física utilizada para o funcionamento do setor administrativo e das áreas de pátio e circulação. Este custo foi calculado considerando a metragem das áreas mencionadas (410 m²) e o valor de locação para o bairro no qual o reciclador encontra-se situado (R\$ 11,76/m²)³, totalizando R\$ 4.821,60 (APÊNDICE X).

Considerou-se para o reciclador os seguintes móveis e equipamentos: duas mesas, duas cadeiras, dois computadores, uma estante e um ar condicionado. O custo de capital mensal uniforme destes itens foi calculado com base nas Equações 4.8 e 4.9, totalizando R\$ 66,12 (APÊNDICE XI).

$$CC = (VI - VR) * FRC + VR * j \quad (4.8)$$

Onde:

CC = Custo de capital mensal uniforme;

VI = Valor do investimento;

VR = Valor residual;

FRC = Fator de recuperação de capital;

j = taxa de desconto;

O fator de recuperação de capital foi calculado conforme Equação 4.9.

$$FRC = \frac{j*(1+j)^n}{(1+j)^n - 1} \quad (4.9)$$

Onde:

FRC = Fator de recuperação de capital;

j = Taxa de descontos;

n = Vida útil.

O custo de capital mensal uniforme considerado para o recurso comunicação refere-se ao custo do aparelho, enquanto o uso do serviço refere-se à assinatura de um aparelho *Nextel* utilizado para a realização de comunicação entre a administração e os veículos de coleta e transferência. Como custo de capital mensal uniforme tem-se o

³ Valor referente a preço médio de aluguel de galpão no bairro de Oswaldo Cruz. Pesquisa realizada na internet.

valor de R\$ 12,75 e como uso do serviço o valor de R\$ 85,00, conforme CASAS BAHIA (2011) e NEXTEL (2011).

Para o recurso mão de obra associado à atividade de gestão contábil considerou-se um valor de serviços prestados de R\$ 635,83⁴ por mês, conforme CRUZ (2011). Em relação às atividades primárias exercidas pelo reciclador, para o recurso mão de obra associado às atividades manuseio do pneu inservível, processamento do pneu inservível e carregamento/descarregamento do pneu inservível considerou-se, para as duas primeiras atividades, o valor do salário mínimo (R\$ 545,00) e para a última o salário médio de mercado para o ajudante do caminhão (R\$ 700,00), conforme BRASIL (2011) e CACHIOLO (2011a).

Os encargos foram calculados com base em CRUZ (2011), totalizando 42,37% sobre os salários considerados (R\$ 230,92 e R\$296,59). Os benefícios considerados foram os mesmos utilizados para o caso do gerador. O APÊNDICE IX apresenta os cálculos detalhados da mão de obra considerada para o reciclador.

Os custos de armazenagem e de estoque associados à atividade de armazenamento do pneu inservível foram cálculos com base nas Equações 4.10 e 4.11, totalizando R\$ 470,40 e R\$ 53,85, respectivamente (APÊNDICE X).

$$Ca = A * Va \quad (4.10)$$

Onde:

Ca = Custo de armazenagem;

A = Área considerada para o armazenamento dos pneus no reciclador;

Va = Valor do m² para aluguel no bairro do reciclador;

Para o recurso equipamento associado à atividade processamento do pneu inservível considerou-se para o custo de capital o valor de R\$ 5.936,51, calculado conforme Equações 4.8 e 4.9. Para o custo de manutenção utilizou-se o valor de manutenção de R\$ 17,60 por tonelada definido com base em FERREIRA (2011), totalizando R\$ 3.097,60 (APÊNDICE XII). O custo de operação considera o consumo de energia necessário para o processamento dos pneus inservíveis. Este consumo foi calculado conforme Equação 4.11.

⁴ Refere-se ao pagamento de 13 salários mínimos ao ano (1 salário por mês, mais 13º salário), mais o pagamento de 1 salário referente a elaboração do imposto de renda.

$$Ce = P * t \quad (4.11)$$

Onde:

Ce = Consumo de energia no mês;

P = Potência do equipamento;

t = Tempo de uso do equipamento em horas;

O consumo do equipamento utilizado indica a necessidade de uma rede de alta tensão, desse modo, o valor a ser pago pela energia consumida foi calculado com base na Equação 4.12 (ELETROBRÁS, 2001).

$$FT = Dfat * Td + Cp * Tcp + Cfp * Tcfp \quad (4.12)$$

Onde:

Dfat - demanda faturada, kW

Td - tarifa da demanda, R\$/kW

Cp - consumo medido no mês - horário de ponta, kWh

Tcp - tarifa de consumo no horário de ponta, R\$/kWh

Cfp - consumo medido no mês - horário fora de ponta, kWh

Tcfp - tarifa de consumo no horário fora de ponta, R\$/kWh

A tarifa considerada para este cálculo foi a tarifa de alta tensão verde (LIGHT, 2011). Uma vez que o reciclador possui horário de funcionamento de 8:00 h às 18:00 h, utilizando o equipamento de processamento do pneu inservível no período de 8:00 h as 17:00 h. Cabe destacar que não foi considerada a ocorrência de consumo no horário de ponta. De acordo com LIGHT (2011), o horário de ponta corresponde ao período entre as 17:30 h e 20:30 h, com exceção de sábados, domingos e feriados nacionais. Desse modo, o custo de operação totalizou o valor de R\$ 4.017,62 (APÊNDICE XII).

Para o recurso instalação física associado à atividade de processamento do pneu inservível considerou-se como custo de infraestrutura o valor de R\$ 2.352,00 referente à área necessária para o processamento dos pneus inservíveis (APÊNDICE X).

Para os recursos veículo de coleta e veículo de transferência associados às atividades coleta do pneu inservível e transferência do pneu processado para o usuário do resíduo, considerou-se como valor de custo fixo mensal R\$ 5.537,19 para o primeiro

e R\$ 7.042,62 para o segundo, conforme Equação 4.13. Como custo variável mensal considerou-se R\$ 1.387,60 e R\$ 5.093,64, respectivamente, conforme Equação 4.14 (APÊNDICE VI e VII).

$$Cf = Ccv + Ccc + Sal + Imp + Seg + Co \quad (4.13)$$

Onde:

Cf = Custo fixo mensal do veículo;

Ccv = Custo de capital mensal uniforme do veículo;

Ccc = Custo de capital mensal uniforme da carroceria;

Sal = Salário do motorista;

Imp = Impostos;

Seg = Seguro do veículo;

Co = Serviço de comunicação (*Nextel*).

Para o cálculo da quilometragem do veículo de coleta considerou-se o dobro do somatório da quilometragem de cada rota gerada no *software TransCad* (728,8 km) apresentadas no ANEXO I.

Para o cálculo de quilometragem do veículo de transferência considerou-se a distância existente entre o reciclador, localizado em Oswaldo Cruz - RJ e o usuário resíduo (Lafarge Brasil S.A.) (260 km) e o número de viagens necessárias para transferir a quantidade de pneu processado para o usuário do resíduo (11 viagens). Considerou-se ainda um acréscimo em quilometragem referente a duas rotas de coleta, visto que será necessário utilizar o veículo de transferência para a coleta de cerca de 104 pneus inservíveis necessários para completar o peso (em toneladas) para o processamento. Desta forma, a quilometragem considerada para o veículo de transferência foi de 5.786 km.

Os valores utilizados para o cálculo do custo fixo e do custo variável dos veículos foram obtidos com base em NTC (2009), CACHIOLO (2011a) e GRIMALDI (2011). O detalhamento destes custos pode ser verificado nos APÊNDICE VI e VII.

$$Cv = (Comb + Lub + Lav + Pneus + Manut) * km \quad (4.14)$$

Onde:

Cv = Custo variável mensal do veículo;
Comb = Custo de combustível por quilometro;
Lub = Custo de lubrificante por quilometro;
Lav = Custo de lavagem e lubrificação por quilometro;
Pneus = Custo com pneus por quilometro;
Manut = Custo de manutenção por quilometro;
km = Quilometragem percorrida no mês.

Para o recurso instalação física associado à atividade armazenamento do pneu processado, considerou-se para o cálculo do custo de armazenagem o valor da locação de 1 m² do bairro onde se localiza o reciclador e a área necessária para o armazenamento do pneu processado. Considerou-se ainda o custo de capital mensal uniforme associado à utilização de uma caçamba do tipo caixa (contêiner) no tamanho de 6m x 2,4m x 2,2m, visto que com o objetivo de minimizar o tempo de carga e descarga do pneu processado este será direcionado para a caçamba por meio do uso de uma esteira. Desse modo, como custo de armazenagem considerou-se o valor de R\$ 504,02 (R\$ 352,80 referente ao custo de armazenagem e R\$ 151,22 referente ao custo de capital mensal uniforme da caçamba).

O custo de estoque foi calculado conforme Equação 4.7 e considerou como valor para a tonelada do pneu processado R\$ 99,21, totalizando um custo de estoque mensal de R\$ 91,13.

Ao processar o pneu tira-se o aço do talão para que este possa ser aproveitado como co-produto do pneu inservível. Considerou-se que 5,5% do peso do pneu é composto pelo aço do talão. De acordo com COMERCIO DE FERRO (2011) o quilo do aço retirado do pneu pode ser vendido por R\$ 0,10, sendo este retirado pelo comprador para o caso de quantidades iguais ou superiores a 1.000 kg. Neste estudo considerou-se como co-produto 12.630 kg de aço retirados dos pneus inservíveis processados e como receita desta operação o valor de R\$ 1.262,96, conforme APÊNDICE XIII.

Além dos custos descritos acima, considerou-se uma margem de lucro para o gerador e para o reciclador. Tais margens foram definidas, por meio da Equação 4.15, com o intuito de equilibrar os benefícios ao longo da cadeia de suprimento analisada.

$$M = \frac{(Vc - 1,16 * Ct)}{(1,16 * Ct + Cr)} \quad (4.15)$$

Onde:

M = Margem de lucro definidas para o gerador e o reciclador;

Vc = Valor de comercialização do coque de petróleo;

Ct = Custo total (custo do gerador + custo de reciclador);

Cr = Custo do reciclador.

Sendo assim, obteve-se para o gerador e para o reciclador uma margem de lucro de 1,71% sobre os custos. Desta forma, o valor encontrado para a tonelada do pneu processado foi de R\$ 322,40. No entanto, deve-se considerar que de acordo com SOUZA (2011), o pneu possui poder calorífico inferior (PCI) menor (7.250 kcal/kg) do que o PCI do coque de petróleo (8.650 kcal/kg). Isto faz com que o usuário final, ao substituir o produto utilizado por ele como combustível (coque de petróleo), por pneu inservível processado necessite adquirir uma maior quantidade (16%) de pneu inservível processado.

Sendo assim, para que o valor da tonelada de pneu inservível processado pudesse ser comparado à tonelada de coque de petróleo, o valor da tonelada de pneu inservível processado foi acrescido em 16% passando a R\$ 373,99.

Para o recurso coque de petróleo adquirido atualmente pelo usuário do resíduo, considerou-se o valor de R\$ 378,58 por tonelada, já com frete incluso (FREITAS, 2011 e CACHIOLO, 2011b). Mais detalhes podem ser verificados no APÊNDICE XIV.

4.1.9. Etapa 9 – Analisar a cadeia de valor da cadeia de suprimento

Com base nas etapas anteriores apresentadas (1 a 8) elaborou-se as Tabelas 4.3 e 4.4. Estas tabelas apresentam de forma sintética os três estágios (macro, meso e micro) abordados nesta análise. No macro estágio, tem-se os elementos gerador, reciclador e usuário do resíduo, considerados no estudo. No meso estágio apresentam-se as atividades de apoio e primárias detalhadas em atividades gerais. No micro estágio apresentam-se as atividades específicas, seus recursos e itens de custo que foram considerados no estudo.

Tabela 4.3: Análise da cadeia de valor da cadeia logística reversa do pneu inservível.

Macro Estágio	Meso Estágio	Micro Estágio						
		Atividades de Valor	Recursos	Estrutura de Custo	Custo (R\$/mês)	Custo (R\$/pneu) ¹	Custo (R\$/t) ²	
Gerador	Atividades de Apoio					R\$ 46,89	R\$ 0,02	-
	Gerência de Recursos Humanos	Gerenciamento de Pessoal	Mão de Obra	Salário	R\$ 25,60			
				Encargos	17,45			
				Benefícios	R\$ 3,84			
	Atividades Primárias					R\$ 4.066,03	R\$ 1,92	-
	Logística Interna	Manuseio do Pneu Usado	Mão de Obra	Salário	R\$ 547,58			
				Encargos	R\$ 373,29			
		Armazenamento do Pneu Inservível	Instalação Física	Benefícios	R\$ 224,05			
Custo de Armazenagem				R\$ 2.916,08				
			Custo de Estoque	R\$ 5,03				
Coleta Complementar					R\$ 4.314,49	1,94	-	
Margem					R\$ 143,72	R\$ 0,03	-	
Valor do Produto					-	R\$ 1,97	-	
Reciclador	Atividades de Apoio					R\$ 8.389,76	-	R\$ 47,67
	Infraestrutura da Empresa	Gestão Administrativa	Mão de Obra	Salário	R\$ 1.339,52			
				Encargos	R\$ 567,56			
				Benefícios	R\$ 294,35			
			Instalação Física	Custo de Infraestrutura	R\$ 4.821,60			
				Móveis e Equipamentos	Custo de Capital	R\$ 66,12		
				Comunicação	Custo de Capital	R\$ 12,75		
		Gestão Contábil	Mão de Obra	Uso do Serviço	R\$ 85,00			
			Serviços Prestados	R\$ 635,83				
Gerência de Recursos Humanos	Gerenciamento de Pessoal	Mão de Obra	Salário	R\$ 345,03				
			Encargos	R\$ 146,19				
			Benefícios	R\$ 75,82				
Desenvolvimento de Tecnologia		-		-				

¹ Considera 2.122 pneus inservíveis para o cálculo dos valores unitários das atividades gerenciamento e recursos humanos e logística interna. Para o cálculo de valor unitário da coleta complementar considerou-se 2.226 pneus inservíveis. Os valores unitários de margem e valor do produto foram calculados considerando o total de 4.348 pneus inservíveis.

² Para o cálculo unitário do custo referente a atividade de apoio, considerou-se 176 toneladas.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 4.4: Análise da cadeia de valor da cadeia logística reversa do pneu inservível - continuação

Macro Estágio	Meso Estágio	Micro Estágio						
		Atividades de Valor	Recursos	Item de Custo	Custo (R\$/mês)	Custo (R\$/pneu) ¹	Custo (R\$/t) ²	
Recicladador	Atividades Primárias				R\$ 38.974,00	-	R\$ 221,44	
	Logística Interna	Manuseio do Pneu Inservível	Mão de Obra	Salário	R\$ 408,75			
				Encargos	R\$ 173,19			
		Armazenamento do Pneu Inservível	Instalação Física	Benefícios	R\$ 167,24			
				Custo de Armazenagem	R\$ 470,40			
	Operações	Processamento do Pneu Inservível	Equipamento	Custo de Estoque	R\$ 53,85			
				Custo de Capital	R\$ 5.746,87			
				Custo de Manutenção	R\$ 3.097,60			
				Custo de Operação	R\$ 4.017,62			
				Custo de Infraestrutura	R\$ 2.352,00			
				Mão de Obra	Salário	R\$ 1.226,25		
	Logística Externa	Coleta - Carregamento/ Descarregamento	Mão de Obra	Encargos	R\$ 519,56			
				Benefícios	R\$ 501,73			
				Coleta do Pneu Inservível - Transporte	Veículo de Coleta	Salário	R\$ 700,00	
Encargos						R\$ 296,59		
Armazenamento do Pneu Processado				Instalação Física	Benefícios	R\$ 222,99		
					Custo Fixo	R\$ 5.537,19		
Processamento de Pedidos				Serviço de NF Eletrônica	Custo Variável	R\$ 1.387,60		
					Custo de Armazenagem	R\$ 504,02		
	Custo de Estoque	R\$ 91,13						
Transferência do Pneu Processado para Uso Final	Veículo de Transferência	Uso do Serviço	R\$ 50,00					
		Serviços Prestados	R\$ 9,08					
Marketing e Vendas	Venda do Pneu Processado	Mão de Obra	Custo Fixo	R\$ 7.042,62				
			Custo Variável	R\$ 5.093,64				
			Salário	R\$ 345,03				
Margem	Divulgação	-	Encargos	R\$ 146,19				
			Benefícios	R\$ 75,82				
				-R\$ 1.262,96				
	Venda de Coproduto (Aço)	-						
				R\$ 807,74		R\$ 4,59		
	Valor do Produto			-		R\$ 373,99		
Usuário do Resíduo	Atividades de Apoio							
	Desenvolvimento de Tecnologia	Adaptação dos Fornos	-	-	-			
	Aquisição	Compra de Insumos - (Coque de Petróleo)	Coque de Petróleo	Coque de Petróleo	R\$ 66.629,20		R\$ 378,58	
	Margem				R\$ 807,74		R\$ 4,59	

¹ Considera 2.122 pneus inservíveis para o cálculo dos valores unitários das atividades gerenciamento e recursos humanos e logística interna. Para o cálculo de valor unitário da coleta complementar considerou-se 2.226 pneus inservíveis. Os valores unitários de margem e valor do produto foram calculados considerando o total de 4.348 pneus inservíveis.

² Para o cálculo unitário do custo referente a atividade de apoio, considerou-se 176 toneladas.

Fonte: Elaboração própria.

4.2. Análise dos Resultados

Ao analisar a cadeia de valor da cadeia logística reversa do pneu inservível buscou-se considerar as principais atividades de valor de cada elemento e seus respectivos itens de custo. Verificou-se que para o estudo de caso apresentado é possível estruturar uma cadeia de suprimento de modo que todos os elementos consigam cobrir seus custos e ainda obter uma margem de lucro.

Nas condições avaliadas neste estudo, verificou-se ser possível a obtenção de uma margem de lucro de 1,71% sobre os custos para o gerador e para o reciclador e uma redução de custo de 1,21% para o usuário final em relação ao preço médio do coque de petróleo utilizado como combustível atualmente.

Para elaboração deste estudo de caso foram utilizados valores médios para o PCI do pneu inservível, para o PCI do coque de petróleo e para o preço de compra do coque de petróleo. A variação destes valores pode alterar os resultados obtidos de forma favorável e desfavorável à substituição do coque de petróleo pelo pneu inservível.

A Tabela 4.5 apresenta as possíveis variações no PCI do pneu inservível e do coque de petróleo, destacando a diferença entre eles e o preço da tonelada de pneu processado equivalente a tonelada de coque de petróleo. Pode-se verificar que quanto menor o PCI do pneu inservível em relação do PCI do coque de petróleo maior o preço da tonelada de pneu processado.

Tabela 4.5: Comparação entre o PCI do pneu inservível e o PCI do coque de petróleo.

Valores	Poder Calorífico Inferior			Preço do Pneu Processado (R\$/t)
	Pneu inservível (kcal/kg)	Coque de Petróleo (kcal/kg)	Diferença (kcal/kg)	
Mínimo	7000	8500	18%	380,43
Médio	7250	8650	16%	373,99
Máximo	7500	8800	15%	370,76

Fonte: Elaboração própria com base em FREITAS, 2011.

De acordo com ANP (2011), por se tratar de um combustível utilizado como substituto aos combustíveis utilizados em empresas siderúrgicas, cimenteiras, químicas etc, o coque de petróleo varia de acordo com o preço do(s) produto(s) que pode substituir. Atualmente o preço de comercialização do coque de petróleo no mercado interno tem se apresentado conforme Tabela 4.6.

Tabela 4.6: Comparação entre os diferentes preços do coque de petróleo.

	Preço do Coque de Petróleo		
	Mínimo	Médio	Máximo
Coque de Petróleo (USD/t)	160,00	195,00	230,00
Cotação do Dólar (R\$) ¹	1,69	1,69	1,69
Coque de Petróleo (R\$/t)	269,60	328,58	387,55
Valor do Frete (R\$/t)	40,00	50,00	60,00
Valor de Compra (R\$/t)	309,60	378,58	447,55

¹ Valor referente a janeiro de 2011.

Fonte: Elaboração própria com base em FREITAS (2011) e CACHIOLO (2011b).

Visando verificar os limites em que o preço da tonelada de pneu processado se mantém competitivo em relação ao preço do coque de petróleo, elaborou-se uma tabela comparativa onde se apresenta a situação base analisada nas Tabelas 4.5 e 4.6 e oito variações para esta (Tabela 4.7).

Tabela 4.7: Comparação entre o preço do pneu processado e o preço do coque de petróleo.

Situação Analisada	Pneu Inservível Processado (R\$/t)	Coque de Petróleo (R\$/t)	Margem do Gerador (%)	Margem do Reciclador (%)	Margem do Usuário Final (%)	Margem do Usuário Final (R\$/t)
Situação Base	R\$ 373,99	R\$ 378,58	1,71%	1,71%	1,21%	R\$ 4,59
Varição 1	R\$ 373,99	R\$ 309,60	1,71%	1,71%	-20,80%	-R\$ 64,39
Varição 2	R\$ 373,99	R\$ 447,55	1,71%	1,71%	16,44%	R\$ 73,56
Varição 3	R\$ 370,76	R\$ 378,58	1,71%	1,71%	2,06%	R\$ 7,81
Varição 4	R\$ 370,76	R\$ 309,60	1,71%	1,71%	-19,76%	-R\$ 61,16
Varição 5	R\$ 370,76	R\$ 447,55	1,71%	1,71%	17,16%	R\$ 76,79
Varição 6	R\$ 380,43	R\$ 378,58	1,71%	1,71%	-0,49%	-R\$ 1,86
Varição 7	R\$ 380,43	R\$ 309,60	1,71%	1,71%	-22,88%	-R\$ 70,83
Varição 8	R\$ 380,43	R\$ 447,55	1,71%	1,71%	15,00%	R\$ 67,12

Fonte: Elaboração própria.

Pode se verificar que além da situação base, nas variações 2, 3, 5, e 8 o pneu processado obtém vantagem de custo sobre o preço do coque de petróleo, o que pode indicar que é possível o pneu inservível processado substituir parcialmente o coque de petróleo como combustível na indústria de cimento.

Deve-se destacar, no entanto, que nas condições apresentadas nesta aplicação em situação prática, considerada com base, o pneu processado não conseguiria competir com o coque de petróleo caso este se mantivesse em seu valor de mercado mínimo.

4.3. Considerações Finais

Neste capítulo apresentou-se uma aplicação em situação prática, no qual se utilizou o modelo conceitual da cadeia logística reversa do pneu inservível elaborado no Capítulo 2 e o método de análise da cadeia de valor elaborado no Capítulo 3.

Por meio deste estudo de caso foi possível verificar que o modelo conceitual da cadeia logística reversa do pneu inservível adere a realidade verificada no Estado do Rio de Janeiro, podendo ser adaptado a estudos específicos quando necessário.

Quanto ao método de análise da cadeia de valor, verificou-se que este se adéqua a análise da cadeia logística reversa do pneu inservível, podendo ainda ser utilizado para aplicação em outros resíduos ou mesmo em cadeias logísticas diretas.

No que tange ao estudo realizado, verificou-se que é possível estruturar a cadeia logística reversa do pneu inservível de modo a utilizar o pneu processado como substituto ao coque de petróleo remunerando todos os elementos da cadeia de suprimento.

A possibilidade de gerar algum benefício financeiro não só para o usuário do resíduo e para o reciclador, mas também para o gerador permite aumentar a atração de pneus inservíveis para a cadeia de suprimento, permitindo obter maior regularidade na quantidade de pneus processados e melhor nível de serviço para do usuário do resíduo.

Cabe ressaltar que os resultados obtidos referem-se ao estudo de uma situação específica podendo não se aplicar a demais situações.

5. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DA ANÁLISE DA CADEIA DE VALOR APLICADA A CADEIA LOGÍSTICA REVERSA DO PNEU INSERVÍVEL

Neste capítulo apresenta-se uma análise de sensibilidade quanto a redução de custos, onde diferentes situações são avaliadas com o intuito de se verificar o comportamento dos resultados obtidos por meio da análise da cadeia de valor da cadeia logística reversa do pneu inservível.

Desse modo, este capítulo está dividido em três itens. O item 5.1 apresenta as diferentes situações consideradas na análise de sensibilidade. No item 5.2 discute-se os resultados da análise de sensibilidade realizada. Já no item 5.3 são apresentadas as considerações finais do capítulo.

5.1. Perfil das Situações Consideradas na Análise de Sensibilidade

Para a realização da análise de sensibilidade elaborou-se, a partir do caso base apresentado no Capítulo 4 (Tabelas 4.3 e 4.4), seis composições de custo, conforme Tabela 5.1, onde é possível verificar as modificações consideradas para cada uma delas.

As composições 1 e 2 consideram que o processamento do pneu inservível é realizado por uma empresa de reciclagem de pneus terceirizada. Na composição 1 considera-se que o custo de processamento do pneu inservível é de R\$100,00 e na composição 2 considera-se que um custo de R\$120,00 por tonelada (BITTENCOURT, 2010 e FERREIRA, 2010).

A composição 3 não apropria os custo considerados, na composição base, para o gerador. Já para todos os demais itens de custo foram mantidos os valores considerados na composição base.

Na composição 4 considera-se a aquisição de um veículo usado para a coleta dos pneus inservíveis. Para todos os demais itens de custo forma mantidos os valores considerados na composição base.

A composição 5 é uma junção das composições 1 e 3, onde não se consideram os custos inerentes ao gerador e considera-se que o processamento do pneu inservível é realizado por uma empresa de reciclagem de pneus terceirizada. Já a composição 6 é uma junção das composições 2 e 3.

Tabela 5.1: Itens de custo considerados em cada composição.

Macro Estágio	Meso Estágio		Micro Estágio			Itens de Custo Considerados						
			Atividades de Valor	Recursos	Estrutura de Custo	Composição Base	Composição 1	Composição 2	Composição 3	Composição 4	Composição 5	Composição 6
Gerador	Atividades de Apoio	Gerência de Recursos Humanos	Gerenciamento de Pessoal	Mão de Obra	Salário	Sim	Sim ¹	Sim	Não	Sim	Não	Não
					Encargos	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não
	Atividades Primárias	Logística Interna	Manuseio do Pneu Usado	Mão de Obra	Salário	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não
					Encargos	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não
		Armazenamento do Pneu Inservível	Instalação Física	Benefícios	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não	
				Custo de Armazenagem	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não	
				Custo de Estoque	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não	
		Coleta Complementar				Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não	
Reciclador	Atividades de Apoio	Infraestrutura da Empresa	Gestão Administrativa	Mão de Obra	Salário	Sim	Diferenciado ²	Diferenciado	Sim	Sim	Diferenciado	Diferenciado
					Encargos	Sim	Diferenciado	Diferenciado	Sim	Sim	Diferenciado	Diferenciado
					Benefícios	Sim	Diferenciado	Diferenciado	Sim	Sim	Diferenciado	Diferenciado
					Custo de Infraestrutura	Sim	Diferenciado	Diferenciado	Sim	Sim	Diferenciado	Diferenciado
					Custo de Capital	Sim	Diferenciado	Diferenciado	Sim	Sim	Diferenciado	Diferenciado
					Custo de Capital	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	Uso do Serviço	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim				
	Comunicação	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim				
	Gestão Contábil	Mão de Obra	Salário	Sim	Diferenciado	Diferenciado	Sim	Sim	Diferenciado	Diferenciado		
			Encargos	Sim	Diferenciado	Diferenciado	Sim	Sim	Diferenciado	Diferenciado		
			Benefícios	Sim	Diferenciado	Diferenciado	Sim	Sim	Diferenciado	Diferenciado		
			Desenvolvimento de Tecnologia			Não	Não	Não	Não	Não	Não	
	Atividades Primárias	Logística Interna	Manuseio do Pneu Inservível	Mão de Obra	Salário	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não
					Encargos	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não
				Benefícios	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não	
				Armazenamento do Pneu Inservível	Instalação Física	Custo de Armazenagem	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não
					Custo de Estoque	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	
Operações		Processamento do Pneu Inservível	Equipamento	Custo de Capital	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não	
				Custo de Manutenção	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não	
				Custo de Operação	Sim	Mais Alto ³	Mais Alto	Sim	Sim	Mais Alto	Mais Alto	
				Custo de Infraestrutura	Sim	Mais Baixo ³	Mais Baixo	Sim	Sim	Mais Baixo	Mais Baixo	
Logística Externa		Coleta - Carregamento/ Descarregamento	Mão de Obra	Salário	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não	
	Encargos			Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não		
	Benefícios			Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não		
	Custo Fixo			Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim		
	Custo Variável			Sim	Mais alto	Mais alto	Sim	Sim	Mais Alto	Mais Alto		
	Custo de Armazenagem			Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não		
Marketing e Vendas	Coleta do Pneu Inservível - Transporte	Veículo de Coleta	Custo de Estoque	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim		
			Armazenamento do Pneu Processado	Instalação Física	Custo de Estoque	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	
			Processamento de Pedidos	Serviço de NF Eletrônica	Uso do Serviço	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	
			Transferência do Pneu Processado para Uso Final	Mão de Obra	Serviços Prestados	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	
				Custo Fixo	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim		
				Custo Variável	Sim	Mais alto	Mais alto	Sim	Sim	Mais alto		
				Salário	Sim	Diferenciado	Diferenciado	Sim	Sim	Diferenciado		
				Encargos	Sim	Diferenciado	Diferenciado	Sim	Sim	Diferenciado		
				Benefícios	Sim	Diferenciado	Diferenciado	Sim	Sim	Diferenciado		
				Divulgação	Não	Não	Não	Não	Não	Não		
				Venda de Coproduto (Aço)	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim		
Usuário do Resíduo	Atividades de Apoio	Desenvolvimento de Tecnologia	Adaptação dos Fornos		Não	Não	Não	Não	Não	Não		
		Aquisição	Compra de Insumos - (Coque de Petróleo)	Coque de Petróleo	Coque de Petróleo	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	

¹ O "Sim" significa que foram mantidos os valores da composição base; ² O "Diferenciado" significa que houve redução no número de funcionários considerados; ³ o termo "mais baixo" significa que foi adotado um custo mais baixo do que o considerado na composição base e o termo "mais alto" significa que foi adotado um custo mais alto do que o considerado na composição base.

Fonte: Elaboração própria.

Para ampliar a análise de sensibilidade optou-se por analisar cada uma das 6 composições considerando três diferentes premissas de distribuição das margens de lucro: (1) onde se considera a margem do gerador e do reciclador igual a da situação base, revertendo o benefício obtido por meio da redução de custo para o usuário do resíduo, (2) onde se considera que a redução de custo do usuário de resíduo é igual a considerada na situação base, revertendo o benefício obtido por meio da redução de custo para o gerador e para o reciclador e (3) onde se busca equilibrar os benefícios obtidos por meio da redução de custo entre os elementos da cadeia de suprimento (gerador, reciclador e usuário do resíduo).

Sendo Assim, elaborou-se 18 situações considerando as seis composições de custo apresentadas na Tabela 5.1 e cada uma das três premissas apresentadas acima, conforme Tabela 5.2

Cabe destacar que para o valor de compra do coque de petróleo, em todas as situações, considerou-se o valor médio de R\$ 378,58.

Tabela 5.2: Comparação dos resultados das situações analisadas – preço médio do coque de petróleo.

Situação Analisada	Composição de Custos Adotada	Premissa de Distribuição das Margens de Lucro	Pneu Inservível Inteiro (R\$/pneu)	Pneu Inservível Processado (R\$/t)	Coque de Petróleo (R\$/t)	Redução de Custo (%)	Margem do Gerador (%)	Margem do Reciclador (%)	Margem do Usuário do Resíduo (%)	Margem do Gerador (R\$/pneu)	Margem do Reciclador (R\$/t)	Margem do Usuário do Resíduo (R\$/t)
Situação Base	Composição Base	-	1,97	373,99	378,58	-	1,71%	1,71%	1,21%	0,03	4,59	4,59
Situação 1	Composição 1	1	1,97	332,26	378,58	11,2%	1,71%	1,71%	12,23%	0,03	3,99	46,31
Situação 2	Composição 1	2	2,22	373,99	378,58	0,0%	14,48%	14,48%	1,21%	0,28	33,84	4,59
Situação 3	Composição 1	3	2,11	357,21	378,58	4,5%	9,12%	9,12%	5,64%	0,18	21,36	21,36
Situação 4	Composição 2	1	1,97	355,72	378,58	4,9%	1,71%	1,71%	6,04%	0,03	4,32	22,86
Situação 5	Composição 2	2	2,07	373,99	378,58	0,0%	6,93%	6,93%	1,21%	0,13	17,57	4,59
Situação 6	Composição 2	3	2,03	365,91	378,58	2,2%	4,61%	4,61%	3,35%	0,09	11,68	12,67
Situação 7	Composição 3	1	-	316,72	378,58	15,3%	-	1,71%	16,34%	-	4,58	61,85
Situação 8	Composição 3	2	-	373,99	378,58	0,0%	-	20,09%	1,21%	-	53,94	4,59
Situação 9	Composição 3	3	-	347,80	378,58	7,0%	-	11,44%	8,13%	-	30,78	30,78
Situação 10	Composição 4	1	1,97	365,44	378,58	2,3%	1,71%	1,71%	3,47%	0,03	4,47	13,14
Situação 11	Composição 4	2	2,02	373,99	378,58	0,0%	4,08%	4,08%	1,21%	0,08	10,69	4,59
Situação 12	Composição 4	3	2,00	370,74	378,58	0,9%	2,98%	2,98%	2,07%	0,06	7,83	7,83
Situação 13	Composição 5	1	-	274,67	378,58	26,6%	-	1,71%	27,45%	-	3,97	103,91
Situação 14	Composição 5	2	-	373,99	378,58	0,0%	-	38,48%	1,21%	-	89,59	4,59
Situação 15	Composição 5	3	-	327,12	378,58	12,5%	-	21,11%	13,59%	-	49,15	51,46
Situação 16	Composição 6	1	-	299,14	378,58	20,0%	-	1,71%	20,98%	-	4,32	79,44
Situação 17	Composição 6	2	-	373,99	378,58	0,0%	-	27,15%	1,21%	-	68,85	4,59
Situação 18	Composição 6	3	-	338,86	378,58	9,4%	-	15,20%	10,49%	-	38,54	39,71

Fonte: Elaboração própria.

Discussão dos Resultados da Análise de Sensibilidade

Analisando a Tabela 5.2 pode-se verificar que a situação que proporciona melhor benefício de forma equilibrada, onde o gerador e o reciclador possuem a mesma margem de lucro e o usuário do resíduo tem uma redução de custo igual ao lucro obtido

pelo reciclador, para todos os elementos da cadeia de suprimento é a situação 3, seguida pela situação 6. Em ambas, desconsidera-se toda a infraestrutura, equipamentos e mão de obra necessários para o processamento do pneu inservível, obtendo assim uma redução de custo de 12,0% e 4,6%, respectivamente.

Dentre as 18 situações analisadas a situação 12 é a que apresenta menor benefício para todos os elementos da cadeia de suprimento. Nesta situação considerou-se apenas a troca do veículo novo, utilizado para coleta, por um veículo mais antigo. Desse modo, a redução de custo percebida foi de 2,1%, visto que ao adquirir um veículo mais antigo obteve-se uma redução no custo fixo (custo de capital) e um aumento no custo variável, influenciado principalmente pelo custo de manutenção.

Dentre as situações que desconsideram os custos e margens do gerador, verifica-se que as situações 15 e 18 são as que melhor distribuem os benefícios obtidos com a redução de custo (26,1% e 19,8%) entre o reciclador e o usuário do resíduo.

Cabe destacar, que desconsiderar os custos inerentes ao gerador e não ressarcir-lo pelo pneu inservível coletado pode minimizar a regularidade de oferta de pneus inservíveis, o que pode gerar uma queda no nível de serviço oferecido ao usuário do resíduo.

As composições de custo 5 e 6 são as que mais se assemelham a operação realizada pela Reciclanip apresentada no Item 2.2.1 do Capítulo 2. Ao analisar os resultados obtidos nas situações derivadas destas composições de custo (situações 13 a 18), verifica-se que tanto o reciclador (Reciclanip) quanto do usuário do resíduo (fabrica de cimento) poderiam obter um benefício financeiro em média de R\$ 44,05 por tonelada.

Além da análise apresentada na Tabela 5.2, realizou-se também uma análise que compara o resultado de cada um das 18 situações apresentadas acima com o preço máximo (Tabela 5.3) e com o preço mínimo do coque de petróleo (Tabela 5.4).

Desta forma, a Tabela 5.3 apresenta o resultado das situações de 1 a 18, considerando o valor máximo do coque de petróleo (R\$ 447,55). Nas situações 1, 4, 7, 10, 13 e 16 foram mantidas as margens de lucro (1,71%) adotadas no caso base para o gerador e para o reciclador. Nas situações 2, 5, 8, 11, 14 e 17 manteve-se o percentual de redução de custo (1,21%) sobre o valor do preço do coque de petróleo. Nas situações 3, 6, 9, 12, 15 e 18 buscou-se equilibrar os benefícios financeiros entre os elementos da cadeia de suprimento analisados (gerador, reciclador e usuário do resíduo).

Pode-se verificar que se comparado com o preço máximo do coque de petróleo os benefícios financeiros obtidos pelos diferentes elementos da cadeia de suprimento em estudo aumentam consideravelmente. Isto pode ser verificado ao se comparar os benefícios financeiros obtidos na situação 3 quando se utiliza o preço médio do coque de petróleo (R\$ 0,18 por pneu para o gerador e R\$ 21,36 por tonelada para o reciclador e para o usuário final) e quando se utiliza o preço máximo do coque de petróleo (R\$ 0,42 por pneu para o gerador e R\$ 50,41 por tonelada para o reciclador e para o usuário final).

Tabela 5.3: Comparação dos resultados das situações analisadas – preço máximo do coque de petróleo

Situação Analisada	Composição de Custos Adotada	Premissa de Distribuição das Margens de Lucro	Pneu Inservível Inteiro (R\$/pneu)	Pneu Inservível Processado (R\$/t)	Coque de Petróleo (R\$/t)	Margem do Gerador (%)	Margem do Reciclador (%)	Margem do Usuário do Resíduo (%)	Margem do Gerador (R\$/pneu)	Margem do Reciclador (R\$/t)	Margem do Usuário do Resíduo (R\$/t)
Situação Base	Composição Base	-	1,97	373,31	447,55	1,71%	1,71%	16,59%	0,03	4,59	74,24
Situação 1	Composição 1	1	1,97	332,28	447,55	1,71%	1,71%	25,76%	0,03	4,00	115,27
Situação 2	Composição 1	2	2,62	442,13	447,55	35,34%	35,34%	1,21%	0,68	82,60	5,42
Situação 3	Composição 1	3	2,36	397,14	447,55	21,57%	21,57%	11,26%	0,42	50,41	50,41
Situação 4	Composição 2	1	1,97	356,00	447,55	1,71%	1,71%	20,46%	0,03	4,34	91,55
Situação 5	Composição 2	2	2,45	442,13	447,55	26,32%	26,32%	1,21%	0,51	66,81	5,42
Situação 6	Composição 2	3	2,25	406,55	447,55	16,15%	16,15%	9,16%	0,31	41,00	41,00
Situação 7	Composição 3	1	-	316,74	447,55	-	1,71%	29,23%	-	4,59	130,81
Situação 8	Composição 3	2	-	442,13	447,55	-	41,98%	1,21%	-	112,69	5,42
Situação 9	Composição 3	3	-	384,52	447,55	-	23,48%	14,08%	-	63,03	63,03
Situação 10	Composição 4	1	1,97	365,46	447,55	1,71%	1,71%	18,34%	0,03	4,48	82,09
Situação 11	Composição 4	2	2,38	442,13	447,55	23,05%	23,05%	1,21%	0,45	60,36	5,42
Situação 12	Composição 4	3	2,21	410,35	447,55	14,20%	14,20%	8,31%	0,28	37,20	37,20
Situação 13	Composição 5	1	-	275,71	447,55	-	1,71%	38,40%	-	4,00	171,84
Situação 14	Composição 5	2	-	442,13	447,55	-	63,11%	1,21%	-	147,47	5,42
Situação 15	Composição 5	3	-	365,85	447,55	-	34,96%	18,26%	-	81,70	81,70
Situação 16	Composição 6	1	-	365,85	447,55	-	1,71%	18,26%	-	4,34	81,70
Situação 17	Composição 6	2	-	442,13	447,55	-	50,19%	1,21%	-	127,36	5,42
Situação 18	Composição 6	3	-	376,64	447,55	-	27,94%	15,84%	-	70,91	70,91

Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 5.4 apresenta o resultado das situações de 1 a 18, considerando o valor mínimo do coque de petróleo (R\$ 309,60). Da mesma forma que na análise anterior, nas situações 1, 4, 7, 10, 13 e 16 foram mantidas as margens de lucro (1,71%) adotadas no caso base para o gerador e para o reciclador. Nas situações 2, 5, 8, 11, 14 e 17 manteve-se o percentual de redução de custo (1,21%) sobre o valor do preço do coque de petróleo. Nas situações 3, 6, 9, 12, 15 e 18 buscou-se equilibrar os benefícios ou prejuízos financeiros entre os elementos da cadeia de suprimento analisados (gerador,

reciclador e usuário do resíduo)

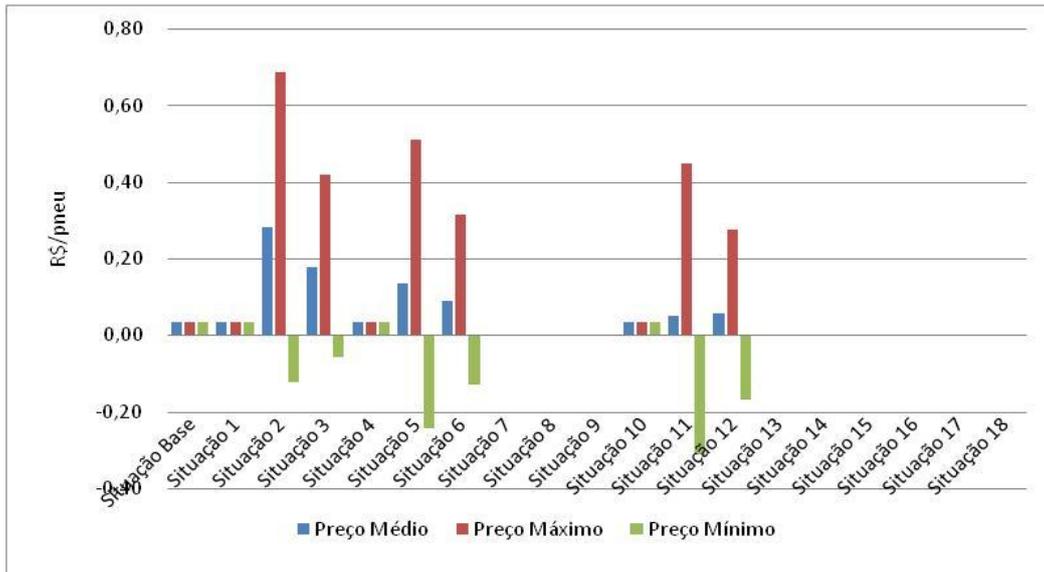
Pode-se verificar que ao comparar o preço do pneu processado com o preço mínimo do coque de petróleo, só é possível obter algum benefício financeiro para os elementos da cadeia nas situações 13 a 18. Nos demais casos, inclusive na situação base, pode-se verificar que o preço do pneu processado não consegue ser competitivo com o preço do coque de petróleo.

Tabela 5.4: Comparação dos resultados das situações analisadas – preço mínimo do coque de petróleo

Situação Analisada	Composição de Custos Adotada	Premissa de Distribuição das Margens de Lucro	Pneu Inservível Inteiro (R\$/pneu)	Pneu Inservível Processado (R\$/t)	Coque de Petróleo (R\$/t)	Margem do Gerador (%)	Margem do Reciclador (%)	Margem do Usuário do Resíduo (%)	Margem do Gerador (R\$/pneu)	Margem do Reciclador (R\$/t)	Margem do Usuário do Resíduo (R\$/t)
Situação Base	Composição Base	-	1,97	373,31	309,60	1,71%	1,71%	-20,58%	0,03	4,59	-63,71
Situação 1	Composição 1	1	1,97	332,28	309,60	1,71%	1,71%	-7,32%	0,03	4,00	-22,68
Situação 2	Composição 1	2	1,81	305,85	309,60	-6,38%	-6,38%	1,21%	-0,12	-14,91	3,75
Situação 3	Composição 1	3	2,05	316,73	309,60	-3,05%	-3,05%	-2,30%	-0,06	-7,13	-7,13
Situação 4	Composição 2	1	1,97	355,73	309,60	1,71%	1,71%	-14,90%	0,03	4,34	-46,13
Situação 5	Composição 2	2	1,70	305,85	309,60	-12,55%	-12,55%	1,21%	-0,24	-31,83	3,75
Situação 6	Composição 2	3	1,81	326,48	309,60	-6,66%	-6,66%	-5,45%	-0,13	-16,88	-16,88
Situação 7	Composição 3	1	-	322,30	309,60	1,71%	1,71%	-4,10%	-	4,67	-12,70
Situação 8	Composição 3	2	-	305,85	309,60	-3,48%	-3,48%	1,21%	-	-9,50	3,75
Situação 9	Composição 3	3	-	312,97	309,60	-1,23%	-1,23%	-1,09%	-	-3,37	-3,37
Situação 10	Composição 4	1	1,97	371,05	309,60	1,71%	1,71%	-19,85%	0,03	4,56	-61,45
Situação 11	Composição 4	2	1,63	305,85	309,60	-16,16%	-16,16%	1,21%	-0,31	-43,08	3,75
Situação 12	Composição 4	3	1,77	332,91	309,60	-8,74%	-8,74%	-7,53%	-0,17	-23,31	-23,31
Situação 13	Composição 5	1	-	274,68	309,60	-	1,71%	11,28%	-	3,98	34,92
Situação 14	Composição 5	2	-	305,85	309,60	-	13,25%	1,21%	-	30,86	3,75
Situação 15	Composição 5	3	-	291,30	309,60	-	7,86%	5,91%	-	18,30	18,30
Situação 16	Composição 6	1	-	299,15	309,60	-	1,71%	3,37%	-	10,11	10,45
Situação 17	Composição 6	2	-	305,85	309,60	-	3,99%	1,21%	-	10,11	3,75
Situação 18	Composição 6	3	-	302,43	309,60	-	2,83%	2,31%	-	7,17	7,17

Fonte: Elaboração própria.

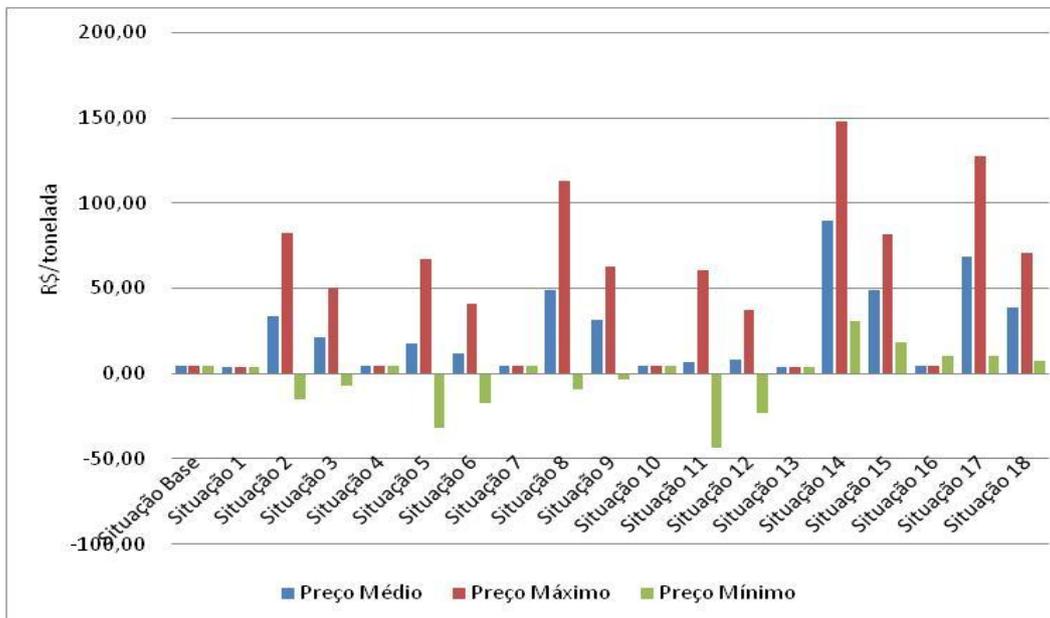
Na Figura 5.1 pode-se verificar a variação da margem de lucro (R\$/pneu) obtida para o gerador na situação base e em cada uma das 18 situações analisadas, considerando o preço do coque médio, máximo e mínimo.



Fonte:Elaboração própria.

Figura 5.1: Variação na margem de lucro do gerador.

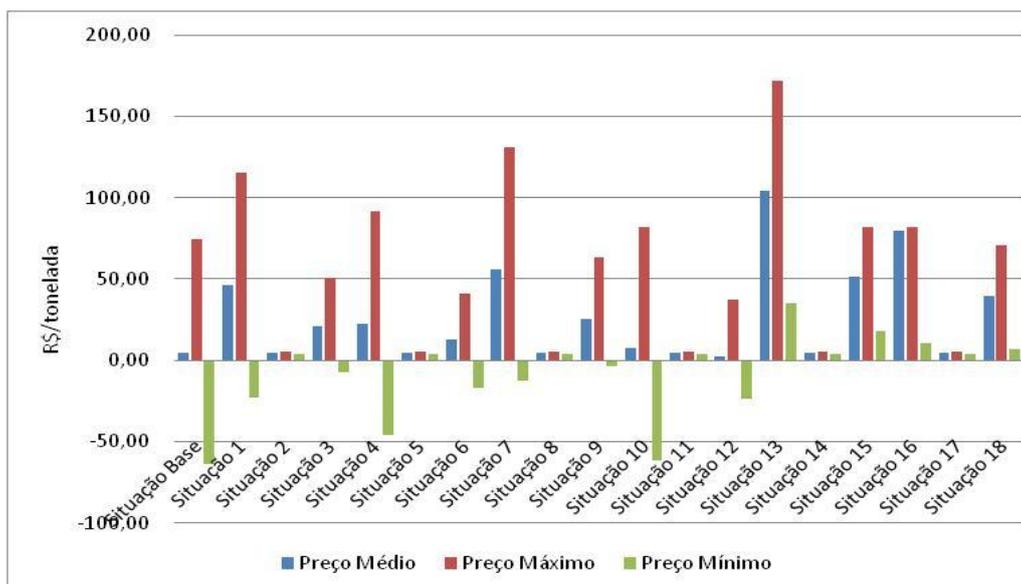
A variação da margem de lucro (R\$/tonelada) obtida para o reciclador na situação base e em cada uma das 18 situações analisadas, considerando o preço do coque médio, máximo e mínimo, pode-se ser verificada na Figura 5.2.



Fonte:Elaboração própria.

Figura 5.2: Variação na margem de lucro do reciclador.

Na Figura 5.3 tem-se a variação na redução de custo obtida pelo usuário do resíduo. Foram consideradas a situação base, além das 18 situações analisadas, considerando o preço do coque médio, máximo e mínimo



Fonte:Elaboração própria.

Figura 5.3: Variação na redução de custo do usuário do resíduo.

Apesar da Tabela 5.4 apresentar apenas seis situações favoráveis, deve-se considerar que os preços do pneu processado e do coque de petróleo não incluem impostos. No caso do coque de petróleo os impostos a serem considerados são PIS (2,25%), COFINS (7,0%) e ICMS (12% a 18%). A Tabela 5.5 apresenta o preço do coque de petróleo acrescido de um preço médio de frete e dos impostos.

Tabela 5.5: Preço do coque de petróleo com impostos.

	Preço do Coque de Petróleo		
	Mínimo	Médio	Máximo
Coque de Petróleo (USD/t)	160,00	195,00	230,00
Cotação do Dólar (R\$)	1,69	1,69	1,69
Coque de Petróleo (R\$/t)	269,60	328,58	387,55
Valor do Frete (R\$/t)	40,00	50,00	60,00
PIS e COFINS (9,25%)	24,94	30,39	35,85
ICMS (12%)	32,35	39,43	46,51
Valor de Compra (R\$/t)	366,89	448,40	529,90

Fonte: Elaboração própria com base em FREITAS (2011), CACHIOLO (2011b), NTC (2011) e PETROBRÁS (2011).

Se considerada a possibilidade do preço do pneu processado ser isento de impostos estaduais e federais, verifica-se que é possível o pneu processado obter vantagem de custo em relação ao coque de petróleo com preço mínimo em todas as situações, com exceção da situação base e da situação 10. Em relação a situação 10, se

forem alteradas as margens de lucro do gerador e do reciclador de 1,71% para 0,33% torna-se possível obter uma redução de 0,24% para o usuário do resíduo. Na situação base, no entanto, mesmo desconsiderando as margens de lucro do gerador e do reciclador não é possível obter um preço para o pneu processado que seja competitivo com o coque de petróleo com preço mínimo.

A isenção de impostos para o pneu processado pode ser justificada pelo benefício sócio-ambiental obtido ao se estimular a correta destinação dos pneus inservíveis.

Com relação aos benefícios sociais, verifica-se que esta pode ser uma atividade que se sustenta. Se mantidas as proporções de emprego e renda gerados na situação base, verifica-se, que para a destinação de 39.965 toneladas de pneu inservível não destinadas adequadamente em 2010, um potencial de geração de aproximadamente 190 empregos e uma geração de renda de aproximadamente 2,3 milhões de reais por ano. Neste contexto, deve-se considerar também, o valor gerado em impostos trabalhistas de aproximadamente 814 mil reais por ano.

Atualmente, a destinação de pneus inservíveis realizada pela Reciclanip gera custos, mas até onde se conseguiu verificar nenhuma receita. Se considerada a cadeia de valor analisada na situação 16 com os custos de coleta (R\$46,27/tonelada), custo de processamento (R\$120,00/tonelada), custo de transferência (R\$68,96/tonelada) e acrescentarmos o custo de destinação (R\$50,00/tonelada), estima-se que a Reciclanip incorra em um custo de aproximadamente R\$ 285,23 para cada tonelada de pneu inservível destinada.

Sendo assim, estima-se que o custo de destinação de pneus inservíveis em 2010 tenha sido de aproximadamente 88 milhões de reais. No entanto, se considerada a hipótese verificada na situação prática analisada neste trabalho, verifica-se a possibilidade de, por meio da substituição do pneu inservível em algum ciclo produtivo, se obter uma receita estimada de 105 milhões de reais. Esta receita seria suficiente para cobrir os custos necessários à destinação do pneu inservível (88 milhões de reais), e ainda obter uma margem de lucro de 16 milhões de reais.

Além disso, ao reciclar os pneus inservíveis evita-se que estes sejam destinados de forma inadequada, reduzindo assim, a ocorrência de doenças como a dengue e melhorando a qualidade de vida da população. Já com relação aos benefícios ambientais tem-se que o descarte inadequado de pneus inservíveis, quando queimados a céu aberto,

as emissões atmosféricas podem causar poluição do ar e os resíduos da queima podem causar poluição da água e do solo.

5.2. Considerações Finais

Neste capítulo apresentou-se a análise de diferentes situações elaboradas a partir da situação base apresentada no Capítulo 4. Foi possível verificar que o pneu processado pode ser competitivo em relação ao coque de petróleo, mesmo se considerado o preço mínimo deste insumo.

Foram analisadas diferentes estratégias de redução de custo, destacando-se aquelas que podem oferecer melhor benefício financeiro para todos os elementos da cadeia.

O ponto crítico para a utilização do pneu processado como substituto parcial do coque de petróleo é o valor de venda praticado para o coque de petróleo, pois um preço muito baixo pode inviabilizar esta substituição. Visando minimizar esta possibilidade sugere-se que a isenção de impostos estaduais e/ou federais para o pneu processado seja considerada.

Como limitação destaca-se o fato de que atualmente o usuário do resíduo é pago para utilizar o pneu processado como substituto ao coque de petróleo. Desta forma, ainda que seja apresentado a ele um benefício financeiro em relação ao preço do coque de petróleo, este pode considerar a compra do pneu processado como uma alternativa não atrativa.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS, LIMITAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir da revisão bibliográfica nacional e internacional apresentada no Capítulo 2 foi possível compreender melhor o processo de gestão da cadeia logística reversa do pneu inservível e suas principais destinações.

Com base no conhecimento adquirido nesta pesquisa elaborou-se um modelo conceitual para a cadeia logística reversa do pneu inservível que considera os principais elementos do setor e que se mostrou adequado a realidade brasileira.

No Capítulo 3 apresentou-se os conceitos de análise da cadeia de valor e suas potenciais aplicações. Por meio da pesquisa elaborada foi possível verificar que apesar de, usualmente, este método estar associado a um ambiente empresarial e competitivo, é possível aplicá-lo também a cadeias logísticas reversas, objetivando verificar se o resíduo analisado possui vantagem de custo ou de diferenciação sobre a matéria prima que pode substituir. Porém, não se encontrou aplicação específica para o caso dos pneus inservíveis o que pode indicar que este trabalho trata-se de contribuição inédita ao tema.

Com base no conhecimento adquirido por meio da pesquisa bibliográfica elaborada sobre a ferramenta de análise da cadeia de valor (Capítulo 3) foi possível estruturar um método que pode ser aplicado na análise de valor de cadeias logísticas diretas e reversas, principal contribuição desta dissertação.

Como argumentos para a utilização de tal método pode-se citar a melhoria dos processos existentes ao longo da cadeia de suprimento, com o objetivo de redução de custo e/ou criação de valor para o cliente. No que tange a cadeias logísticas reversas, a utilização do método de análise da cadeia de valor permite verificar a potencialidade de reintrodução de determinado resíduo em alguma cadeia produtiva.

Com o objetivo de avaliar o modelo conceitual da cadeia logística do pneu inservível apresentado no Capítulo 2 e método de análise da cadeia de valor elaborado no Capítulo 3, foi realizada uma aplicação deste a cadeia logística reversa do pneu inservível no Capítulo 4.

Verificou-se que o modelo conceitual elaborado adéqua-se a realidade do Estado do Rio de Janeiro, podendo ser adaptado a situações específicas quando necessário. Foi possível também, por meio da aplicação apresentada no Capítulo 4, verificar a aplicabilidade do método à cadeia logística reversa do pneu inservível. Neste sentido, acredita-se que este possa, também, ser aplicado a outros tipos de resíduos.

Além disso, foi possível comprovar a hipótese deste trabalho de que o método de análise da cadeia de valor poderia auxiliar a identificar e melhor distribuir os benefícios financeiros ao longo da cadeia logística reversa do pneu inservível.

Usualmente, o pneu inservível é tido como um resíduo de valor negativo, não gerando receita ao ser reintroduzido no ciclo produtivo. No entanto, por meio da aplicação realizada neste trabalho pôde-se verificar que é possível utilizar o pneu inservível como substituto ao coque de petróleo para co-processamento em fábricas de cimento, de forma a remunerar todos os elementos da cadeia. Cabe ressaltar, que não foi realizada uma análise de viabilidade econômica/financeira da cadeia logística reversa do pneu inservível e que, portanto não é possível afirmar que o empreendimento descrito no Capítulo 4 é financeiramente viável e atrativo a todos os elementos da cadeia.

Tal remuneração permite ao gerador e reciclador, na maioria das situações analisadas nos Capítulos 4 e 5, não só cobrir os custos inerentes as atividades de valor realizadas ao longo da cadeia, mas também proporciona a estes uma margem de lucro. É possível também proporcionar ao usuário do resíduo uma redução de custo se comparado ao valor de aquisição do coque de petróleo.

A possibilidade de gerar algum benefício financeiro não apenas para o usuário do resíduo e para o reciclador, mas também para o gerador do resíduo permite aumentar a atração de pneus inservíveis para a cadeia de suprimento, o que pode proporcionar maior regularidade na oferta de pneus processados e melhor nível de serviço ao usuário do resíduo.

Em virtude dos resultados obtidos no Capítulo 4, optou-se por realizar uma análise de sensibilidade quanto à redução de custo no Capítulo 5. Nesta análise foram elaboradas, a partir da situação base apresentada no Capítulo 4, diferentes situações com o objetivo de se avaliar o comportamento dos resultados obtidos por meio da análise da cadeia de valor da cadeia logística reversa de pneus inservíveis.

Foram analisadas 6 composições de itens de custo, cada uma considerando 3 diferentes premissas de distribuição de margem de lucro, totalizando 18 situações analisadas. Estas situações foram analisadas, também, considerando os diferentes preços de compra do coque de petróleo (mínimo, médio e máximo).

Como item crítico destaca-se as situações em que se utiliza para comparação com o preço do pneu processado o preço mínimo de compra do coque de petróleo. Nestes casos, verificou-se que somente se viabilizam as situações em que se

desconsidera os custos e margem inerentes ao gerador e se reduz o custo do reciclador terceirizando a atividade de processamento do pneu inservível.

No entanto, foi possível perceber que se concedida isenção de impostos para o pneu processado este problema pode ser minimizado. Tal isenção pode ser justificada se forem considerados os benefícios sócio-ambientais obtidos ao se estimular a correta destinação dos pneus inservíveis.

Neste contexto pode-se destacar como benefícios sociais a geração de cerca de 191 empregos e de aproximadamente 2.3 milhões de reais de renda, se considerado os 11,6% de pneus inservíveis não destinados pela Reciclanip no ano de 2010. Além disso, deve destacar que ao destinar os pneus inservíveis de forma adequada minimiza-se a possibilidade destes transformarem-se em focos de insetos e roedores, propiciando o desenvolvimento de doenças como a dengue, a febre amarela, leptospirose e malária e reduz-se o custo com saúde pública.

Se considerada a possibilidade de queima dos pneus inservíveis a céu aberto, destaca-se como benefícios ambientais a redução da poluição do ar causada pelas emissões atmosféricas e a redução da poluição da água e do solo, causados pelos resíduos de queima.

Quanto ao percentual de pneus inservíveis já destinados corretamente, atualmente a Reciclanip responsabiliza-se pelos custos de tal destinação, não possuindo, no entanto, uma remuneração pela reintrodução do pneu inservível no ciclo produtivo. Desta forma, verifica-se a possibilidade de tornar este um processo sustentável, por meio da remuneração obtida com a utilização do pneu inservível como substituto de matéria prima.

Como limitações destaca-se que os resultados apresentados no Capítulo 4 e 5 refletem apenas a aplicação realizada, podendo não representar a realidade para outras situações. A análise realizada restringiu-se ao caso apresentado que considera geradores conhecidos com geração de pneus inservíveis regular.

Como principal limitação a utilização do pneu inservível como substituto ao coque de petróleo, destaca-se o fato de que atualmente as fábricas de cimento costumam ser pagas para dar destinação a este resíduo. Sendo assim, ainda que seja oferecido a estas uma redução de custo em relação ao preço de compra do coque esta pode não se mostrar uma alternativa atrativa.

Em relação à destinação final analisada neste trabalho, é importante salientar que o fato desta ter sido escolhida não representa que esta seja a melhor opção para

destinação dos pneus inservíveis gerados em território nacional. Optou-se por utilizar este uso final, visto que este tem se apresentado como o mais utilizado, não só no Brasil, mas também em todo o mundo. Também não foram considerados os impactos ambientais gerados ao se utilizar o do pneu inservível para co-processamento em fábricas de cimento.

Como dificuldade, destaca-se a obtenção de dados, muitas vezes considerados confidenciais pelas organizações, o que leva a uma limitação quanto a sua consistência.

Como proposição para trabalhos futuros sugere-se seja realizada uma análise da cadeia de valor que considere não apenas uma análise de custo, mas também uma análise de diferenciação.

Para trabalhos complementares a este, sugere-se que seja realizado um estudo comparativo das emissões atmosféricas geradas nas fábricas de cimento ao se utilizar o coque de petróleo e ao se utilizar o pneu inservível, com o objetivo de se verificar se esta se apresenta como uma solução ambientalmente satisfatória.

Sugere-se também, que o método de análise da cadeia de valor seja aplicado a outras situações com o intuito de se verificar se os resultados obtidos serão semelhantes aos apresentados nos Capítulos 4 e 5. Uma aplicação que utilize como gerador os borracheiros do Município do Rio de Janeiro pode indicar se uma maior dispersão e irregularidade na geração de pneus inservíveis impedem que o pneu inservível obtenha vantagem de custo em relação ao coque de petróleo.

Uma análise mais detalhada dos destinos considerados no Capítulo 2 poderia ser realizada com o objetivo de se verificar quais demais produtos podem ser substituídos pelo pneu inservível, qual a proporção de substituição e o seu valor de mercado. Desse modo pode-se verificar qual o destino final que se apresenta mais favorável a destinação do pneu inservível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALIPUR (2009) Principais dados – 2009 -Aliapur otimiza sua organização operacional. Aliapurs' Activity Report. Disponível em <www.alipur.fr>. Data de acesso: 17/05/2010.
- ALIPUR (2010) Informações sobre a empresa e o gerenciamento de pneus inservíveis operado pela Aliapur, na França. Disponível em <http://www.aliapur.fr/modules/movie/scenes/home/index.php?FUSEBOX_LANG=2>. Data de acesso: 12/03/2010.
- ALMEIDA, J. W. (2011) *Informação sobre equipamentos para trituração de pneus inservíveis*. Funcionário da empresa Ability Equipamentos. Comunicação via email.
- AMERICANAS (2011) *Informações sobre preço de equipamentos*. Disponível na URL< http://www.americanas.com.br/produto/7219672/eletrodomesticos/splits/7.000a12.000btus/condicionador-de-ar-split-12.000-btus-frio-branco-220v-comfee> Acesso em Fev/2011.
- ANDRADE, H.S. (2007) *Pneus Inservíveis: Alternativas Possíveis de Reutilização*. Monografia. Departamento de Ciências Econômicas.Universidade Federal de Santa Catarina, SC.
- ANIP (2010) *Informação sobre a fabricação de pneus novos*. Associação Nacional das Indústrias de Pneumáticos (ANIP). Disponível em < http://www.anip.com.br/?cont=fabricacao>. Data de acesso: 10/11/2009.
- ANIP (2011) *Informação sobre a venda de pneus novos para o mercado de reposição*. Associação Nacional das Indústrias de Pneumáticos (ANIP). Disponível em < http://www.anip.com.br/?cont=conteudo&area=32&titulo_pagina=Produção>. Data de acesso: mar/2011.
- ANP (2011) *Informações sobre preço do barril de petróleo no período de 2000 a 2009*. ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Anuário da ANP 2010.
- ATECH GROUP (2001) *A National Approach to Waste Tyres*. Publication of the Commonwealth Department of Environment © 2001 ISBN 0 642 54749 1.
- AZDEQ (2000) *Waste Tire Annual Report*. Arizona Department of Environmental Quality (AZDEQ). Disponível em <www.azdeq.gov/function/forms/download/2001/tire.pdf>. Data de acesso:13/05/2010.
- BALLOU, R.H. (2001) *Gerenciamento da cadeia de suprimento*. Planejamento, organização e logística empresarial. 4 ed. Bookman. Porto Alegre.
- BEUKERING, P.J.H., JANSSEN, M.A. (2001) *Trade and recycling of used tyres in Western and Eastern Europe*. Resources, Conservation and Recycling. P.235-265.
- BITTENCOURT, A.C.B. (2010) *Informações sobre a instituição Bittencourt Reciclagem de Pneus e Borrachas Inservíveis*. Diretor geral. Comunicação pessoal em 30/04/2010.
- BOJENKI, D., DONG, Y., GABRINI, J., MITCHELL, A., SEABOYER, M. (2008) *Waste Tire Management in Nova Scotia*. Dalhousie University.
- BRASIL (1996) *Dispõe sobre o regime tributário das microempresas e das empresas de pequeno porte*. LEI Nº 9.317, de 5 de dezembro de 1996. DOU 06/12/96, pág. 25.973/7 .Disponível em < http://www.receita.fazenda.gov.br/legislacao/leis/ant2001/lei931796.htm>. Acesso em mar/2011.

- BRASIL (2009) *Lei nº 5.627, de 28 de dezembro de 2009. Institui Pisos Salariais, no âmbito do Estado do Rio de Janeiro Para as Categorias Profissionais que Menciona e Estabelece Outras Providências*. DOE de 28.12.2009. Disponível em < http://www.informanet.com.br/piso_rj.html>. Acesso em 07/02/2011.
- BRASIL (2011) *Dispõe sobre o valor do salário mínimo em 2011 e a sua política de valorização de longo prazo*. LEI Nº 12.382, de 25 de fevereiro de 2011. DOU 28/02/2011. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2011/Lei/L12382.htm>. Acesso em 07/03/2011.
- CACHIOLO, A. D. (2011a) *Informações sobre custo fixo e variável de veículos*. Diretor da Replace Transportadora Ltda. Contato por email.
- CACHIOLO, A. D. (2011b) *Informação sobre valor de frete*. Diretor da Replace Transportadora Ltda. Contato por email.
- CASAS BAHIA (2011) *Informações sobre preço de equipamentos*. Disponível na URL < <http://busca.casasbahia.com.br/>> Acesso em Fev/2011.
- CHAVES, G. E MARTINS, R. S. (2004) *Logística Reversa como Vantagem Competitiva às Empresas: Discussão Teórica e o Potencial para a Cadeia de Suprimentos de Alimentos Processados*. RIRL2004 – Congresso Internacional de Pesquisa em Logística.
- CAPOVILLA, M. (2010) *Informações sobre a instituição Mazola Comércio, Logística e Reciclagem Ltda*. Funcionário da empresa. Comunicação por telefone em 12/05/2010.
- CATRA (2006) *Scrap Tire Recycling in Canada - From Scrap to Value*. Canadian Association of Tire Recycling Agencies (CATRA).
- CORBETTA, G. (2010) *Informações sobre o gerenciamento de pneus inservíveis efetuado pela Ecopneu*. Diretor Geral da Ecopneu. Comunicação por email em 12/03/2010.
- COSTA, M.S.V. (2007) *O Enfoque de ciclo de vida como estratégia para a gestão sustentável: um estudo de caso sobre pneus*. Dissertação de mestrado em Engenharia de produção. Universidade Federal do Rio de Janeiro. RJ.
- COSTA, L.M.G (2009) *Desenvolvimento de um modelo econômico – baseado no sistema depósito reembolsável – visando o equilíbrio entre a geração e a reciclagem do resíduo sólido pneu*. Tese de doutorado em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro. RJ.
- COMÉRCIO DE FERRO (2011) *Informações sobre preço de compra de sucata de aço*. Comércio de Ferro Nossa Senhora da Piedade Ltda.
- CRUZ, C. F. (2011) *Informações sobre encargos sócias*. CFC Assessoria Contábil.
- D'AGOSTO, M. (2005) *Dados consolidados a partir da declaração contábil das empresas de ônibus do Município do Rio de Janeiro*.
- D'AGOSTO, M e RIBEIRO, S.K. (2009) *Assessing total and renewable energy in Brazilian automotive fuels. A life cycle inventory (LCI) approach*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13 (2009) 1326–1337.
- DAHLSTRÖM, K., EKINS, P., HE, J., DAVIS, J. e CLIFT, R. (2004) *Iron, steel an aluminium in the UK: Material flows and their economic dimensions*. Final Project Report. Policy Studies Institute.

- DAHLSTRÖM, K., EKINS, P (2006) Combining economic and environmental dimensions: Value chain analysis of UK iron and steel flows. *Ecological economics*. 58 p. 507– 519.
- DAHLSTRÖM, K., EKINS, P (2007) Combining economic and environmental dimensions: Value chain analysis of UK aluminium flows. *Resources, conservation and recycling* . 51 p. 541– 560.
- DEAT (2009) *Waste Tyre Regulations – nº31901*. Department os Environmental Affairs and Tourism (DEAT).
- DEFRA (2005) *Tyre Disposal*. Disponível em <<http://www.defra.gov.uk/environment/waste/producer/tyres/index.htm>>. Data de acesso: 16/05/2010.
- DEFRA (2007) *Waste Strategy for England*. Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA). Disponível em <www.defra.gov.uk>. Data de acesso: 16/05/2010.
- ECOELASTIKA (2010) Informações sobre o gerenciamento de pneus inservíveis operado pela Ecoelastika, NA Grécia. Disponível em <<http://www.ecoelastika.gr/index.php?lang=en>>. Data de acesso: 16/05/2010.
- ECOVALOR (2007) El sistema integrado para la gestión de neumáticos usados. Ecovalor El boletim informativo de signus, nº49, maio/2007. Disponível em <<http://www.gremirecuperacio.org/15revista-ficha.asp?ficha=323>>, Data de acesso: 15/04/2010.
- ECOVALOR (2010) Entrevista com Justo de Benito, Secretario General de Calidad y Evaluación Ambiental de la Xunta de Galicia. Ecovalor El boletim informativo de signus, nº3, p. 4-5, mar/2010.
- ELETROBRÁS (2001) Manual de tarifação da energia elétrica. Procel – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica.
- EPA (1999) *State Scrap Tire Programs - A Quick Reference Guide: 1999 Update*. Environmental Protection Agency (EPA). Disponível em <<http://www.epa.gov>>. Data de acesso: 21/11/2009.
- ETRMA (2009) Annual Activity Report 2008-2009. European Tyre & Rubber manufacturers' commitment (ETRMA).
- ETRMA (2007) End of life tyres - A valuable resource with growing potential. European Tyre & Rubber manufacturers' commitment (ETRMA).
- EVANGELISTA, A. (2010) Informações sobre a instituição Tyre Eco. Gerente Administrativo. Comunicação por email em 04/05/2010.
- FERREIRA, C. (2010) *Informações sobre a instituição Xibiu Comércio e reciclagem de Pneus*. Gerente. Comunicação pessoal em 29/04/2010.
- FERREIRA, C., 2011. *Informações sobre manutenção de equipamentos de trituração de pneus inservíveis*. Xibiu Comércio e reciclagem de Pneus. Gerente. Comunicação pessoal em 29/01/2011.
- FERRAZ, M. (2010) *Informações sobre a instituição Ecobalbo Reciclagem de Pneus Ltda*. Funcionário da empresa. Comunicação por telefone em 12/05/2010.
- FERRÃO, P., RIBEIRO, P., SILVA, P. (2007) A management system for end-of-life tyres: A Portuguese case study. *Waste Management*. p. 604–614.

- FETRANSPOR (2010) *Relação de empresas de Rio de Janeiro*. Disponível na URL <<http://www.fetranspor.com.br/images/stories/noticias/suplemento2010final.pdf>> Acesso em mar/2011.
- FREITAS, R.(2011) *Informações sobre o preço do coque de petróleo*. ANP. Comunicação via email.
- FOSTER, G. N. (2008) *An Assessment of WRAP's Tyre Programme and a Forecast of the UK's Used Tyre- Market up to 2015*. Waste & Resources Action Programme (WRAP).
- GEISSELHARDT, P; SCHELKER, R. E TISCHER, R. (2007) *Pet-Bottle-to-Bottle-Recycling – Key success factors 6 years experience in Switzerland*. R07 World Congress. Suíça.
- GIGENA, D. (2009) *Informações sobre gerenciamento de pneus inservíveis*. Chefe do Departamento de Operações e Técnicas da CRESE, Argentina. Comunicação pessoal em 29/10/2009.
- GOTO, A. K. (2007) *A contribuição da logística reversa na gestão de resíduos sólidos: uma análise dos canais reversos de pneumáticos*. Dissertação de Mestrado em Administração, Centro Universitário Nove de Julho.
- GREENHALGH, A. (2007) *Apresentação sobre a Reciclanip*. Gerente Geral Reciclanip. In: <http://www.institutoventuri.com.br/img_forum/palestras/Palestras%20-2019%20de%20maio%20-%20Manh_/Alvaro%20Greenhalgh.pdf>, acesso em 30/Nov/2009.
- GRIMALDI (2011) *Informação sobre implementos*. Grimaldi Indústria e Comércio Ltda. Comunicação oral.
- GUARNIERI, P.; DUTRA, D.J.S; PAGANI, R.N.; HATAKEYAMA, K. E PILATTI, L.A. (2006) *Obtendo Competitividade através da Logística Reversa: Estudo de Caso em uma Madeireira*. *Journal of Technology Management & Innovation*. Volume 1, Issue 4.
- GUISSO, R. C. (2010) *Informação sobre a utilização de pneu inservível como combustível*. Engenheiro da Ecoprocessa. Comunicação via email.
- GUISSO, R. C. (2011) *Informação sobre a utilização de pneu inservível como combustível*. Engenheiro da Ecoprocessa. Comunicação via email.
- GOODYEAR (2002) *Aircraft Tire Data Book – section 4*. Global Aviation Tires. Disponível na URL <<http://www.goodyearaviation.com>>. Acesso em dez/2009.
- HOLCIM (2011) *Informação sobre a localização da empresa*. Disponível na URL <<http://www.holcim.com.br/pt/a-empresa/localizacoes/localizacoes.html>> Acesso em fev/2011.
- HOUGHTON, N., PRESKI, K., ROCKLIFFE, N., TSOLAKIS, D. (2004) *Economics of Tyre Recycling*. Department of Environment and Heritage. ARRB Transport Research Ltd.
- IBAMA (2002) *Institui os procedimentos necessários ao cumprimento da Resolução CONAMA n.º258, de 26 de agosto de 1999*. Instrução normativa nº 8 de 15 de maio de 2002.
- IBGE (2007) *Informações sobre o PIB dos países no mundo*. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/paisesat/main.php>>. Data de acesso: 21/05/10.
- JATMA (2009) *Tyre Industry of Japan 2009*. Japan Automobile Tyre Manufacturers Association, Inc (JATMA).
- KARAGIANNIDIS, A., KASAMPALIS, T, ANTONOPOULOS, I., PERKOULIDIS, G., ZABANIOTOU, S. (2008) *Resource recovery from end-of-life tires in greece: a field survey*,

- state-of-the-art and trends*. Waste-to-Energy Research and Technology Council (WTERT). Disponível em <www.wtert.gr/Pdfs/Karagiannidis_Tires_2008.pdf>. Acesso em 15/05/2010.
- KOTLER, P. (1996) *Administração de Marketing: análise, planejamento, implementação e controle*. 4a ed.; São Paulo ; Atlas.
- KOTLER, P. E ARMSTRONG, G. (2007) *Princípios de Marketing*. Prentice Hall Brasil, 12ª edição.
- LAFARGE (2011) *Informação sobre a localização da empresa*. Disponível na URL <<http://www.lafarge.com.br/>> Acesso em fev/2011.
- LAGARINHOS, C.A.F (2004) *Reciclagem de pneus: Coleta e reciclagem de pneus. Coprocessamento na indústria de cimento, Petrobrás SIX e pavimentação asfáltica*. Dissertação apresentada ao curso de Tecnologia Ambiental do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, como requisito para conclusão do referido curso. São Paulo.
- LAGARINHOS, C.A.F., TENÓRIO, J.A.S. (2008). Reutilização, reciclagem e valorização energética de pneus no Brasil. *Revista Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol.18, nº2, p.106-118.
- LIGHT (2011) *Informação sobre tarifas de energia elétrica*. Disponível na URL <<http://www.light.com.br/web/institucional/atendimento/informacoes/tarifas/tetarifas.asp>>. Acesso em 09/02/2011.
- MAN (2011) *Especificações técnicas de caminhões*. MAN Latin America. Disponível na URL <http://www.vwcaminhoeseonibus.com.br/site/bra/veiculos_worker.aspx>. Acesso em 25/01/2011.
- MAGALHÃES, J. (2011). *Informação sobre a localização da fábrica de cimento Votorantim*. Assistência de PCP. Comunicação via email.
- MAHLANGU, M.L. (2009) *Waste tyre management problems in South Africa and the possible opportunities that can be created through the recycling thereof*. Dissertação de mestrado em Engenharia Ambiental. University of South Africa.
- MARM (2009) *Plan Nacional Integrado de Residuos Para el Periodo 2008-2015*. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural Y Marino (MARM). Boletín Oficial del Estado D. L.: M-1/1958 - ISSN: 0212-033X. Disponível em <<http://www.boe.es>>. Data de acesso: 19/03/2010.
- MARTINS, L. V. (2010) *Informações sobre o gerenciamento de pneus inservíveis efetuado pela Valorpneu, em Portugal*. Diretor geral da Sociedade Ponto Verde. Comunicação por email, em 09/03/2010.
- MARTINS, D.P. (2010) *Informações sobre a instituição Tema Comércio de Pneus. Funcionário da empresa*. Comunicação por telefone em 11/05/2010.
- MARQUES, G.G. *Informação sobre preço de venda de caminhões*. Engenheiro da MAN LATIn America. Comunicação via email.
- MEILI, C., MARIA, D.K.; PICELLI, L.X.C; ALMEIDA, M.M.; PRADO, V.S. E CALDEIRA, A.(2008) A Reciclagem como Ferramenta da Gestão Ambiental na Competitividade Empresarial. *Revistas Jovens Pesquisadores*. Ano V, nº 8, Jan/Jul.
- MMA (2009) *Resolução CONAMA nº 416*, de 30 de setembro de 2009. Altera e complementa a Resolução nº 258. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 1 out. 2009. In: <<http://www.mma.gov.br/port/conama.>>, acesso em dez/2009.

- MURAD, R. (2009) *Apresentação sobre a Reciclanip*. Material encaminhado por email.
- NASCIMENTO, M. (2010) *Informações sobre a instituição Laminação de Pneus Mandaguari Ltda. Funcionário da empresa*. Comunicação por telefone em 12/05/2010.
- NAKAO, Y., YAMOMOTO, K. (2002) *Waste Tire Recycle and its Collection System*. Nippon Steel Technical Report nº 86. July 2002.
- NEXTEL (2011) Informações sobre uso do serviço. Disponível na URL <www.nextel.com.br>. Acesso em fev/2011.
- NOHARA, J.J., ACEVEDO, C. R., PIRES, B.C.C., CORSINO, R.M. (2006) *GS-40 - Resíduos sólidos: passivo ambiental e reciclagem de pneus*. THESIS, São Paulo, ano I, v .3 , p. 21-57, 2º Semestre, 2005.
- NOVAES, A.G. (2004) *Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação*. 2 ed. Elsevier. Rio de Janeiro.
- NOVICKI, R.E.M. e B.N.V. MARTIGNONI (2010) Retortagem de pneus. Reportagem técnica. *Revista Borracha Atual*. Disponível na URL < http://www.borrachaatual.com.br/materiatecnica/44/mattec44_01.pdf> Acesso em 17/03/2010.
- NTC (2009) *Informações sobre custos operacionais de veículos de carga*. Associação Nacional do Transporte de Carga – NTC.
- OTS (2009) *Used Tires Program Plan - Waste Diversion Ontario*. Ontario Tire Stewardship (OTS).
- OLIVEIRA, J.M. (2010) *Informações sobre a instituição Laminação de Pneus Amazonas. Funcionário da empresa*. Comunicação por telefone em 11/05/2010.
- PAGLIOLI, A. (2011) *Informação sobre equipamentos para trituração de pneus*. Representante da empresa Presto – Comércio, Importação e Exportação Soc. Emp. Ltda. Comunicação via email.
- PANIZIO, D.H. (2010) *Informações sobre a instituição Laminadora Maracanã*. Funcionário da empresa. Comunicação por telefone em 11/05/2010.
- PETROBRÁS. (2011) *Informação sobre impostos que incidem sobre o preço do coque de petróleo*. Comunicação via email.
- PIMENTA, F. (2010) *Informações sobre a instituição Recibrás (DJ – Laminação de Pneus LTDA)*. Funcionário da empresa. Comunicação por telefone em 11/05/2010.
- PORTER, M. E. (1989) *Vantagem competitiva - criando e sustentando um desempenho superior*. Braga, E. M. P. Rio de Janeiro. Ed. Campus.
- RECICLANIP (2011) *Informação sobre destinação de pneus inservíveis no ano de 2010*. Disponível na URL < http://www.reciclanip.com.br/?cont=press_release&tipo=interno&id=404>. Acesso em mar/2011.
- REG (2010) *More Than a Tire Waste Disposal Company*. Disponível em <http://www.conti-reg.de/reg_unternehmen_en.html>. Data de acesso: 10/05/2010.
- RESENDE, E.L. (2004) *Canal de distribuição reverso na reciclagem de pneus: Estudo de caso*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Industrial. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.
- RIBEIRO, G. R. B. (2011) *Informação sobre geração de pneus inservíveis pelas empresas de ônibus filiadas a Fetranspor*. Engenheira de meio ambiente da Fetranspor. Comunicação via email.

- RIO LIMPO (2010) *Informações sobre a instituição Rio Limpo*. Disponível em <http://www.riolimpoam.com.br/>. Data de acesso: 10/05/2010.
- RMA (2009) *Scrap Tire Markets in The United States - 9th Biennial Report*. Rubber Manufacturers Association (RMA). Disponível em <http://www.rma.org>. Data de acesso: 21/11/2009.
- ROCHA, W. e BORINELLI, M. (2006) *Análise Estratégica de Cadeia de Valor: Um estudo exploratório do segmento indústria-varejo*. 6º Congresso USP – Controladoria e Contabilidade. Disponível na URL www.congressosp.fipecafi.org/artigos62006. Acesso em Novembro/2010.
- ROSE, C. M., STEVELS, A., ISHII, K. (2000) *Applying Environmental Value Chain Analysis*. Electronics Goes Green, Berlin, Germany.
- ROSE, C. M., STEVELS, A. (2000) *Applying Environmental Value Chain Analysis to Product Take-Back*. 7th CIRP - Life Cycle Engineering Conference, Tokyo, Japan.
- RRFB (2008) Nova Scotia – Annual Report (2008). Resource Recovery Fund Board, Inc (RRFB).
- RRFB (2010) Used Tire Management Program – Nova Scotia – Canada. Resource Recovery Fund Board, Inc (RRFB). Disponível em http://www.rrfb.com/pages/programs/used_tire_qanda.cfm. Data de acesso: 17/05/2010.
- RUSSELL, E. (2005) *Goodyear: Gbno. evalúa normas sobre reciclaje de neumáticos – Chile*. Disponível em http://www.bnamericas.com/news/aguasyresiduos/Goodyear:_Gbno,_evalua_normas_sobre_reciclaje_de_neumaticos. Data de acesso: 15/05/2010.
- SATRP (2009) *Company Integrated Industry Waste Tyre Management Plan*. South African Tyre Recycling Process Company (SATRP).
- SEMARNAT (2010) *Informações sobre Programa de Saneamiento de Llantas*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. Disponível em <http://www.semarnat.gob.mx/estados/guerrero/delegacion/programasyproyectos/Pages/Saneamientodellantasdedesecho.aspx>. Data de acesso: 24/05/2010.
- SERRA, N. ; LEITE, C. A. G. (2009) *Gestão ambiental de pneus inservíveis no Brasil: identificação de fluxos e contribuição para políticas públicas de destinação*. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. Disponível em <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/iswa2005/brasil2.pdf>. Data de acesso: 12/11/2009.
- SILVA, M.N. (2010) *Informações sobre a instituição Unidade de Tratamento de Ecológico de Pneus*. Vendedora. Comunicação por email em 05/05/2010.
- SILVA, R. (2010b) *Informações sobre a instituição Laminadora de Pneus Olitelli*. Funcionário da empresa. Comunicação por telefone em 12/05/2010.
- SILVA, F., (2010c) *Informações sobre a instituição Reciclabor TM de Godoy Souza Borrachas ME*. Funcionário da empresa. Comunicação por telefone em 12/05/2010.
- SILVA, M.C.G. e COLMENERO, J.C. (2010) *A Logística Reversa como Forma de Desenvolvimento Sustentável e Competitivo das Empresas*. 5º Encontro de Engenharia e tecnologia dos Campos Gerais.
- SHANK, J.K e GOVINDARAJAN, V. (1997) *A Revolução dos Custos: como reinventar e redefinir sua estratégia de custos para vencer em mercados crescentemente competitivos*. Trad. Luiz Orlando Coutinho Lemos. 2ª ed. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

- SHOPPING MATRIZ (2011) *Informação sobre preço de móveis de escritório*. Disponível na URL <<http://www.shoppingmatriz.com.br>> Acesso em Fev/2011.
- SIGNUS (2010) *Informações sobre o sistema de gerenciamento de pneus inservíveis operado pela Signus, na Espanha*. Disponível em <<http://www.signus.es/ElSistema/Definición/tabid/222/Default.aspx>>, Data de acesso: 11/03/2010.
- SLATER, S. (2006) *Used Tyres Material Flows and Market Analysis - Market Disruption Planning*. Waste & Resources Action Programme (WRAP). Disponível em <www.wrap.org.uk>. Data de acesso: 16/05/2010.
- SMTR (2010) *Relatório Mensal de Operação das Linhas Municipais de Ônibus – dados de Jul/2010*. Secretaria Municipal de Transportes do Rio de Janeiro – SMTR.
- SOUZA, G.C. (2011) *Informação sobre poder calorífico do pneu e do coque de petróleo*. Gerente de comercialização da Petrobrás-Six. Comunicação via email.
- TNU (2008) *Memoria 2008 TNU*. Tratamiento de Neumaticos Usados (TNU). Disponível em <<http://www.tnu.es/>>. Data de acesso: 19/03/2010.
- TNU (2010) *Informações sobre o sistema de gerenciamento de pneus inservíveis operado pela TNU, na Espanha*. Tratamiento de Neumaticos Usados (TNU). Disponível em <<http://www.tnu.es/index.jsp?o=2&c=-1&p=1>>. Data de acesso: 05/01/2010.
- URS (2005) *Financial and Economic Analysis of the Proposed National Used Tyre Product Stewardship Scheme*. URS Australia Pty Ltd.
- VALORPNEU (2008) *Relatório Anual & Contas 2008*. Valorpneu, Sociedade de Gestão de Pneus, Lda.
- VALORPNEU (2010) *Informações sobre o gerenciamento de pneus inservíveis efetuado pela Valorpneu, em Portugal*. Disponível em <<http://www.valorpneu.pt/>>. Data de acesso: 04/03/2010.
- WAGNER, T. e ARNOLD, P., 2006. A new model for solid waste management: an analysis of the Nova Scotia MSW strategy. *Journal of Cleaner Production*. p. 410-42.1
- WANG, H.Z., XU, H. e XUAN, X.J. (2009) *Review of Waste Tire Reuse & Recycling in China - current situation, problems and countermeasures*. Advances in Natural Science. Canadian Research & Development. Center of Sciences and Cultures. ISSN 1715-7862 Vol.2, No.1, 2009.
- ZHEJIANG (2011). *Informação sobre equipamentos para trituração de pneus inservíveis*. Zhejiang Lionheart Industrial Equipment Co., Ltd. Disponível na URL <<http://www.tirerecyclingplant.com.pt/>>. Acesso em 05/02/2011.

APÊNDICE I – ELABORAÇÃO DE ROTAS NO SOFTWARE TRANSCAD

Como base de vias, utilizou-se a base do Estado do Rio de Janeiro. Foi realizada uma verificação da conectividade dos nós desta base utilizando a opção do Tools/ Map Editing/ Check line connectivity.

Por meio desta verificação foi possível identificar os pontos onde existiam nós desconectados da rede. Os nós que se encontravam em vias identificadas por nome foram conectados considerando a via mais próxima verificada por meio de uma consulta ao *Google Maps*. Os nós que se encontravam em vias sem identificação foram conectados considerando o ponto mais próximo. Deve-se destacar que a maioria destes pontos encontravam-se fora do Município do Rio de Janeiro, local onde se encontram localizados os pontos de origem e destinos considerados neste estudo.

Após ter ajustado a *layer* de vias, criou-se a *layer* de paradas (empresas de ônibus). Para tanto, gerou-se uma planilha no *Microsoft Excel* com a relação das empresas de ônibus consideradas no estudo, contendo os seguintes campos: nome da empresa, endereço, telefone, CEP, latitude, longitude, horário de abertura, horário de fechamento, tempo fixo de serviço por empresa, tempo variável de serviço por empresa, quantidade de pneus gerados. Nos casos em que a empresa de ônibus possuía uma geração de pneus inservíveis maior do que a capacidade do caminhão (108 pneus inservíveis) foi necessário criar um novo ponto de parada com o objetivo de dividir a quantidade de pneus gerados.

Os campos nome da empresa, endereço, CEP e telefone foram preenchidos com base em Fetranpor, 2010. A latitude e longitude utilizadas para a localização das garagens no mapa foram obtidas por meio do *Google Maps* considerando o endereço fornecido por Fetranpor, 2010. Considerou-se para todas as empresas o horário de abertura às 8h e como horário de fechamento 17h. Como tempo fixo de serviço em cada empresa de ônibus, considerou-se, trinta minutos e como tempo variável de serviço, um minuto para cada pneu carregado. A quantidade de pneus gerados foi considerada conforme APÊNDICE II.

Desse modo, a planilha gerada no *Microsoft Excel* foi importada para o *TransCad*, contendo todos os campos necessários para a utilização da ferramenta *vehicle routing*. Para uma melhor visualização foi incluída uma *layer* com os bairros do Município do Rio de Janeiro.

Após adicionar a *layer* de paradas no *TransCad* esta foi conectada a *layer* vias utilizando a opção *tools/ map editing / connect*. Esta opção faz a conexão dos pontos de parada com o nó mais próximo da via. Foi realizada uma verificação visual com o objetivo de apurar se os pontos de paradas encontravam-se localizados no mapa de forma coerente com sua localização real. Em alguns casos foi necessário ajustar a conexão do ponto com a via, visando manter a aplicação mais próxima da realidade.

Para cada empresa de ônibus verificou-se qual o nó da via mais próximo. Este valor foi incluído em um campo *Node Id* utilizado pelo *TransCad* para a elaboração da matriz de distância necessária a confecção das rotas.

A localização do depósito (unidade de reciclagem) foi definida com base no método do centro de gravidade (Ballou, 2001). Não foi utilizada a opção do *TransCad*, visto que este necessita que sejam fornecidas uma lista de opção para a localização do depósito.

Do mesmo modo que para as empresas de ônibus, foi criada uma planilha no Microsoft Excel com os seguintes dados: descrição, latitude, longitude, horário de abertura e horário de fechamento. Sendo assim, como descrição do ponto de depósito definiu-se o termo unidade de reciclagem. Os valores de latitude e longitude obtidos por meio do método do centro de gravidade. Como horário de abertura considerou-se 8h e como horário de fechamento 17h.

Desse modo, a planilha com os dados do ponto de depósito (unidade de reciclagem) foi importada para o *TransCad* e seu ponto foi conectado a *layer* vias. Foi acrescido a sua tabela como *Node Id* o nó via mais próximo.

Com as *layers* necessárias associadas ao mapa em análise, gerou-se a rede a ser utilizada para definição das rotas, utilizando a opção *network/paths/create*. Esta rede foi gerada considerando a distância e o tempo de percurso das vias.

Após terem sido cumpridas as etapas anteriores, iniciou-se o processo de elaboração das rotas utilizando a opção *routing logistics/vehicles routing*. Esta opção foi configurada para a realização de rotas de coleta e desconsiderando janelas de tempo. Como tempo de uma rota foi considerado o período máximo de 8h.

Foram geradas rotas sem balanceamento e balanceadas por tempo, distância e número de paradas. Posteriormente, os relatórios de rotas gerados foram analisados e comparados, tendo sido definido para utilização do estudo de análise da cadeia de valor a rota gerada com balanceamento por tempo, devido ao fato desta possuir uma distância total menor.

APÊNDICE II – GERAÇÃO DE PNEUS INSERVÍVEIS POR EMPRESA

Tabela II.1: Geração de pneus inservíveis por empresa

Nome	Frota		Geração de Pneus inservíveis ¹		
	Urbano e Rodoviário (Tipo 1, Tipo 2 e Micromaster)	Urbano e Rodoviário (Micro ônibus)	275/80 R22.5 (unid.)	215/75 R17.5 (unid.)	275/80 R22.5 + 215/75 R17.5 (unid.)
Auto Diesel Ltda	56	40	14	10	24
Auto Viação Alpha S/A	152	35	38	9	47
Auto Viação Bangu Ltda	230	23	58	6	64
Auto Viação Jabour Ltda	239	199	60	50	110
Auto Viação Tijuca S/A	179	20	45	5	50
Auto Viação Três Amigos S/A	145	21	37	6	43
Breda Rio Transportes Ltda	146	0	37	0	37
Caprichosa Auto Ônibus Ltda	107	6	27	2	29
Empresa de Transportes Braso Lisboa Ltda	170	10	43	3	46
Empresa de Viação Algarve Ltda	126	113	32	29	61
Empresa Viação Ideal S/A	131	0	33	0	33
Erig Transportes Ltda	99	22	25	6	31
Expresso Pégaso Ltda	417	219	105	55	160
Litoral Rio Transportes Ltda	127	111	32	28	60
Real Auto Ônibus Ltda	422	23	106	6	112
Rodoviária A. Matias Ltda	127	0	32	0	32
Transportes América Ltda	108	1	27	1	28
Transportes Amigos Unidos S/A	170	0	43	0	43
Transportes Barra Ltda	193	5	49	2	51
Transportes Campo Grande Ltda	177	4	45	1	46
Transportes Estrela Azul S/A	152	12	38	3	41
Transportes Estrela S/A	142	40	36	10	46
Transportes Futuro Ltda	226	24	57	6	63
Transportes Paranapan S/A	160	13	40	4	44
Transportes Santa Maria Ltda	179	34	45	9	54
Transportes São Silvestre S/A	181	41	46	11	57
Transportes Vila Isabel S/A	158	0	40	0	40
Transurb S/A	100	71	25	18	43
Viação Acari S/A	143	31	36	8	44
Viação Andorinha Ltda	31	236	8	59	67
Viação Madureira Candelária Ltda	166	4	42	1	43
Viação Normandy do Triângulo Ltda	25	0	7	0	7
Viação Nossa Senhora de Lourdes S/A	167	39	42	10	52
Viação Novacap S/A	145	0	37	0	37
Viação Oeste Ocidental Ltda	57	0	15	0	15
Viação Pavunense S/A	133	22	34	6	40
Viação Penha Rio Ltda	38	16	10	4	14
Viação Redentor Ltda	329	58	83	15	98
Viação Rubanil Ltda	133	4	34	1	35
Viação Saens Peña S/A	117	19	30	5	35
Viação Santa sofia Ltda	22	0	6	0	6
Viação Top Rio Ltda “Via Rio”	101	23	26	6	32
Viação Verdun S/A	171	0	43	0	43
Viação Vila Real S/A	119	113	30	29	59
Total	6716	1652	1698	424	2122

¹ Foi considerada uma taxa de geração de pneus inservíveis de 0,25 pneus inservíveis por veículo.

Fonte: Elaboração própria com base em SMTR (2010) e RIBEIRO (2011).

APÊNDICE III – PNEUS INSERVÍVEIS GERADOS POR EMPRESA

Buscando estimar quantos pneus inservíveis são gerados por empresa de ônibus por mês, foi realizada uma análise dos dados de compra de pneus novos de 19 empresas de transporte público urbano por ônibus. Partiu-se da premissa de que ao adquirir um pneu novo a empresa estaria gerando um pneu inservível, visto que caso fosse possível reaproveitá-lo este teria sido direcionado para remanufatura.

Sendo assim, obteve-se a média de pneus novos para os anos de 2004 e 2005. Este valor foi dividido por 12 meses para que se obtivesse a quantidade de compra de pneus novos por mês, encontrando a taxa de 0,25 pneus por veículo por mês. Segundo Ribeiro (2011) a taxa de geração de pneus inservíveis é de cerca de 0,26 pneus por veículo por mês.

Tabela III.1: Estimativa de geração de pneus inservíveis.

Empresa	Frota		Pneus novos ²			
	2004	2005	2004		2005	
			Total de Pneus Novos	Pneus Novos por Veículo	Total de Pneus Novos	Pneus Novos por Veículo
Transpotes Amigos Unidos S.A	240	245	995	4,15	1.212	4,95
Auto Viação Alpha S.A	149	168	308	2,07	502	2,99
Auto Viação Tijuca S.A	201	196	672	3,34	642	3,28
Auto Viação Bangu Ltda	194	194	60	0,31	480	2,47
Erig Transportes Ltda	96	105	365	3,80	344	3,28
Expresso Pégaso Ltda ¹	199	209	772	3,88	810	3,88
Auto Viação Jabour Ltda	293	295	745	2,54	1.000	3,39
Viação Oeste Ocidental Ltda	183	180	17	0,09	27	0,15
Rodoviária A. Matias Ltda ¹	126	89	240	1,90	220	2,47
Transportes Estrela S.A	145	151	544	3,75	504	3,34
Transportes Estrela Azul S.A	165	163	339	2,05	-	-
Transportes América Ltda	116	94	2.209	4,00	269	2,86
Transportes Campo Grande Ltda	138	139	634	4,59	458	3,29
Transportes Zona Oeste Ltda	83	100	528	6,36	372	3,72
Empresa de Viação Algarve Ltda	54	32	251	4,65	334	4,00
Viação Madureira Candelária Ltda	168	168	662	3,94	663	3,95
Viação Novacap S.A	145	145	610	4,21	564	3,89
Viação Penha Rio Ltda	57	57	206	3,61	192	3,37
Viação Rubanil Ltda	125	121	485	3,88	775	6,40
Média de pneu por veículo por ano ³				3,00		3,00
Média de pneu por veículo por mês				0,25		0,25

¹ valores para os anos de 2003 e 2004.

² Foi considerado, para este estudo, que ao se comprar um pneu novo, descarta-se um pneu inservível.

³ Com o intuito de obter um valor conservador, considerou-se a média encontrada arredondada para baixo.

Fonte: Elaboração própria com base em D'AGOSTO (2005).

APÊNDICE IV – DADOS UTILIZADOS PARA O CÁLCULO DO CUSTO DE MÃO DE OBRA DOS GERADORES.

Dados Utilizados para Mão de Obra do Gerador

Encargos Sociais Considerados

13º Salário	8,33%
Férias	11,11%
Inss	25,80%
SAT	3,00%
Salário Educação	-
INCRA/SENAI/SESI/SEBRAE	-
FGTS (a partir de 01.01.2007)	8,00%
FGTS/Provisão de Multa para Rescisão	4,00%
DSR (Descanso remunerado))	7,93%
Encargos Sociais Total	68,17%

Benefícios Considerados

Vale Transporte (R\$/dia)	4,40
Vale Refeição (R\$/dia)	6,00
Dias Úteis	22

Custo com Mão de Obra - Gerador¹

Profissional Não Especializado	545,00
Encargos Sociais	371,53
Benefícios	222,99
Taxa de Rateio (%/profissional/160 pneus)	7,60%
Profissional Administrador de Empresa	1.484,58
Encargos Sociais	1.012,04
Benefícios	222,99
Taxa de Rateio (%/profissional/160 pneus)	0,13%

¹ Os valores totais obtidos serão rateados por gerador com base na quantidade de pneus inservíveis gerados

APÊNDICE V – DETALHAMENTO DO CUSTO DE MÃO DE OBRA DOS GERADORES.

Para a mão de obra do administrador de empresas, responsável pelo gerenciamento de funcionários, considerou-se 0,13% do salário. Este percentual considera o percentual do salário do administrador de empresa para gerenciar 1 profissional (considerou-se que em média as empresas possuem 766 funcionários). Além disso, este percentual foi rateado pelo número de pneus gerados em cada empresa, considerando 0,13% para 160 pneus inservíveis (geração máxima considerada) e um percentual proporcional a geração de pneus inservíveis para cada empresa.

Em relação a mão de obra não especializada, considerou-se que para o manuseio de 160 pneus inservíveis gasta-se 7,6% do tempo (8h por dia) de 1 funcionário. Este percentual foi rateado de forma proporcional para cada empresa conforme a geração de pneus inservíveis.

Tabela V.1: Detalhamento do custo de mão de obra dos geradores.

Nome	Pneus Gerados (Unid/mês)	Administrador de Empresa			Não Especializado		
		Salário (R\$/mês)	Encargos (R\$/mês)	Benefícios (R\$/mês)	Salário (R\$/mês)	Encargos (R\$/mês)	Benefícios (R\$/mês)
Auto Diesel Ltda	24	0,29	0,20	0,04	6,19	4,22	2,53
Auto Viação Alpha S/A	47	0,57	0,39	0,09	12,13	8,27	4,96
Auto Viação Bangu Ltda	64	0,77	0,53	0,12	16,52	11,26	6,76
Auto Viação Jabour Ltda	110	1,33	0,90	0,20	28,39	19,35	11,61
Auto Viação Tijuca S/A	50	0,60	0,41	0,09	12,90	8,80	5,28
Auto Viação Três Amigos S/A	43	0,52	0,35	0,08	11,10	7,56	4,54
Breda Rio Transportes Ltda	37	0,45	0,30	0,07	9,55	6,51	3,91
Caprichosa Auto Ônibus Ltda	29	0,35	0,24	0,05	7,48	5,10	3,06
Empresa de Transportes Braso Lisboa Ltda	46	0,55	0,38	0,08	11,87	8,09	4,86
Empresa de Viação Algarve Ltda	61	0,74	0,50	0,11	15,74	10,73	6,44
Empresa Viação Ideal S/A	33	0,40	0,27	0,06	8,52	5,81	3,48
Erig Transportes Ltda	31	0,37	0,25	0,06	8,00	5,45	3,27
Expresso Pégaso Ltda	160	1,93	1,32	0,29	41,29	28,15	16,89
Litoral Rio Transportes Ltda	60	0,72	0,49	0,11	15,48	10,55	6,34
Real Auto Ônibus Ltda	112	1,35	0,92	0,20	28,90	19,70	11,83
Rodoviária A. Matias Ltda	32	0,39	0,26	0,06	8,26	5,63	3,38
Transportes América Ltda	28	0,34	0,23	0,05	7,23	4,93	2,96
Transportes Amigos Unidos S/A	43	0,52	0,35	0,08	11,10	7,56	4,54
Transportes Barra Ltda	51	0,62	0,42	0,09	13,16	8,97	5,38
Transportes Campo Grande Ltda	46	0,55	0,38	0,08	11,87	8,09	4,86
Transportes Estrela Azul S/A	41	0,49	0,34	0,07	10,58	7,21	4,33
Transportes Estrela S/A	46	0,55	0,38	0,08	11,87	8,09	4,86
Transportes Futuro Ltda	63	0,76	0,52	0,11	16,26	11,08	6,65
Transportes Paranapanuan S/A	44	0,53	0,36	0,08	11,35	7,74	4,65
Transportes Santa Maria Ltda	54	0,65	0,44	0,10	13,93	9,50	5,70
Transportes São Silvestre S/A	57	0,69	0,47	0,10	14,71	10,03	6,02
Transportes Vila Isabel S/A	40	0,48	0,33	0,07	10,32	7,04	4,22
Transurb S/A	43	0,52	0,35	0,08	11,10	7,56	4,54
Viação Acari S/A	44	0,53	0,36	0,08	11,35	7,74	4,65
Viação Andorinha Ltda	67	0,81	0,55	0,12	17,29	11,79	7,07
Viação Madureira Candelária Ltda	43	0,52	0,35	0,08	11,10	7,56	4,54
Viação Normandy do Triângulo Ltda	7	0,08	0,06	0,01	1,81	1,23	0,74
Viação Nossa Senhora de Lourdes S/A	52	0,63	0,43	0,09	13,42	9,15	5,49
Viação Novacap S/A	37	0,45	0,30	0,07	9,55	6,51	3,91
Viação Oeste Ocidental Ltda	15	0,18	0,12	0,03	3,87	2,64	1,58
Viação Pavunense S/A	40	0,48	0,33	0,07	10,32	7,04	4,22
Viação Penha Rio Ltda	14	0,17	0,12	0,03	3,61	2,46	1,48
Viação Redentor Ltda	98	1,18	0,81	0,18	25,29	17,24	10,35
Viação Rubanil Ltda	35	0,42	0,29	0,06	9,03	6,16	3,70
Viação Saens Peña S/A	35	0,42	0,29	0,06	9,03	6,16	3,70
Viação Santa Sofia Ltda	6	0,07	0,05	0,01	1,55	1,06	0,63
Viação Top Rio Ltda "Via Rio"	32	0,39	0,26	0,06	8,26	5,63	3,38
Viação Verdun S/A	43	0,52	0,35	0,08	11,10	7,56	4,54
Viação Vila Real S/A	59	0,71	0,49	0,11	15,22	10,38	6,23
Total	2.122	25,60	17,45	3,84	547,58	373,29	224,05

Fonte:Elaboração própria com base em BRASIL (2009), CRUZ (2011) e BRASIL (2011).

APÊNDICE VI – CÁLCULO DE CUSTO FIXO E VARIÁVEL DO VEÍCULO DE COLETA

Planilha de custo - veículo de coleta	
Tipo do veículo:	VW13.180
Tipo da carga:	Pneu inservível
Tipo da carroceria:	Caixa container 6 x 2,4 x 2,2
Equipamento:	
Tipo do pneu:	275/80 R22.5
Km/mês:	1.457,6
Taxa de desconto mensal:	0,9489%
Dados Gerais	
Valor do veículo (R\$):	172.000,00
Valor da carroceria (R\$):	12.000,00
Valor do equipamento:	
Valor do 3º eixo (R\$):	
Rodoar (R\$):	
Quantidade de pneu na dianteira (unid):	2
Quantidade de pneu na traseira (unid):	6
Rendimento do combustível (km):	4,0
Vida útil do veículo (meses):	72
Vida útil da carroceria (meses):	144
Vida útil do pneu novo (km):	100.000
Vida útil do pneu recapado (km):	80.000
Valor residual do veículo (R\$):	95.285,76
Valor residual da carroceria (R\$):	600,00
Quantidade de recapagens:	2
Valor do estepe (R\$):	1.218,00
Índice de perda de pneu:	1,07
Preço do combustível (R\$/l):	1,929
Impostos (%/valor do veículo):	1%
Seguro (%/valor do veículo):	7,15%
Custo fixo mensal	5.537,19
Custo de capital uniforme do veículo (R\$):	2.332,74
Custo de capital uniforme da carroceria (R\$):	151,22
Salário do motorista (R\$):	1.789,06
Impostos (R\$):	153,33
Seguro (R\$):	1.024,83
Comunicação (R\$):	86,00
Custo variável mensal	1.387,60
Custo variável	0,95
Combustível (R\$/km):	0,4823
Lubrificante (R\$/km):	0,01
Lavagem e lubrificação (R\$/km):	0,05
Pneus (R\$/km):	0,06
Manutenção (R\$/km):	0,34
<u>Pneus</u>	
Preço do pneu 275/80 R22.5 (R\$):	1.218,00
Preço do pneu recapado (R\$):	402,00
Custo do pneu dianteiro (R\$/km):	0,012
Custo do pneu traseiro (R\$/km):	0,005

Mão de Obra - Motorista do Veículo de Coleta

Quantidade de funcionários		1
Salário	R\$	1.100,00
Salário - Total	R\$	1.100,00
Encargos Sociais	(%)	(%)
13º Salário		8,33%
Férias		11,11%
Inss		
SAT até	3,00%	
Salário Educação INCRA/SENAI/SESI/SEBRAE		
FGTS (a partir de 01.01.2007)	8,00%	
FGTS/Provisão de Multa para Rescisão	4,00%	
Total Previdenciário		15,00%
Previdenciário sobre 13º / Férias / DSR		7,93%
Total Geral		42,37%
Encargos Sociais	R\$	466,07
Encargos Sociais - Total		466,07
Benefícios		
Preço da passagem		2,2
Dias úteis		22
Vale Transporte	R\$	90,99
Valor vale Refeição - dia	R\$	6,00
Vale Refeição	R\$	132,00
Total Benefícios	R\$	222,99

APÊNDICE VII – CÁLCULO DE CUSTO FIXO E VARIÁVEL DO VEÍCULO DE TRANSFERÊNCIA

Planilha de custo - veículo de transferência	
Tipo do veículo:	VW17.180
Tipo da carga:	Pneu inservível
Tipo da carroceria:	Caixa container 6 x 2,4 x 2,2
Equipamento:	Roll on/ roll off
Tipo do pneu:	275/80 R22.5
Km/mês:	5.786
Taxa de desconto mensal:	0,9489%
Dados Gerais	
Valor do veículo (R\$):	196.461,00
Valor da carroceria (R\$):	12.000,00
Valor do equipamento:	41.500,00
Valor do 3º eixo (R\$):	17.000,00
Rodoar (R\$):	810,00
Quantidade de pneu na dianteira (unid):	2
Quantidade de pneu na traseira (unid):	8
Rendimento do combustível (km):	4,5
Vida útil do veículo (meses):	72
Vida útil da carroceria (meses):	144
Vida útil do pneu novo (km):	100.000
Vida útil do pneu recapado (km):	80.000
Valor residual do veículo (R\$):	102.000,00
Valor residual da carroceria (R\$):	2.675,00
Quantidade de recapagens:	2
Valor do estepe (R\$):	1.218,00
Índice de perda de pneu:	1,07
Preço do combustível (R\$/l):	1,929
Impostos (%/valor do veículo):	1%
Seguro (%/valor do veículo):	7,15%
Valor da diária do motorista (R\$/dia):	22,00
Número de viagens no mês (unid):	11
Custo fixo mensal	7.042,62
Custo de capital uniforme do veículo (R\$):	2.892,91
Custo de capital uniforme da carroceria (R\$):	674,19
Salário do motorista (R\$):	2.031,06
Impostos (R\$):	187,88
Seguro (R\$):	1.170,58
Comunicação (R\$):	86,00
Custo variável mensal	5.093,64
Custo variável	0,88
Combustível (R\$/km):	0,4287
Lubrificante (R\$/km):	0,01
Lavagem e lubrificação (R\$/km):	0,01
Pneus (R\$/km):	0,08
Manutenção (R\$/km):	0,35
<u>Pneus</u>	
Preço do pneu 275/80 R22.5 (R\$):	1.218,00
Preço do pneu recapado (R\$):	402,00
Custo do pneu novo (R\$/km):	0,012
Custo do pneu recapado (R\$/km):	0,005

Mão de Obra - Motorista do Veículo de Transferência

Quantidade de funcionários		1
Salário	R\$	1.100,00
Salário - Total	R\$	1.100,00
Encargos Sociais	(%)	(%)
13º Salário		8,33%
Férias		11,11%
Inss		
SAT até	3,00%	
Salário Educação		
INCRA/SENAI/SESI/SEBRAE		
FGTS (a partir de 01.01.2007)	8,00%	
FGTS/Provisão de Multa para Rescisão	4,00%	
Total Previdenciário		15,00%
Previdenciário sobre 13º / Férias / DSR		7,93%
Total Geral		42,37%
Encargos Sociais	R\$	466,07
Encargos Sociais - Total		466,07
Benefícios		
Preço da passagem		2,2
Dias úteis		22
Vale Transporte	R\$	90,99
Valor vale Refeição - dia	R\$	6,00
Vale Refeição	R\$	132,00
Diárias	R\$	242,00
Total Benefícios	R\$	464,99

APÊNDICE VIII – CÁLCULO DO CUSTO DE ARMAZENAGEM E DO CUSTO DE ESTOQUE DOS GERADORES

Tabela VIII.1: Cálculo do custo de armazenagem e do custo de estoque dos geradores.

Nome	Pneus Gerados (Unid/mês)	Custo de Armazenagem			Custo de Estoque	
		Custo de Locação (R\$/m ²) ¹	Área de Armazenagem (m ²) ²	Custo de Armazenagem (R\$/mês)	Estoque Médio (Unid/mês)	Custo de Estoque (R\$/mês) ³
Auto Diesel Ltda	24	2,50	3,60	9,00	12,0	0,06
Auto Viação Alpha S/A	47	8,00	7,05	56,40	23,5	0,11
Auto Viação Bangu Ltda	64	10,30	9,60	98,88	32,0	0,15
Auto Viação Jabour Ltda	110	3,00	16,50	49,50	55,0	0,26
Auto Viação Tijuca S/A	50	5,56	7,50	41,67	25,0	0,12
Auto Viação Três Amigos S/A	43	10,00	6,45	64,50	21,5	0,10
Breda Rio Transportes Ltda	37	5,45	5,55	30,27	18,5	0,09
Caprichosa Auto Ônibus Ltda	29	21,70	4,35	94,40	14,5	0,07
Empresa de Transportes Braso Lisboa Ltda	46	5,00	6,90	34,50	23,0	0,11
Empresa de Viação Algarve Ltda	61	12,30	9,15	112,55	30,5	0,14
Empresa Viação Ideal S/A	33	10,90	4,95	53,96	16,5	0,08
Erig Transportes Ltda	31	17,20	4,65	79,98	15,5	0,07
Expresso Pégaso Ltda	160	4,44	24,00	106,67	80,0	0,38
Litoral Rio Transportes Ltda	60	17,69	9,00	159,23	30,0	0,14
Real Auto Ônibus Ltda	112	4,62	16,80	77,54	56,0	0,27
Rodoviária A. Matias Ltda	32	10,14	4,80	48,70	16,0	0,08
Transportes América Ltda	28	10,00	4,20	42,00	14,0	0,07
Transportes Amigos Unidos S/A	43	6,25	6,45	40,31	21,5	0,10
Transportes Barra Ltda	51	11,76	7,65	90,00	25,5	0,12
Transportes Campo Grande Ltda	46	6,00	6,90	41,40	23,0	0,11
Transportes Estrela Azul S/A	41	12,50	6,15	76,88	20,5	0,10
Transportes Estrela S/A	46	26,80	6,90	184,92	23,0	0,11
Transportes Futuro Ltda	63	8,33	9,45	78,75	31,5	0,15
Transportes Paranapan S/A	44	10,90	6,60	71,94	22,0	0,10
Transportes Santa Maria Ltda	54	13,33	8,10	108,00	27,0	0,13
Transportes São Silvestre S/A	57	16,20	8,55	138,51	28,5	0,14
Transportes Vila Isabel S/A	40	12,50	6,00	75,00	20,0	0,09
Transurb S/A	43	10,14	6,45	65,43	21,5	0,10
Viação Acari S/A	44	1,88	6,60	12,38	22,0	0,10
Viação Andorinha Ltda	67	4,33	10,05	43,55	33,5	0,16
Viação Madureira Candelária Ltda	43	10,00	6,45	64,50	21,5	0,10
Viação Normandy do Triângulo Ltda	7	4,62	1,05	4,85	3,5	0,02
Viação Nossa Senhora de Lourdes S/A	52	4,50	7,80	35,10	26,0	0,12
Viação Novacap S/A	37	11,76	5,55	65,29	18,5	0,09
Viação Oeste Ocidental Ltda	15	6,00	2,25	13,50	7,5	0,04
Viação Pavunense S/A	40	2,50	6,00	15,00	20,0	0,09
Viação Penha Rio Ltda	14	4,62	2,10	9,69	7,0	0,03
Viação Redentor Ltda	98	8,33	14,70	122,50	49,0	0,23
Viação Rubanil Ltda	35	10,00	5,25	52,50	17,5	0,08
Viação Saens Peña S/A	35	5,56	5,25	29,17	17,5	0,08
Viação Santa sofia Ltda	6	3,00	0,90	2,70	3,0	0,01
Viação Top Rio Ltda “Via Rio”	32	2,50	4,80	12,00	16,0	0,08
Viação Verdun S/A	43	10,14	6,45	65,43	21,5	0,10
Viação Vila Real S/A	59	26,79	8,85	237,05	29,5	0,14
Total	2.122	410,06	318,30	2.916,08	1.061,00	5,03

¹ Valores pesquisados na internet.

² Considera 15m² para 100 pneus.

³ Considera taxa de juros de 0,9489% e valor do pneu inservível de R\$0,50.

Fonte:Elaboração própria.

APÊNDICE IX – CÁLCULO DA MÃO DE OBRA DO RECICLADOR

Dados Utilizados para Mão de Obra Administrativa do Reciclador				
Encargos Sociais Considerados		Benefícios Considerados		
13º Salário	8,33%	Vale Transporte (R\$/dia)	4,40	
Férias	11,11%	Vale Refeição (R\$/dia)	6,00	
Inss	-	Dias Úteis	22	
SAT	3,00%			
Salário Educação	-			
INCRA/SENAI/SESI/SEBRAE	-			
FGTS (a partir de 01.01.2007)	8,00%			
FGTS/Provisão de Multa para Rescisão (Descanso remunerado))	4,00%			
	7,93%			
Encargos Sociais Total	42,37%			
Custo com Mão de Obra - Reciclador ¹				
		Gestão Administrativa (R\$/mês)	Seleção, Contratação e Ger. De Pessoal (R\$/mês)	Vendas do Pneu Processado (R\$/mês)
Profissional Administrador				
Salário	1.484,58	979,82	252,38	252,38
Encargos Sociais	629,02	415,15	106,93	106,93
Benefícios	222,99	147,17	37,91	37,91
Profissional Auxiliar Administrativo				
Salário	545,00	359,70	92,65	92,65
Encargos Sociais	230,92	152,40	39,26	39,26
Benefícios	222,99	147,17	37,91	37,91
Total de Salário		1.339,52	345,03	345,03
Total de Encargos		567,56	146,19	146,19
Total de Benefícios		294,35	75,82	75,82

¹ Os valores foram rateados entre as atividades de cunho administrativos da seguinte forma: 66% para a atividade de gestão administrativa, 17% para a atividade de gerenciamento de pessoal e 17% para a atividade de vendas do pneu processado.

Dados Utilizados para Mão de Obra Operacional do Reciclador				
Encargos Sociais Considerados		Benefícios Considerados		
13º Salário	8,33%	Vale Transporte (R\$/dia)	4,40	
Férias	11,11%	Vale Refeição (R\$/dia)	6,00	
Inss	-	Dias Úteis	22	
SAT	3,00%			
Salário Educação	-			
INCRA/SENAI/SESI/SEBRAE	-			
FGTS (a partir de 01.01.2007)	8,00%			
FGTS/Provisão de Multa para Rescisão (Descanso remunerado))	4,00%			
	7,93%			
Encargos Sociais Total	42,37%			
Custo com Mão de Obra - Reciclador ²				
		Manuseio do Pneu Inservível	Processamento do Pneu Inservível	Carregamento/ Descarregamento
Profissional da Fabricação de Produtos de Borracha				
Salário	545,00	408,75	1.226,25	-
Encargos Sociais	230,92	173,19	519,56	-
Benefícios	222,99	167,24	501,73	-
Profissional Ajudante do Motorista				
Salário	700,00	-	-	700,00
Encargos Sociais	296,59	-	-	296,59
Benefícios	222,99	-	-	222,99
Total de Salário		408,75	1.226,25	700,00
Total de Encargos		173,19	519,56	296,59
Total de Benefícios		167,24	501,73	222,99

² Os valores foram rateados entre as atividades de cunho operacional da seguinte forma: 3 profissionais da fabricação de produtos de borracha, sendo 25% para a atividade de manuseio do pneu inservível e 75% para a atividade de processamento do pneu inservível e 1 profissional ajudando do motorista para o veículo de coleta, sendo 100% para a atividade carregamento/d Descarregamento dos pneus inservíveis coletados.

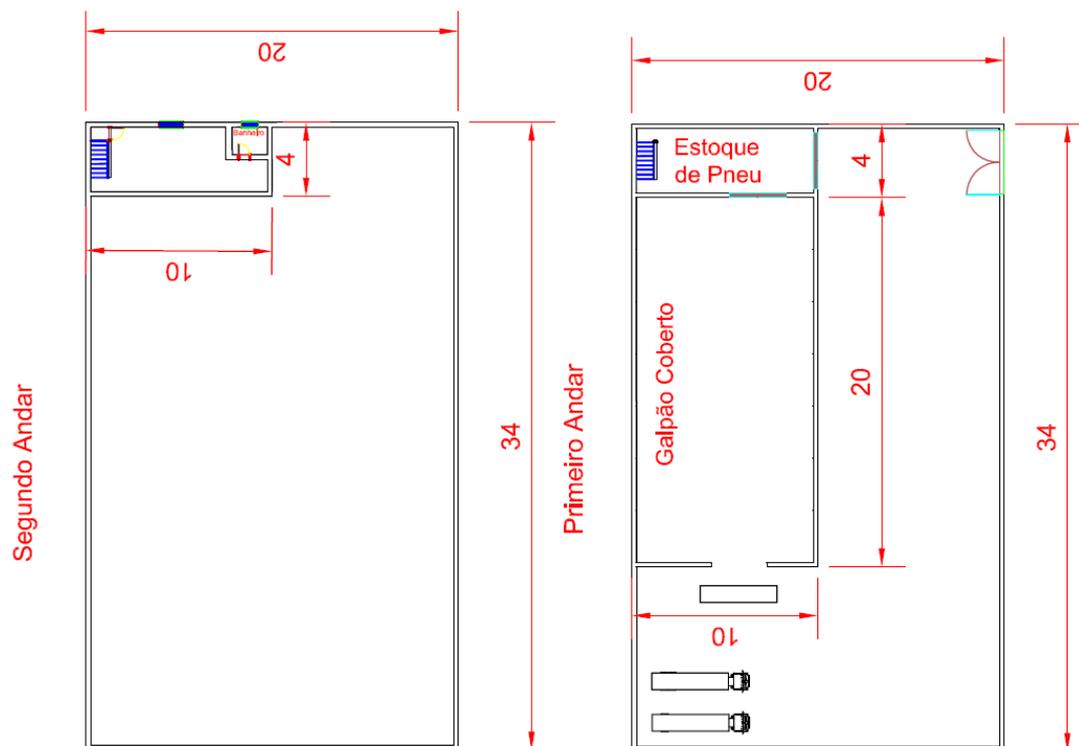
APÊNDICE X – CÁLCULO DO CUSTO DE ARMAZENAGEM DO RECICLADOR

Tabela X.1: Cálculo do custo de armazenagem do reciclador.

Atividade	Área (m ²)	Custo de Infraestrutura ¹ (R\$/mês)	Custo de Armazenagem ¹ (R\$/mês)
Gestão Administrativa - Pátio	410	4.821,60	-
Armazenamento do Pneu Inservível	40	-	470,40
Processamento do Pneu Inservível	200	2.352,00	-
Armazenamento do Pneu Processado	30	-	352,80

¹ Considera R\$ 11,76 por m²

Fonte: elaboração própria.



APÊNDICE XI – CÁLCULO DO CUSTO DE CAPITAL DOS MÓVEIS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PELO RECICLADOR

Tabela XI.1: Cálculo do custo de capital dos móveis e equipamentos utilizados pelo reciclador.

	Quantidade	Valor (R\$/unid)	Valor total (R\$)
Mesa de escritório	2	139,00	278,00
Cadeira de escritório	2	89,00	178,00
Estante	1	139,00	139,00
Computador	2	854,05	1.708,10
Ar Condicionado	1	799,00	799,00
Total		2.020,05	3.102,10
Taxa de juros mensal			0,949%
Vida útil			60
Valor residual			155,11
Custo de capital			66,12

Fonte: Elaboração própria com base em SHOPPING MATRIZ (2011), CASAS BAHIA (2011a), AMERICANAS (2011).

Tabela XI.2: Cálculo do custo de capital do aparelho de nextel e do serviço utilizado.

	Quantidade	Valor (R\$/unid)	Valor total (R\$)
Nextel	2	299,00	598,00
Total		299,00	598,00
Taxa de juros mensal			0,949%
Vida útil			60
Valor residual			29,90
Custo de capital			12,75
Serviço de nextel	1	85,00	85,00

Fonte: Elaboração própria com base em CASAS BAHIA (2011) e NEXTEL (2011).

APÊNDICE XII – INFORMAÇÕES SOBRE EQUIPAMENTO DE PROCESSAMENTO DE PNEUS INSERVÍVEIS

Tabela XII.1: Informações sobre equipamento de processamento de pneus inservíveis.

Maquina	Qty	preço	
Sg-1200 removedor de aço	1	R\$	118.000,00
Zqj-1200 corta o pneu	1	R\$	105.000,00
Ds- 900 transportador de pneu	2	R\$	27.600,00
Zps- 900 moinho	1	R\$	308.200,00
Total		R\$	586.400,00
Custo de manutenção (R\$/mês) ¹		R\$	3.097,60
Custo de Operação (R\$/mês) ²		R\$	4.017,62
Custo de capital uniforme		R\$	5.746,87

¹ Custo médio de manutenção para um equipamento com capacidade de processamento entre 600 t e 1000t/mês considerando 1 turno de 8hs. R\$ 100,00 t/mês.

² Este custo considera o gasto médio com água e energia. Foram utilizadas informações de consumo referentes a um equipamento de capacidade similar, porém com que inclui a granulação do pneu em partículas menores que 10mm, a separação do aço e do nylon.

Fonte: Elaboração própria com base em FERREIRA (2011), ALMEIDA (2011), PAGLIOLLI (2011) e ZHEJIANG (2011).

**APÊNDICE XIII – RECEITA OBTIDA POR MEIO DA VENDA DO AÇO
RETIRADO DO PNEU INSERVÍVEL**

Tabela XIII.1: Receita obtida por meio da venda do aço retirado do pneu inservível.

Coproduto		
Produto	Aço retirado do pneu	
	215/75 R17.5	275/80 R22.5
Peso do pneu	28,5	58,6
Quantidade (kg/pneu)	3,135	6,446
Quantidade de pneus (unid/mês)	418	1.704
Aço (kg)	1.310	10.984
Valor (R\$/kg)	R\$ 0,10	R\$ 0,10
Valor total (R\$/mês)	R\$ 131,04	R\$ 1.098,40
Total	R\$ 1.229,44	

Fonte: Elaboração própria com base em NOVICKI e MARTIGNONI (2010) e COMERCEIO DO FERRO (2011).

APÊNDICE XIV – PREÇO DO COQUE DE PETRÓLEO

Tabela XIV.1:Preço do coque de petróleo.

Insumos			
Coque de Petróleo (USD/t)	160,00	195,00	230,00
Cotação do dólar - jan/11 (R\$)	1,685	1,685	1,685
Coque de Petróleo (R\$/t)	269,60	328,58	387,55
Valor do Frete (R\$/t)	40,00	50,00	60,00
Valor do Coque de Petróleo com Frete Incluso (R\$/t)	309,60	378,58	447,55
Quantidade transportada (t)	176	176	176
Valor do Coque de Petróleo com Frete Incluso (R\$/mês)	R\$ 54.489,60	R\$ 66.629,20	R\$ 78.768,80

Fonte: Elaboração própria com base em FREITAS (2011) e CACHIOLO (2011b).

ANEXO I - RELATÓRIO DE ROTAS DE COLETA GERADO NO TRASCAD

Route 1					
Total Time					4:15
Capacity					108.0
Vehicle Type					1
Total Distance					66.2
Depart Load					0.0
No.	Name	Arrival	Depart	Distance	Pickup
	Unidade de reciclagem		8:00am		
1	VIAÇÃO OESTE OCIDENTAL LTDA	8:19am	9:06am	19.3	17.0
2	VIAÇÃO SANTA SOFIA LTDA	9:13am	9:49am	4.3	6.0
3	EMPRESA DE VIAÇÃO ALGARVE LTDA	10:04am	11:35am	10.0	61.0
END	Unidade de reciclagem	12:15pm		32.6	
Total				66.2	84.0
Route 2					
Total Time					3:48
Capacity					108.0
Vehicle Type					1
Total Distance					59.5
Depart Load					0.0
No.	Name	Arrival	Depart	Distance	Pickup
	Unidade de reciclagem		8:00am		
1	TRANSPORTES CAMPO GRANDE LTDA	8:16am	9:32am	16.2	46.0
2	EXPRESSO PÉGASO LTDA 2	9:49am	11:11am	13.5	52.0
END	Unidade de reciclagem	11:48am		29.7	
Total				59.5	98.0
Route 3					
Total Time					3:24
Capacity					108.0
Vehicle Type					1
Total Distance					59.5
Depart Load					0.0
No.	Name	Arrival	Depart	Distance	Pickup
	Unidade de reciclagem		8:00am		
1	EXPRESSO PÉGASO LTDA 1	8:30am	10:48am	29.7	108.0
END	Unidade de reciclagem	11:24am		29.7	
Total				59.5	108.0
Route 4					
Total Time					3:35
Capacity					108.0
Vehicle Type					1
Total Distance					46.4

Depart Load					0.0
No.	Name	Arrival	Depart	Distance	Pickup
	Unidade de reciclagem		8:00am		
1	TRANSPORTES PARANAPUAN S/A	8:23am	9:37am	22.9	44.0
2	EMPRESA VIAÇÃO IDEAL S/A	9:38am	10:41am	0.5	33.0
END	Unidade de reciclagem	11:35am		22.9	
Total				46.4	77.0
Route 5					
Total Time					3:02
Capacity					108.0
Vehicle Type					1
Total Distance					40.9
Depart Load					0.0
No.	Name	Arrival	Depart	Distance	Pickup
	Unidade de reciclagem		8:00am		
1	AUTO VIAÇÃO JABOUR LTDA 1	8:20am	10:38am	20.5	108.0
END	Unidade de reciclagem	11:02am		20.5	
Total				40.9	108.0
Route 6					
Total Time					4:05
Capacity					108.0
Vehicle Type					1
Total Distance					43.5
Depart Load					0.0
No.	Name	Arrival	Depart	Distance	Pickup
	Unidade de reciclagem		8:00am		
1	ERIG TRANSPORTES LTDA	8:16am	9:17am	16.2	31.0
2	TRANSPORTES SÃO SILVESTRE S/A	9:43am	11:10am	8.9	57.0
END	Unidade de reciclagem	12:05pm		18.3	
Total				43.5	88.0
Route 7					
Total Time					4:06
Capacity					108.0
Vehicle Type					1
Total Distance					39.5
Depart Load					0.0
No.	Name	Arrival	Depart	Distance	Pickup
	Unidade de reciclagem		8:00am		
1	VIAÇÃO ANDORINHA LTDA	8:14am	9:51am	14.2	67.0
2	VIAÇÃO PAVUNENSE S/A	10:30am	11:40am	15.5	40.0
END	Unidade de reciclagem	12:06pm		9.8	
Total				39.5	107.0
Route 8					

Total Time	3:20
Capacity	108.0
Vehicle Type	1
Total Distance	26.6
Depart Load	0.0

No.	Name	Arrival	Depart	Distance	Pickup
	Unidade de reciclagem		8:00am		
1	VIAÇÃO SAENS PEÑA S/A	8:13am	9:18am	13.3	35.0
2	AUTO VIAÇÃO TIJUCA S/A	9:19am	10:39am	0.1	50.0
END	Unidade de reciclagem	11:20am		13.2	
Total				26.6	85.0

Route 9

Total Time	3:09
Capacity	108.0
Vehicle Type	1
Total Distance	25.7
Depart Load	0.0

No.	Name	Arrival	Depart	Distance	Pickup
	Unidade de reciclagem		8:00am		
1	REAL AUTO ÔNIBUS LTDA 1	8:13am	10:31am	12.8	108.0
END	Unidade de reciclagem	11:09am		12.8	
Total				25.7	108.0

Route 10

Total Time	3:15
Capacity	108.0
Vehicle Type	1
Total Distance	25.6
Depart Load	0.0

No.	Name	Arrival	Depart	Distance	Pickup
	Unidade de reciclagem		8:00am		
1	TRANSPORTES VILA ISABEL S/A	8:12am	9:22am	12.2	40.0
2	TRANSPORTES ESTRELA AZUL S/A	9:25am	10:36am	1.0	41.0
END	Unidade de reciclagem	11:15am		12.4	
Total				25.6	81.0

Route 11

Total Time	3:29
Capacity	108.0
Vehicle Type	1
Total Distance	26.0
Depart Load	0.0

No.	Name	Arrival	Depart	Distance	Pickup
	Unidade de reciclagem		8:00am		
1	TRANSPORTES AMIGOS UNIDOS S/A	8:12am	9:25am	12.2	43.0
2	VIAÇÃO NOSSA	9:38am	11:00am	3.9	52.0

	SENHORA DE LOURDES S/A					
END	Unidade de reciclagem	11:29am			9.8	
				Total	26.0	95.0
Route 12						
		Total Time			4:04	
		Capacity			108.0	
		Vehicle Type			1	
		Total Distance			28.5	
		Depart Load			0.0	
No.	Name	Arrival	Depart	Distance	Pickup	
	Unidade de reciclagem		8:00am			
1	TRANSPORTES AMÉRICA LTDA	8:12am	9:10am	11.5	28.0	
2	BREDA RIO TRANSPORTES LTDA	9:20am	10:27am	4.2	37.0	
3	CAPRICHOSA AUTO ÔNIBUS LTDA	10:33am	11:32am	2.1	29.0	
END	Unidade de reciclagem	12:04pm			10.7	
				Total	28.5	94.0
Route 13						
		Total Time			3:49	
		Capacity			108.0	
		Vehicle Type			1	
		Total Distance			34.0	
		Depart Load			0.0	
No.	Name	Arrival	Depart	Distance	Pickup	
	Unidade de reciclagem		8:00am			
1	RODOVIÁRIA A. MATIAS LTDA	8:07am	9:09am	6.9	32.0	
2	TRANSPORTES SANTA MARIA LTDA	9:41am	11:05am	15.0	54.0	
END	Unidade de reciclagem	11:49am			12.1	
				Total	34.0	86.0
Route 14						
		Total Time			4:13	
		Capacity			108.0	
		Vehicle Type			1	
		Total Distance			35.8	
		Depart Load			0.0	
No.	Name	Arrival	Depart	Distance	Pickup	
	Unidade de reciclagem		8:00am			
1	LITORAL RIO TRANSPORTES LTDA	8:12am	9:42am	12.1	60.0	
2	AUTO VIAÇÃO ALPHA S/A	10:23am	11:40am	13.6	47.0	
END	Unidade de reciclagem	12:13pm			10.1	
				Total	35.8	107.0
Route 15						
		Total Time			4:20	

Capacity				108.0	
Vehicle Type				1	
Total Distance				27.4	
Depart Load				0.0	
No.	Name	Arrival	Depart	Distance	Pickup
	Unidade de reciclagem		8:00am		
1	VIAÇÃO TOP RIO LTDA "VIA RIO"	8:10am	9:12am	10.1	32.0
2	VIAÇÃO RUBANIL LTDA	9:34am	10:39am	5.2	35.0
3	VIAÇÃO NOVACAP S/A	11:11am	12:18pm	11.2	37.0
END	Unidade de reciclagem	12:20pm		0.9	
Total				27.4	104.0
Route 16					
Total Time				2:48	
Capacity				108.0	
Vehicle Type				1	
Total Distance				20.4	
Depart Load				0.0	
No.	Name	Arrival	Depart	Distance	Pickup
	Unidade de reciclagem		8:00am		
1	VIAÇÃO REDENTOR LTDA 1	8:10am	10:18am	10.2	98.0
END	Unidade de reciclagem	10:48am		10.2	
Total				20.4	98.0
Route 17					
Total Time				3:42	
Capacity				108.0	
Vehicle Type				1	
Total Distance				25.5	
Depart Load				0.0	
No.	Name	Arrival	Depart	Distance	Pickup
	Unidade de reciclagem		8:00am		
1	TRANSPORTES FUTURO LTDA	8:10am	9:43am	10.2	63.0
2	VIAÇÃO VERDUN S/A	10:12am	11:25am	9.7	43.0
END	Unidade de reciclagem	11:42am		5.7	
Total				25.5	106.0
Route 18					
Total Time				4:17	
Capacity				108.0	
Vehicle Type				1	
Total Distance				31.2	
Depart Load				0.0	
No.	Name	Arrival	Depart	Distance	Pickup
	Unidade de reciclagem		8:00am		
1	VIAÇÃO PENHA RIO LTDA	8:11am	8:55am	11.0	14.0
2	AUTO VIAÇÃO TRÊS AMIGOS S/A	9:16am	10:29am	8.4	43.0

3	VIAÇÃO MADUREIRA CANDELÁRIA LTDA	10:38am	11:51am	3.2	43.0
END	Unidade de reciclagem	12:17pm		8.6	
Total				31.2	100.0
Route 19					
Total Time					3:14
Capacity					108.0
Vehicle Type					1
Total Distance					27.6
Depart Load					0.0
No.	Name	Arrival	Depart	Distance	Pickup
	Unidade de reciclagem		8:00am		
1	AUTO DIESEL LTDA	8:10am	9:04am	10.1	24.0
2	AUTO VIAÇÃO BANGU LTDA	9:29am	11:03am	9.5	64.0
END	Unidade de reciclagem	11:14am		8.0	
Total				27.6	88.0
Route 20					
Total Time					3:58
Capacity					108.0
Vehicle Type					1
Total Distance					22.7
Depart Load					0.0
No.	Name	Arrival	Depart	Distance	Pickup
	Unidade de reciclagem		8:00am		
1	EMPRESA DE TRANSPORTES BRASO LISBOA LTDA	8:06am	9:22am	6.4	46.0
2	VIAÇÃO NORMANDY DO TRIÂNGULO LTDA	9:35am	10:16am	5.1	11.0
3	TRANSURB S/A	10:24am	11:37am	4.6	43.0
END	Unidade de reciclagem	11:58am		6.7	
Total				22.7	100.0
Route 21					
Total Time					3:01
Capacity					108.0
Vehicle Type					1
Total Distance					8.2
Depart Load					0.0
No.	Name	Arrival	Depart	Distance	Pickup
	Unidade de reciclagem		8:00am		
1	VIAÇÃO VILA REAL S/A	8:02am	9:31am	2.3	59.0
2	TRANSPORTES ESTRELA S/A	9:35am	10:51am	1.9	46.0
END	Unidade de reciclagem	11:01am		4.0	
Total				8.2	105.0
Route 22					
Total Time					2:57
Capacity					108.0

Vehicle Type					1
Total Distance					7.8
Depart Load					0.0
No.	Name	Arrival	Depart	Distance	Pickup
	Unidade de reciclagem		8:00am		
1	TRANSPORTES BARRA LTDA	8:01am	9:22am	0.8	51.0
2	VIAÇÃO ACARI S/A	9:33am	10:47am	3.9	44.0
END	Unidade de reciclagem	10:57am		3.1	
Total				7.8	95.0