

MODELO CONCEITUAL DA CADEIA LOGÍSTICA REVERSA DE PNEUS INSERVÍVEIS

Cristiane Duarte Ribeiro de Souza

Márcio de Almeida D'Agosto

Programa de Engenharia de Transporte

Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia - COPPE

Universidade Federal do Rio de Janeiro

RESUMO

No Brasil, produtores e importadores de pneumáticos são responsáveis por uma adequada coleta e destinação dos pneus inservíveis gerados em território nacional. No entanto, observa-se que a quantidade de pneus inservíveis destinada de forma correta ainda encontra-se abaixo da meta estipulada. Este trabalho tem por objetivo propor um modelo conceitual de cadeia logística reversa de pneus inservíveis. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica e documental de experiências nacionais e internacionais sobre a coleta, armazenagem, processamento e destinação de pneus inservíveis, com o intuito de subsidiar a elaboração do modelo proposto. Acredita-se que por meio de uma análise da cadeia logística reversa de pneus inservíveis seja possível verificar melhores práticas para a reintrodução deste resíduo no ciclo produtivo.

ABSTRACT

In Brazil, tires producers and importers are responsible for proper collection and disposal of scrap tires produced in the national territory. However, it is observed that the quantity of scrap tires correctly designed is still below the target set. This paper aims to propose a conceptual model for reverse logistics chain of scrap tires. A national and international experiences literature and documents survey was conducted about collection, storage, processing and disposal of scrap tires in order to subsidize the development of the proposed model. It is believed that through an analysis of the reverse logistics chain of scrap tires best practices can be verified for the return of this waste in the production cycle.

1. INTRODUÇÃO

O pneu é um elemento essencial para o funcionamento dos veículos rodoviários, pois permite sua tração e sustentação de forma segura e confortável. Em virtude de sua relação com o setor de transporte, tem-se observado um crescimento na produção de pneumáticos (Goto, 2007).

O pneu possui uma vida útil limitada, tornando-se após determinado período de uso, inservível. Em função das suas características constitutivas dever-se-ia dar destino apropriado ao mesmo. Para o desempenho efetivo desta atividade faz-se necessário estruturar a cadeia logística reversa, de modo que esta seja capaz de apoiar a gestão da coleta, armazenagem, transferência e destinação dos pneus inservíveis, agregando valor a este resíduo.

Este trabalho tem por objetivo propor um modelo conceitual de cadeia logística reversa do pneu inservível que se adéque a realidade brasileira e apóie a gestão deste resíduo. Tal modelo foi elaborado com base em uma revisão bibliográfica e documental, nacional e internacional.

A partir desta introdução, o trabalho é dividido em 4 itens. No item 2 apresenta-se a conceituação e as destinações do pneu usado. O item 3 apresenta as experiências nacionais e internacionais de gerenciamento de pneus inservíveis analisadas. No item 4 propõe-se um modelo conceitual de cadeia logística reversa do pneu inservível. Finalmente, o item 5 apresenta as considerações finais e recomendações deste trabalho.

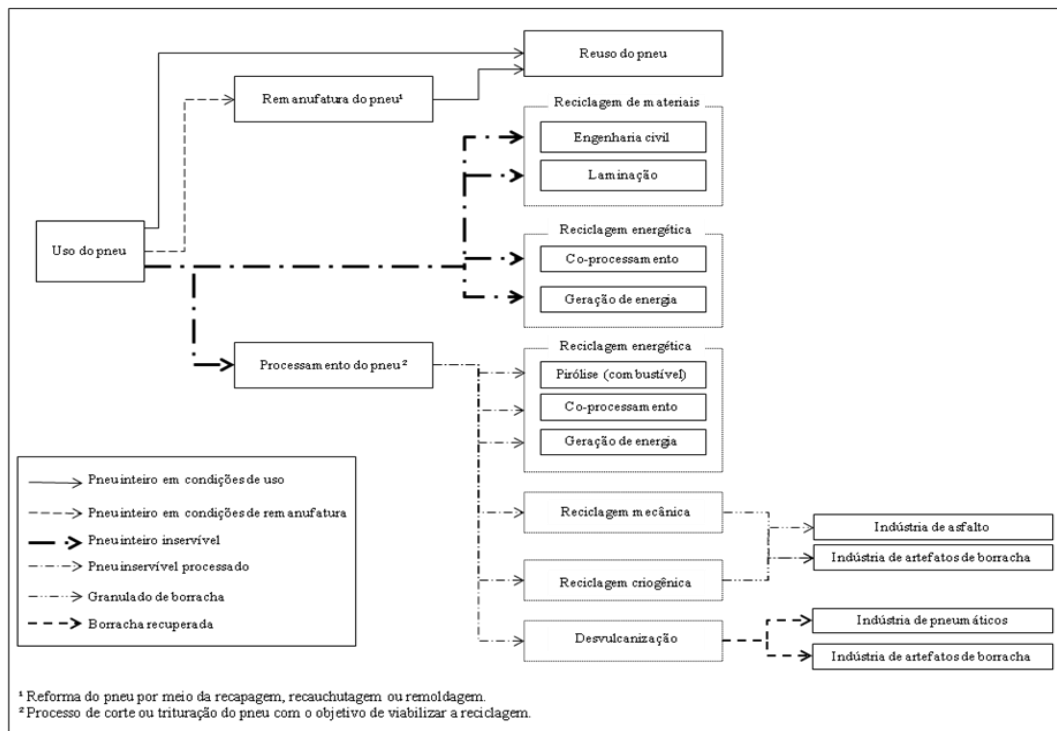
2. O PNEU USADO E SUAS DESTINAÇÕES

O pneu é composto por borracha natural e borracha sintética, elaborada a partir do petróleo, além de negro de fumo, arame de aço, tecido de nylon, óxido de zinco, enxofre e aditivos.

Segundo a ANIP (2009), as quantidades de cada elemento na fabricação do pneu variam de acordo com o tipo de pneu a ser produzido.

Segundo Nohara *et al*, 2006, o volume e a forma do pneu não permitem a 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. Sendo assim, é preciso buscar alternativas que permitam a reinserção do pneu usado em algum ciclo produtivo, visando à redução do consumo de matérias-primas e a minimização dos impactos ambientais de um descarte inadequado.

A Figura 1 apresenta 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: em condições de uso, em condições de remanufatura e inservível.



Fonte: Elaboração própria a partir de Resende (2004), Costa (2009), Costa (2007), Goto (2007), Andrade (2007), Beukering e Janssen (2001).

Figura 1: Alternativas para a destinação de pneus usados.

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, devendo ter como destinação adequada a reciclagem com o intuito de recuperar seus componentes, reintroduzindo-os em algum ciclo produtivo.

O ciclo produtivo onde o pneu será inserido está diretamente relacionado ao tipo de reciclagem utilizada. Considerando a etapa de uso final, a desvulcanização apresenta-se como o tipo de reciclagem que recupera de forma mais adequada às propriedades da borracha e que permite que esta seja reintroduzida no próprio ciclo produtivo de um novo pneu, porém possui um alto custo e conseqüentemente, uma baixa utilização. Segundo Motta (2008) a reciclagem

energética apresenta-se como a pior opção. No entanto, no Brasil, prevalece o uso do pneu para co-processamento (reciclagem energética) e confecção de artefatos de borracha produzidos, na maioria das vezes, por meio da reciclagem mecânica ou da laminação (reciclagem de materiais).

3. CADEIA LOGÍSTICA REVERSA DO PNEU INSERVÍVEL

Mundialmente, observa-se um avanço da legislação que regulamenta a coleta e a destinação de pneus inservíveis que incentiva o surgimento de iniciativas de gerenciamento da cadeia logística reversa de pneus inservíveis. De acordo com ETRMA (2007), a União Européia define que a responsabilidade de gerir essa cadeia pode ser atribuída ao produtor, ao governo ou ao mercado livre, conforme a estrutura definida em cada país ou região.

Com base em uma pesquisa bibliográfica e documental, elaborou-se uma síntese das experiências nacionais e internacionais de gerenciamento da cadeia logística reversa de pneus inservíveis.

3.1. Experiências nacionais

A coleta e adequada destinação dos pneus inservíveis gerados no Brasil é de responsabilidade dos produtores e importadores de pneumáticos, devendo ser considerada para destinação a seguinte proporção: para cada pneu novo comercializado para o mercado de reposição é necessário dar destinação adequada a um pneu inservível (MMA, 2009).

Além disso, no Brasil, é proibida a destinação de pneus em locais inapropriados que possam causar danos ao meio ambiente ou a saúde pública, sendo vedada, também, a queima de pneus inservíveis a céu aberto ou sua disposição em aterros sanitários.

Com o intuito de verificar como funciona o gerenciamento de pneus inservíveis no Brasil, foram pesquisadas quinze instituições, sendo uma delas sem fins lucrativos, denominada Reciclanip, que representa os produtores de pneumáticos Bridgestone Firestone, Goodyear, Michelin e Pirelli, e quatorze instituições que atuam junto à cadeia logística reversa do pneu inservível, em um sistema de mercado livre.

As informações obtidas junto às instituições encontram-se organizadas em 2 tabelas: a Tabela 1 que apresenta informações gerais sobre as instituições e a Tabela 2 que apresenta informações sobre a estrutura da cadeia logística verificada em cada instituição.

Analisando a Tabela 1, 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, apenas 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.

Tabela 1: Informações gerais sobre as experiências nacionais analisadas.

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

Fonte: Elaboração própria a partir de Bittencourt (2010), Capovilla (2010), Evangelista (2010), Ferraz (2010), Ferreira (2010), Martins (2010b), Murad (2009), Nascimento (2010), Oliveira (2010), Panizio (2010), Pimenta (2010), Rio Limpo (2010) Silva (2010a), Silva (2010b), Silva (2010c).

Na Tabela 2 é possível verificar que apenas 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. É possível que este destino intermediário seja 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.

Tabela 2: Informações sobre o processo das 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	Bittencourt Reciclagem de pneus	Sim	Sim	Bittencourt 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	UTEF	Depósito da empresa	Sim	Não	-	Não	Sim	UTEF	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	Industria de cimento	Co-processamento

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 Bittencourt (2010), Capovilla (2010), Evangelista (2010), Ferraz (2010), Ferreira (2010), Martins (2010b), Murad (2009), Nascimento (2010), Oliveira (2010), Panizio (2010), Pimenta (2010), Rio Limpo (2010) Silva (2010a), Silva (2010b), Silva (2010c).

No depósito central, pode-se realizar triagem dos pneus, separando-os em: condições de uso, condições de remanufatura e inservíveis. Porém, dentre as instituições pesquisadas apenas 20% realizam esta triagem e encaminham os pneus em condições de uso ou de remanufatura para o mercado secundário. 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, pode-se observar que prevalece a utilização de reciclagem mecânica e de materiais. No uso final, prevalece a destinação por meio de co-processamento em indústrias de cimento.

3.2. Experiências internacionais

Para a pesquisa das experiências internacionais considerou-se 8 países entre os 10 de maior PIB (IBGE, 2007) que possuem informações estruturadas sobre o gerenciamento de pneus inservíveis e 4 países que apesar de um PIB menor apresentam informações estruturadas sobre o gerenciamento de pneus inservíveis. Os dados obtidos nessa pesquisa foram analisados e estruturados em duas tabelas (Tabela 3 e Tabela 4).

Tabela 3: 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
Canadá	Ontário	2002	Mercado livre	-	Sim	Não informado	-	-	Sim	-	Sim
Canadá	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 Alipur (2010), Atech Group (2001), AZDEQ (2000), Bojenki *et al* (2008), CATRA (2006), Corbetta (2010), DEFRA (2005, 2007), Ecoelastika (2010), Ecovalor (2007, 2010), EPA (1999), ETRMA (2007, 2009), Ferrão, Ribeiro e Silva (2007), Foster (2008), Houghton et al (2004), JATMA (2009), Karagiannidis *et al* (2008), Lagarinhos e Tenório (2009), MARM (2009), Martins (2010a), Nakao e Yamomoto (2002), OTS (2009), REG (2010), RMA (2009), RRFB (2008, 2010), Signus (2010), Slater (2006), Tnu (2008, 2010), URS (2005), Valorpneu (2008, 2010), Wagner e Arnold (2006).

Na Tabela 3 pode-se verificar que 50% das experiências 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. A Itália encontra-se em processo de mudança de regime de responsabilidade (ETRMA, 2007).

Tabela 4: Informações sobre o processo das experiências internacionais analisadas.

País	Local de atuação	Coleta no gerador ¹	Destino intermediário ²		1ª Transferência			Depósito central	Triagem centralizada ³		Encaminha para remanufatura	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 manutenção 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 manutenção	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
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 Scócia	Sim. Consumidor, Empresa de manutenção 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, granulado 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

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, reforma 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 Alipur (2010), Atech Group (2001), AZDEQ (2000), Bojenki *et al* (2008), CATRA (2006), Corbetta (2010), DEFRA (2005, 2007), Ecoelastika (2010), Ecovalor (2007, 2010), EPA (1999), ETRMA (2007, 2009), Ferrão, Ribeiro e Silva (2007), Foster (2008), Houghton et al (2004), JATMA (2009), Karagiannidis *et al* (2008), MARM (2009), Martins (2010a), Nakao e Yamomoto (2002), OTS (2009), REG (2010), RMA (2009), RRFB (2008, 2010), Signus (2010), Slater (2006), Tnu (2008, 2010), URS (2005), Valorpneu (2008, 2010), Wagner e Arnold (2006).

Na Tabela 3, dentre os países pesquisados, 57% reciclam mais de 90% do volume de pneus inservíveis gerados. 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 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 (Lagarinhos e Tenório, 2009).

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.

No que tange as informações da Tabela 4, em relação ao processo de coleta, 43% das instituições efetuam a coleta no gerador (empresas de manutenção 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 uma triagem dos pneus coletados. Nesse sentido, verifica-se que em 71% das experiências realiza-se algum tipo de triagem, usualmente, associada ao encaminhamento dos pneus para o mercado secundário ou para remanufatura.

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 86% das experiências analisadas, utiliza-se como destino para os pneus inservíveis a geração de energia e co-processamento.

4. MODELO CONCEITUAL DE CADEIA LOGÍSTICA REVERSA DO PNEU INSERVÍVEL

Com base nas experiências nacionais e internacionais analisadas nos itens 2.1 e 2.2, foi possível propor um modelo conceitual para a cadeia logística reversa do pneu inservível (Figura 2). Nos países analisados o processo de gerenciamento de pneus inservíveis apresenta particularidades. Desta forma, o modelo proposto foi elaborado para ser flexível e aderente a tais particularidades.

O modelo 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 existente 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: em condições de uso, em condições de remanufatura e 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 possuam 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.

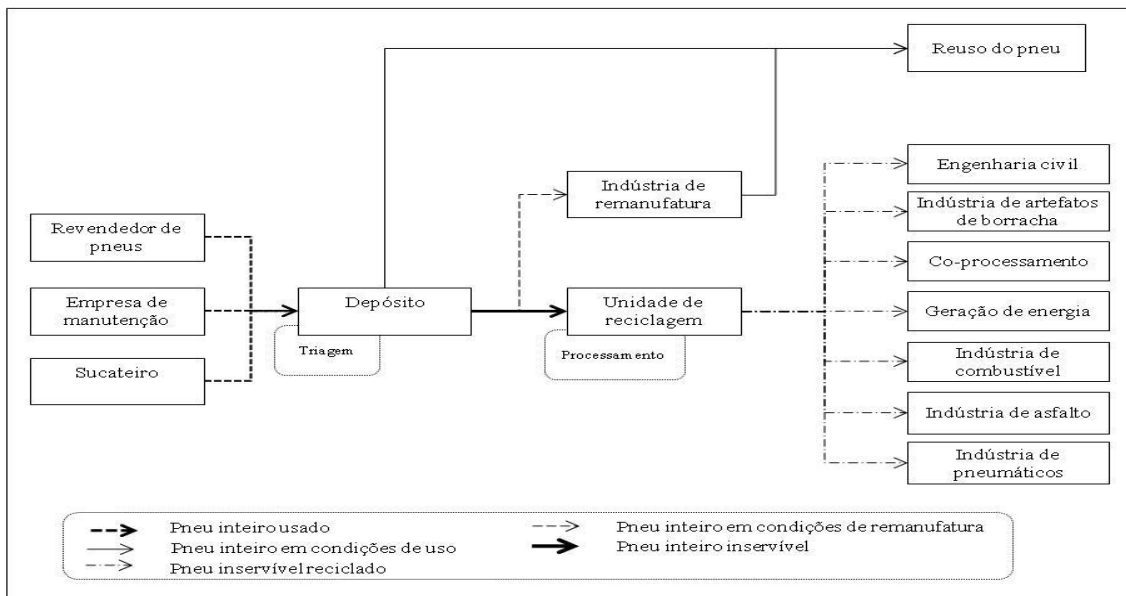


Figura 2: Modelo conceitual da cadeia logística reversa de pneus inservíveis.

De acordo com o apresentado na Figura 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.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, 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, no entanto, esta não se apresenta como a mais efetiva.

Verificou-se que a opção que permite um melhor aproveitamento da borracha é a desvulcanização. Porém, em virtude de seu alto custo esta é a técnica menos utilizada. Isto demonstra que para que a reintrodução do pneu inservível no processo produtivo seja realizada de forma efetiva, faz-se necessário o aprimoramento das tecnologias de reciclagem.

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 trabalho, foi possível elaborar um modelo conceitual para a cadeia logística reversa de pneus inservíveis, que considera os principais elementos do processo e que se adéqua a realidade brasileira. Por meio da análise desta cadeia, pôde-se compreender melhor o processo de gerenciamento de pneus inservíveis e espera-se ser possível sugerir novas estratégias que proporcionem uma gestão efetiva da coleta, armazenagem, transferência e destinação dos pneus inservíveis, agregando valor a este resíduo.

Como limitação, é importante citar que o modelo conceitual proposto para a cadeia logística reversa do pneu inservível não foi testado em uma situação prática. Para trabalhos futuros, recomenda-se que tal modelo seja testado com o intuito de verificar se sua aplicação em uma situação real será capaz de trazer benefícios ao processo de gerenciamento de pneus inservíveis. Sugere-se ainda, que seja realizado um estudo mais detalhado sobre a etapa de uso final. Tal estudo poderia verificar quais os produtos que podem ser substituídos pelo pneu, qual a proporção de substituição e o seu valor no mercado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alipur (2010) *Informações sobre a Empresa e o Gerenciamento de Pneus Inservíveis Operado pela Alipur, na França*. Disponível em <http://www.aliapur.fr/modules/movie/scenes/home/index.php?FUSEBOX_LANG=2>. Data de acesso: 12/03/2010.
- Andrade, H.S. (2007) *Pneus Inservíveis: Alternativas Possíveis de Reutilização*. Monografia. Departamento de Ciências Econômicas. Universidade Federal de Santa Catarina, SC.
- ANIP (2009) *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.
- 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.
- Beukering, P.J.H., M.A. e Janssen (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., Y. Dong, J. Gabrini, A. Mitchell. e M, Seaboyer (2008) *Waste Tire Management in Nova Scotia*. Dalhousie University.
- Capovilla, M. (2010) Informações sobre o processo de reciclagem de pneus. Auxiliar de qualidade e meio ambiente da empresa Mazola Comércio, Logística e Reciclagem Ltda. 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.
- DEFRA (2005) *Tyre Disposal*. Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA) 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.
- 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 o processo de reciclagem de pneus. Gerente Administrativo da empresa Tyre Eco. Comunicação por email em 04/05/2010.
- Ferraz, M. (2010) Informações sobre o processo de reciclagem de pneus. Assistente comercial da empresa Ecobalbo Reciclagem de Pneus Ltda. Comunicação por telefone em 12/05/2010.
- Ferrão, P., P. RIBEIRO e P, Silva. (2007). A management System for End-of-Life Tyres: A Portuguese Case Study. *Waste Management*. p. 604–614.
- Ferreira, C. (2010) Informações sobre a instituição Xibiu Comércio e reciclagem de Pneus. Gerente. Comunicação pessoal em 29/04/2010.
- 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).
- 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.
- Houghton, N., K. Preski, N. Rockliffe, D. Tsolakis (2004) *Economics of Tyre Recycling*. Department of Environment and Heritage. ARRB Transport Research Ltd.
- 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., T. Kasampalis, I. Antonopoulos, G. Perkoulidis e S. Zabaniotou (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.
- Lacerda, L. P. (2001) *Pneus Descartados no Brasil – Subsídios para uma Reflexão sobre o Problema na Bahia*. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais na Indústria. Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia.
- Lagarinhos, C.A.F. e J.A.S, Tenório. (2008) Reutilização, Reciclagem e Valorização Energética de Pneus no Brasil. *Revista Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol.18, nº2, p.106-118.
- 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. (2010a) *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. (2010b) Informações sobre o processo de reciclagem de pneus. Funcionário da empresa Tema Comércio de Pneus. Comunicação por telefone em 11/05/2010.
- 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. Disponível em:

- <http://www.mma.gov.br/port/conama>. Data de acesso: 15/12/2009.
- Motta, F. G. (2008) A cadeia de destinação dos pneus inservíveis – o papel da regulação e do desenvolvimento tecnológico. *Ambiente & Sociedade*. Vol. XI, n1. p 00-00. jan-jun. Campinas.
- Murad, R. (2009) *Apresentação sobre a Reciclanip*. Material encaminhado por email.
- Nakao, Y. e K. Yamamoto. (2002) *Waste Tire Recycle and its Collection System*. Nippon Steel Technical Report nº 86. July 2002.
- Nascimento, M. (2010) Informações sobre o processo de reciclagem de pneus. Funcionário do departamento financeiro da empresa Laminação de Pneus Mandaguari Ltda. Comunicação por telefone em 12/05/2010.
- Nohara, J.J., C. R., Acevedo, B.C.C, Pires e R.M, Corsino. (2006) *GS-40 - Resíduos Sólidos: Passivo Ambiental e Reciclagem de Pneus*. *THESIS*, São Paulo, ano I, v.3 , p. 21-57, 2º Semestre, 2005.
- OTS (2009) *Used Tires Program Plan - Waste Diversion Ontario*. Ontario Tire Stewardship (OTS).
- Oliveira, J.M. (2010) Informações sobre o processo de reciclagem de pneus. Funcionário da empresa Laminação de Pneus Amazonas. Comunicação por telefone em 11/05/2010.
- Panizio, D.H. (2010) Informações sobre o processo de reciclagem de pneus. Funcionário da empresa Laminadora Maracanã. Comunicação por telefone em 11/05/2010.
- Pimenta, F. (2010) Informações sobre o processo de reciclagem de pneus. Funcionário da empresa Recibrás (DJ – Laminação de Pneus LTDA). Comunicação por telefone em 11/05/2010.
- 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.
- 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.
- 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.rafb.com/pages/programs/used_tire_qanda.cfm>. Data de acesso: 17/05/2010.
- 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.
- Silva, M.N. (2010a) Informações sobre o processo de reciclagem de pneus. Vendedora da Unidade de Tratamento de Ecológico de Pneus. Comunicação por email em 05/05/2010.
- Silva, R. (2010b) Informações sobre o processo de reciclagem de pneus. Funcionário da empresa Laminadora de Pneus Olitelli. Comunicação por telefone em 12/05/2010.
- Silva, F. (2010c) Informações sobre o processo de reciclagem de pneus. Funcionário da empresa Reciclabor. Comunicação por telefone em 12/05/2010.
- 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 P. Arnold. (2006) A New Model for Solid Waste Management: An Analysis of the Nova Scotia Msw Strategy. *Journal of Cleaner Production*. p. 410-42.1