

Análise dos Custos Logísticos Aplicada à Cadeia Logística Reversa do Pneu Inservível

Cristiane Duarte Ribeiro de Souza¹ e Márcio de Almeida D'Agosto²

Resumo: O pneu inservível se descartado inadequadamente, pode causar danos à saúde pública e ao meio ambiente, devendo ser reciclado e reaproveitado em outros ciclos produtivos. No entanto, por ser considerado um bem de valor negativo para o mercado, tem seu processo de logística reversa e destinação custeados. Visando verificar o impacto dos custos logísticos no valor final do pneu processado e em sua competitividade, este trabalho teve por objetivo principal realizar uma análise dos custos logísticos da cadeia logística reversa do pneu inservível, considerando como destino o coprocessamento em indústrias de cimento. Adicionalmente, foi proposta uma estrutura de custos aplicável a cadeias logísticas reversas e apresentado um modelo conceitual para a cadeia logística reversa do pneu inservível. Por meio de um estudo de caso aplicado em empresas de ônibus do Município do Rio de Janeiro, analisou-se o impacto de diferentes estratégias de gestão do transporte no custo logístico da cadeia, no custo total do pneu processado e na substituição do coque de petróleo pelo pneu inservível. Verificou-se que o transporte é responsável por 76% dos custos logísticos e que estes respondem por 65,3% do custo total. A partir de modificações na gestão do transporte foi possível reduzir o custo total do pneu processado em 25%, de modo que este se tornasse competitivo com o coque de petróleo, representando um valor 6% menor do que o valor de compra do coque de petróleo.

[DOI:10.4237/transportes.v21i2.649](https://doi.org/10.4237/transportes.v21i2.649).

Palavras-chave: Custos logísticos; logística reversa; pneu inservível; cadeia logística.

Abstract: The tire improperly discarded tires can cause harm to public health and the environment and should be promptly recycled and reused in other production cycles. However, the tires are considered negative value goods for the market, and their reverse logistics process and disposal costs are subsidized. To verify the impact of logistic costs on the final value of the processed tire and its competitiveness, this paper aims at realize analysis of the logistic costs of reverse logistics chain tire, considering co-processing in the cement industries to be one possible destination. Additionally, a cost structure for reverse logistics chains was proposed and a conceptual model for the scrap tire reverse logistics chain was presented. Through a case study applied to bus companies in the city of Rio de Janeiro, we analyzed the impact of different management strategies in the transport chain logistic cost, the total cost of the tire processed and replacement of petroleum coke the waste tire. The results presented here showed that transport accounts for 76% of logistic costs and that these account for 65.3% of the total cost. With changes in the transport management it was possible to reduce the total cost of the processed tire in 25%, which represents a value 6% lower than the purchase price of petroleum coke making the processed tire competitive with petroleum coke.

Keywords: Logistics costs; reverse logistics; tire improperly; logistics chain.

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 (Siddique e Naik, 2004), visto que o pneu é 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 (49% em tonelada por quilômetro) e de passageiros (89% em passageiro por quilômetro) no Brasil (PBMC, 2013).

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. Assim, a reciclagem tem papel fundamental, pois permite o reaproveitamento dos pneus in-

servíveis gerados pela sociedade em novos ciclos produtivos, minimizando o consumo de matérias primas não renováveis e aumentando a vida útil dos aterros sanitários.

Na maior parte do mundo, o pneu inservível é considerado como um bem de valor negativo para o mercado, tendo seu processo de logística reversa e destinação (coleta, processamento, transferência e destinação final) custeados (Serumgard, 2008 e OTS, 2009). Para que tal processo torne-se sustentável é necessário que o pneu inservível seja reconhecido como um recurso a ser utilizado em diferentes ciclos produtivos (RMA, 2009). Para isso, este deve ter uma cadeia logística estruturada e competitiva.

No mundo, os custos logísticos compreendem uma proporção significativa e relevante dos custos das empresas (Engblom *et al.*, 2012). No Brasil, estes custos representam 10,6% do PIB e 8,5% da receita líquida das empresas (ILOS, 2012).

No caso de cadeias logísticas reversas, o impacto do custo logístico tende a crescer, pois se observa um alto grau de incerteza na geração de resíduos, em termos de quantidade e qualidade destes. Além disso, deve-se considerar que dependendo do resíduo o mercado pode ainda não estar estruturado, dificultando o planejamento logístico e a reinserção deste resíduo em um ciclo produtivo (Fleischmann *et al.*, 1997). Em virtude disso, é necessário conhecer os custos inerentes a cadeia logística reversa do pneu inservível e

¹ Cristiane Duarte Ribeiro de Souza, Programa de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. (e-mail: cristiane@pet.coppe.ufrj.br)

² Márcio de Almeida D'Agosto, Programa de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. (e-mail: dagosto@pet.coppe.ufrj.br)

seu impacto no valor do produto final, como forma de buscar a viabilização de sua introdução no mercado.

Este trabalho tem por objetivo principal realizar uma análise dos custos logísticos da cadeia logística reversa do pneu inservível, considerando o coprocessamento em indústrias de cimento como destino para este resíduo. Como objetivos adicionais, destaca-se: (1) propor uma estrutura de custos aplicável a cadeias logísticas reversas; (2) apresentar um modelo conceitual da cadeia logística reversa do pneu inservível, (3) analisar a sensibilidade da gestão do transporte no custo logístico da cadeia reversa e no custo total do pneu processado; (4) analisar a substituição do coque de petróleo pelo pneu inservível em função de diferentes estratégias de gestão de transporte aplicadas a cadeia logística reversa do pneu inservível.

Desse modo, este artigo encontra-se dividido em seis itens a partir desta introdução. O item 2 propõe uma estrutura de custos logísticos aplicável a cadeias logísticas reversas e o item 3 apresenta o modelo conceitual da cadeia logística reversa do pneu inservível. No item 4 apresenta-se uma análise dos custos logísticos da cadeia logística reversa do pneu inservível. A partir dos resultados apresentados no item 4, é realizada uma análise de sensibilidade, cujos resultados são discutidos no item 5. No item 6 são apresentadas as considerações finais, limitações e sugestões para trabalhos futuros.

2. CUSTOS LOGÍSTICOS APLICADOS A CADEIAS LOGÍSTICAS REVERSAS

De acordo com Novaes (2004), por meio de uma efetiva gestão da cadeia de suprimentos é possível aumentar a produtividade, reduzir os custos e identificar novas formas de agregar valor aos produtos. O projeto de uma cadeia de suprimento depende do ponto de vista de seus componentes (fornecedores de matéria-prima e mão-de-obra, fabricante principal, atacadistas e varejistas) e da especificação de um consumidor final.

Segundo Ballou (1992), as funções da logística que necessitam ser gerenciadas variam de empresa para empresa, e dependem da estrutura organizacional da empresa e da importância da cada função dentro das operações da empresa. Para Ching (1999), as funções que compõem a logística podem-se ser divididas em principais e de apoio.

Como funções principais da logística têm-se o transporte, a manutenção de estoque e o processamento de pedidos, responsáveis pela maior parte dos custos logísticos, sendo fundamentais para a coordenação e realização da tarefa logística (Ballou, 1992).

Segundo ILOS (2012), na logística direta, no Brasil, a função transportes absorve 54% dos custos logísticos, destacando-se como atividade mais importante. Na logística reversa observa-se a mesma tendência, uma vez que os resíduos, para serem reciclados, necessitam ser transportados por toda a cadeia logística reversa, de modo que, por vezes o custo de transporte influencia significativamente a viabilidade econômica do processo (Dat *et al.*, 2012).

Uma vez que, usualmente, não é viável produzir ou entregar produtos aos clientes de forma imediata, as empresas utilizam os estoques para coordenar a oferta e a procura. O estoque agrega valor de tempo ao produto e por esta razão deve ser posicionado próximo aos consumidores ou aos pontos de manufatura. As atividades de armazenagem e ma-

nuseio de materiais servem para dar apoio ao estoque. Além disso, uma empresa pode utilizar o espaço de armazenagem para reduzir custos de transporte e de produção, para auxiliar no processo de produção e para ajudar no processo de marketing (Ballou, 1992).

Segundo Ballou (1992), o processamento de pedidos é constituído por várias atividades relacionadas ao ciclo de pedido do cliente. Dentre estas atividades estão inclusas a preparação, a transmissão de informações, a entrada, o atendimento e o relatório da situação do pedido.

Ao comparar os custos de processamento de pedidos com os custos de transportes e de manutenção de estoques, pode-se perceber que estes são inferiores. No entanto, este é considerado um elemento crítico no que se refere ao tempo necessário para levar bens e serviços aos clientes.

As funções de apoio servem para dar suporte às funções principais (Ballou, 1992). Destacam-se como funções de apoio: armazenagem, manuseio de materiais e embalagem de proteção (Bowersox e Closs, 2007).

A função de armazenagem tem por objetivo administrar o espaço físico necessário para os estoques e compreende as atividades de determinação de espaço do armazém, disposição física do estoque, desenho das docas, configuração do armazém e localização do estoque. Enquanto a função de manuseio de materiais se refere à movimentação do produto dentro do armazém (Ballou, 1992).

Para proteger o produto, auxiliando a movimentação deste sem danificá-lo, faz-se necessário utilizar uma embalagem adequada que proporcione uma movimentação sem avarias. De acordo com Bowersox e Closs (2007), os itens mais evidentes no custo de embalagem são a compra de materiais de embalagem, a execução de operações automatizadas ou manuais de embalagem e a necessidade de descarte desta posteriormente.

De acordo com Ballou (1992), para um eficiente projeto do sistema logístico é necessário uma análise das compensações (*trade-off*) entre as funções principais, destacando-se o custo de transporte e de estoque, de modo a buscar o ponto de equilíbrio em que o custo total seja mínimo.

Os custos destacados anteriormente, sintetizados e equacionados na Tabela 1, podem também ser aplicados a cadeias logísticas reversas, resguardando-se suas particularidades (Dat *et al.*, 2012). Além dos custos logísticos (Equações de 2 a 7), fazem parte do custo total do produto (Equação 10), o custo de aquisição (Equação 1), o custo de processamento (Equação 8) e o custo administrativo (Equação 9).

3. CADEIA LOGÍSTICA REVERSA DO PNEU INSERVÍVEL

O pneu é considerado inservível quando não pode mais ser utilizado para rodagem ou remanufatura (MMA, 2009). Devido sua forma e composição este não pode ser descartado em aterros sanitários. Além disso, por não poder ser compactado, seu transporte e armazenagem tornam-se mais difíceis e caros (Nohara *et al.*, 2006 e Aylon *et al.*, 2009). Assim, é oportuno reinseri-lo em um ciclo produtivo, visando reduzir o consumo de matéria prima e os impactos ambientais causados por seu descarte inadequado.

Tabela 1. Estrutura de custos aplicável a cadeias logísticas reversas

Itens analisados	Elementos ¹				Equação	Método de cálculo	
	Ger	Int.	Proc	Nº			
Custo de aquisição do resíduo		X	X	1	$CA = Va \cdot q$	Onde, CA: custo de aquisição (R\$/mês); Va: valor do produto (R\$/unidade); q: quantidade de produto (unidade/mês).	
Atividades chave	Custo de transporte	X	X	X	2	$CT = ((C + L + Lav + Pn + Mn) \cdot Km) + (Ccv + Ccc + Cp + Imp + Seg + Co)$	Onde, CT: custo de transporte (R\$/mês); C: custo de combustível (R\$/km); L: custo de lubrificante (R\$/km); Lav: custo de lavagem e lubrificação (R\$/km); Pn: custo com pneus (R\$/km); Mn: custo de manutenção (R\$/km) e km: quilometragem percorrida (km/mês); Ccv: custo de capital mensal uniforme do veículo (R\$/mês); Ccc: custo de capital mensal uniforme da carroceria (R\$/mês); Cp: custo com pessoal (Salário + encargos + benefícios) (R\$/mês); Imp: impostos (R\$/mês); Seg: seguro do veículo (R\$/mês) e Co: serviço de comunicação (R\$/mês).
	Custo de estoque ²	X	X	X	3	$CE = \left(\sum_{i=1}^n \left(\frac{E}{2} \right) \cdot Vap \cdot j \right) + \left(Vap \cdot j \cdot \sum_{i=1}^n (q \cdot t) \right)$	Onde, CE: custo de estoque (R\$/mês); E: Estoque (unidade/mês); Vap: valor atualizado do produto (R\$/unidade); j: taxa de desconto (0,949% a.m.); q: quantidade do produto (unidades/mês); t: tempo do produto em trânsito (minutos); n: número de elementos; m: número de viagens.
Custo Logístico	Custo de processamento de pedido		X	X	4	$CPP = Vad + Vsct$	Onde, CPP: custo de processamento de pedidos (R\$/mês); Vad: valor da assinatura digital (R\$/mês); Vsct: valor do serviço do contador (R\$/mês).
	Custo de armazenagem	X	X	X	5	$Ca = A \cdot Va + Cad$	Onde, Ca: custo mensal de armazenagem (R\$/mês); A: Área considerada para o armazenamento dos pneus (m ²) e Va: Valor da unidade de área (m ²) para aluguel na região por mês; Cad: outros custos adicionais (R\$/mês).
Atividades de apoio	Custo de manuseio de materiais	X	X	X	6	$CM = \sum_{i=1}^n (Sal + Es + Bf) + \sum_{j=1}^n (Cce + Cmn + Cop)$	Onde, CM: custo de manuseio de materiais (R\$/mês); Sal: salário do funcionário (R\$/mês); Es: encargos sociais (R\$/mês); Bf: benefícios (R\$/mês); Cce: custo de capital do equipamento (R\$/mês); Cmn: custo de manutenção do equipamento (R\$/mês); Cop: custo de operação do equipamento (R\$/mês); n: número de elementos; m número de viagens
	Custo de embalagem	X	X	X	7	$Ce = Me + Oe + De$	Ce: Custo de embalagem (R\$/mês); Me: custo mensal de aquisição de materiais para embalagem (R\$/mês); Op: Custo mensal de execução de operações automatizadas ou manuais de embalagem (R\$/mês); De: Custo mensal para descarte posterior de embalagem (R\$/mês).
Custo de processamento		X	X	8	$CP = CE + CIF + CMO$	Onde, CP: custo de processamento (R\$/mês); CE: custo fixo e variável do equipamento (R\$/mês); CIF: custo da instalação física (R\$/mês); CMO: custo de mão de obra (R\$/mês).	
Custo administrativo		X	X	9	$CAd = Cadm + CMO + Cco + CCont + CVd$	Onde, CAd: custo administrativo (R\$/mês); Cadm: custo referente a gestão administrativa (R\$/mês); CMO: custo de mão de obra (R\$/mês); Cco: custo de comunicação (R\$/mês); Ccont: custo com serviço de contabilidade (R\$/mês); Cvd: custo com vendas (R\$/mês).	
Custo total	X	X	X	10	$CTt = CA + (CT + CE) + CPP + Ca + CM + Ce + CP + CAd$	Onde, CTt: Custo total (R\$/mês); CA: custo de aquisição (R\$/mês); CT: custo de transporte (R\$/mês); CE: custo de estoque (R\$/mês); CPP: custo de processamento de pedidos (R\$/mês); Ca: custo de armazenagem (R\$/mês); CM: custo de manuseio (R\$/mês); Ce: custo de embalagem (R\$/mês); CP: custo de produção (R\$/mês); CAd: custo administrativo (R\$/mês).	

Nota: ¹ Ger.: Gerador, Int.: intermediário e Proc.: Processador; ² Considera estoque parado e em trânsito.

Fonte: Elaborado com base em Ballou (1992), Bowersox e Closs (2007) e Novaes (2004).

Para definição de um modelo conceitual da cadeia logística reversa do pneu inservível foi realizada uma pesquisa bibliográfica/documental, nacional e internacional, junto a fabricantes e importadores de pneus, órgãos públicos e empresas atuantes neste segmento (REG, 2010; URS, 2005; Greenhalgh, 2007; RIO LIMPO, 2010; Martins, 2010a; Oliveira, 2010; Pimenta, 2010; Evangelista, 2010; Silva, 2010a; Silva, 2010b; Ferreira, 2010; Bittencourt, 2010; Nascimento, 2010; Ferraz, 2010; Capovilla, 2010; TNU, 2010; SIGNUS, 2010; ECOVALOR, 2010; AZDEQ, 2000; ALIPUR, 2010; Karagiannidis *et al.*, 2008; ECOLASTIKA, 2010; Cobertta, 2010; JATMA, 2009; Nakao e Yamamoto, 2002 e Lagarinhos e Tenório, 2008; VALORPNEU, 2010; Martins, 2010b; Ferrão *et al.*, 2007; DEFRA, 2007; RRFB, 2010), referente a doze países (Alemanha, Austrália, Brasil, Canadá, Espanha, Estados Unidos, França, Grécia, Itália, Japão, Portugal e Reino Unido) pesquisados.

Das experiências analisadas verificou-se que como geradores do resíduo predominam empresas de transporte, revendedores de pneus ou sucateiros. Em 75% das experiências analisadas verifica-se a existência de um ponto de agregação dos pneus inservíveis (depósito) e em 33% a ocorrência de triagem no depósito. Em todos os países analisados verifica-se o processamento do pneu inservível e como usuários do resíduo (pneu inservível) destacam-se as indústrias de cimento e de artefatos de borracha. No entanto, o processo de gerenciamento de pneus inservíveis apresenta particularidades e fatores como legislação vigente, cultura e extensão territorial, que influenciam o seu funcionamento. Assim, buscou-se elaborar um modelo conceitual abrangente, versátil e aderente a tais particularidades, apresentado na Figura 1 e cuja descrição se faz a seguir.

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

transporte e o sucateiro.

O pneu inservível existente no gerador deve ser encaminhado a um depósito, que pode estar localizado junto ao gerador, ao processador, ao usuário do resíduo ou em um local estratégico separado dos demais elementos da cadeia. Nesse depósito deve-se realizar uma triagem dos pneus, separando-se os pneus inservíveis e encaminhando-os ao processador. Tal triagem tem por objetivo evitar que os pneus que ainda possuam condições de rodagem sejam processados.

De acordo com Souza (2010), o processamento do pneu inservível pode se dar por meio de cinco tipos de reciclagem: reciclagem de materiais, reciclagem energética, reciclagem mecânica, reciclagem criogênica e desvulcanização. A escolha do tipo de reciclagem a ser utilizada depende do uso final definido para o pneu inservível, além da legislação vigente no país, da tecnologia disponível e da viabilidade econômico-financeira.

No que tange ao uso final, o pneu pode ser utilizado nas indústrias de construção civil, cimento, artefatos de borracha, papel e celulose, combustível, asfalto, pneumáticos ou outras indústrias que possam utilizar o pneu inservível para geração de energia. 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.

4. ANÁLISE DOS CUSTOS LOGÍSTICOS DA CADEIA LOGÍSTICA REVERSA DO PNEU INSERVÍVEL

Para verificação do impacto do custo logístico na competitividade do pneu inservível como substituto do coque de petróleo na indústria cimenteira, realizou-se uma análise dos custos logísticos da cadeia logística reversa do pneu inservível. Desse modo, este item apresenta uma descrição da situação base, fazendo uma adequação do modelo conceitual apresentado na Figura 1 ao caso analisado.

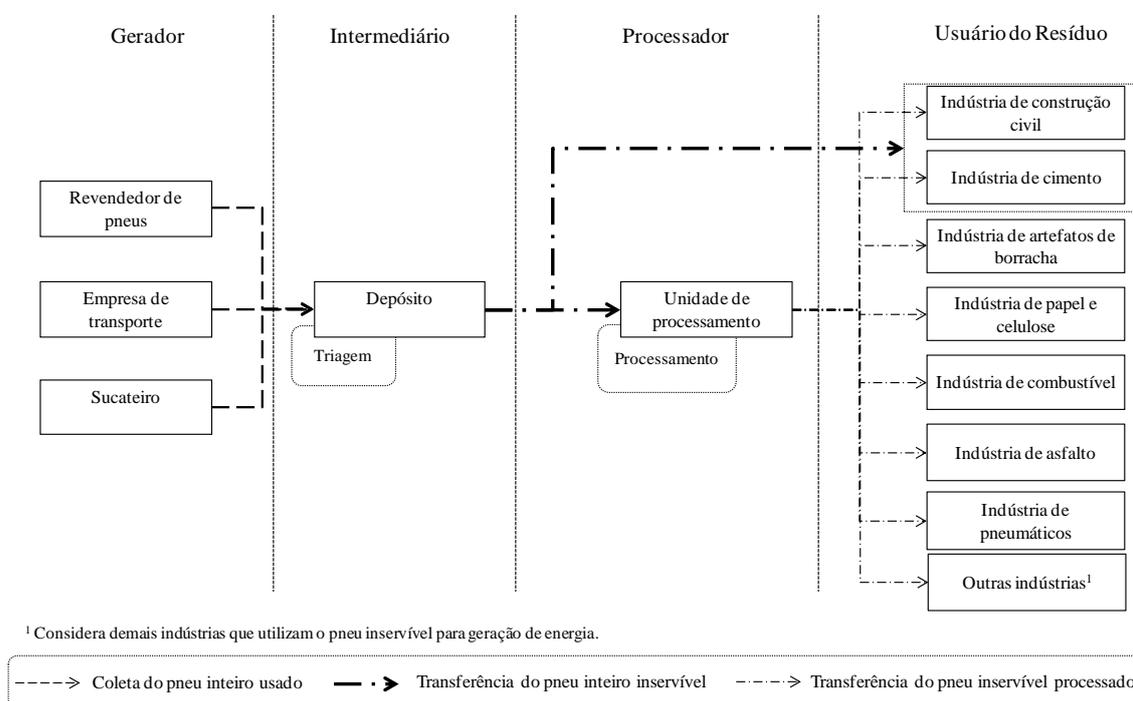


Figura 1. Modelo conceitual da cadeia logística reversa do pneu inservível.

Posteriormente, a estrutura de custo logístico apresentada na Tabela 1 é aplicada a esta situação e os resultados obtidos por meio da análise dos custos logísticos são apresentados e discutidos.

4.1. Descrição da situação base analisada

Como situação base a ser analisada considerou-se a cadeia logística reversa do pneu inservível composta pelos elementos gerador (gerador + intermediário), processador e usuário do resíduo, conforme Figura 2.

Como principais geradores de pneus inservíveis foram consideradas as empresas de transporte público urbano por ônibus no Município do Rio de Janeiro - MRJ (empresas de ônibus), em virtude destas apresentarem geração regular de cerca de 2.122 pneus inservíveis por mês (Ribeiro, 2011). Adicionalmente, considerou-se a possibilidade de realizar coleta complementar (outros geradores) de forma a melhor aproveitar a capacidade do processador, totalizando 4.348 pneus inservíveis por mês, equivalentes a 176 toneladas por mês.

Em virtude da limitada abrangência geográfica e dispersão das empresas de ônibus no MRJ (Figura 3), do volume

de pneus inservíveis gerados por mês (93% das empresas geram menos de 100 pneus inservíveis por mês e 68% geram menos de 50 pneus inservíveis) e do espaço disponível nestas empresas (usualmente as empresas possuem uma borracharia, destinada a troca e ao reparo de pneus e um local para o armazenamento de pneus novos e usados) optou-se por considerar a existência de um depósito por empresa. 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 de serem encaminhados ao processador.

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 15 m² para cada 100 pneus inservíveis e um intervalo de tempo de coleta de 1 mês. Para a definição do espaço de 15m² considerou-se uma área suficiente para armazenar 100 pneus (uma vez que 93% das empresas geram menos de 100 pneus inservíveis por mês) do tipo 275/80 R22.5 (que representa 80% dos pneus gerados).

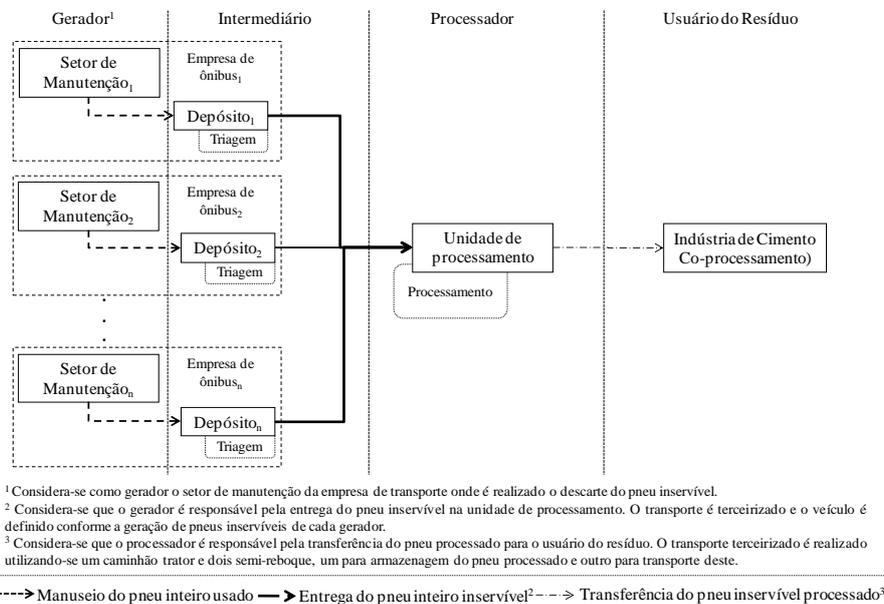


Figura 2. Cadeia logística reversa do pneu inservível adaptada a situação base analisada.

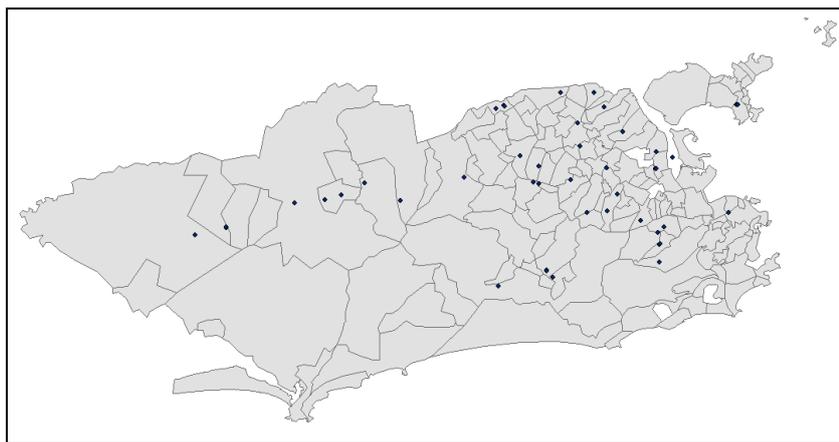


Figura 3. Mapa com a localização das empresas de ônibus.

Desse modo, a área do depósito de cada empresa foi calculada conforme Equação (11). O intervalo de tempo de 1 mês foi estimado com base em (Sales, 2011). Na situação base analisada considera-se que cada gerador entrega os pneus inservíveis gerados no processador.

$$A = \frac{A_s}{100} \cdot PIg \quad (11)$$

em que,

A: Área do depósito da empresa;

A_s: Área suficiente para armazenar 100 pneus inservíveis (15m²); e

PIg: Pneus inservíveis gerados pela empresa.

Em função da quantidade mensal gerada (176 toneladas), considerou-se um processador de pequeno porte responsável pelo processamento dos pneus inservíveis em pedaços (*chips*) com tamanho médio de 50 mm x 50 mm (comprimento x largura), de modo que estes possam ser utilizados pelas fábricas de cimento (usuário do resíduo) como combustível alternativo ao coque de petróleo em seus fornos.

O processador foi localizado por meio do método do centro de gravidade (Ballou, 1992). O uso considerado para os pneus inservíveis foi o coprocessamento em fábricas de cimento, utilizado em 100% das experiências levantadas em pesquisa bibliográfica/documental (item 3) e com tecnologia já consolidada. A fábrica de cimento considerada é a mais próxima do processador, localizada no Estado do Rio de Janeiro e possui autorização para a utilização do pneu inservível como combustível alternativo em seus fornos (Lagarinhos, 2004). Já para as operações de transporte (entrega e transferência) considerou-se o uso de serviço terceirizado.

4.2. Resultados obtidos na situação base

A situação base foi analisada considerando a estrutura de custos apresentada na Tabela 1 (item 2). O custo total do pneu processado foi calculado conforme Equação 10 (Tabela 1) com o intuito de avaliar a competitividade do pneu inservível como produto substituto ao coque de petróleo. Os resultados desta análise encontram-se na Tabela 2.

Em virtude de o pneu inservível ser um resíduo proveniente da atividade fim do gerador, não se considerou para este elemento os custos de aquisição de resíduo, de produção e administrativo. No que tange aos custos logísticos deste elemento, considerou-se o custo de transporte referente a entrega dos pneus inservíveis inteiros no processador, por meio de transporte terceirizado. Os custos de armazenagem e manuseio considerados se referem à área física necessária para a armazenagem dos pneus inservíveis e a mão de obra necessária para a movimentação destes em cada gerador.

Não se considerou o custo de estoque para o gerador, visto que este é um custo financeiro e que o pneu inservível é considerado um resíduo sem valor. O custo de processamento de pedido não foi considerado por não estar associado a atividade fim da empresa.

Em relação aos custos do processador, não se considerou custo de aquisição de resíduo, em virtude do pneu inservível não possuir valor de mercado. O custo de produção do processador se refere ao custo inerente ao processamento do pneu inservível, e o custo administrativo, à infraestrutura necessária para a realização das atividades do processador. Em relação aos custos logísticos, o custo de transporte con-

siderado se refere ao serviço terceirizado de transporte para transferência do pneu processado do processador para o usuário do resíduo, considerando 8 viagens/mês com cerca de 24 toneladas cada. Este número de viagens foi calculado considerando a quantidade de pneu processado por mês (176 toneladas) e a capacidade do veículo utilizado para transferência (24 toneladas).

Tabela 2. Custo total calculado para o pneu inservível processado – situação base

Itens analisados	Gerador (R\$/mês)	Processador (R\$/mês)	Total (R\$/mês)	Total (R\$/t) ⁶	% de custo
Custo de aquisição de matéria prima	-	-	-	-	0,0
Custo de produção	-	22.283,23	22.283,23	126,61	29,3
Custo administrativo	-	4.135,19	4.135,19	23,50	5,4
Custo logístico	28.746,83	20.905,84	49.652,68	282,12	65,3
Custo de transporte	20.340,00	17.600,00	37.940,00	215,57	76,4
Custo de estoque	-	419,52	419,52	2,38	0,8
Custo de processamento de pedido	-	59,08	59,08	0,34	0,1
Custo de armazenagem ¹	5.967,79	858,48	6.826,27	38,79	13,7
Custo de manuseio ²	2.439,04	1.968,76	4.407,80	25,04	8,9
Custo de compras	-	-	-	-	0,0
Custo de embalagem	-	-	-	-	0,0
Custo total	-	-	76.071,10	432,22	100
Acréscimo em virtude do PCI ³			88.242,47	501,38	-
Receita obtida com a venda do aço ⁴			1.262,96	7,18	-
Custo total final ⁵			86.979,51	494,20	-

Nota: ¹ Não considera custos adicionais, somente área para armazenagem; ² Não considera o uso de equipamento, somente mão de obra; ³ De acordo com Souza (2011) o pneu inservível possui um Poder Calorífico Inferior (PCI) 16% menor do que o coque de petróleo; ⁴ Considera-se que o aço do talão do pneu é retirado antes do pneu ser processado e que este é vendido para a indústria de siderurgia, proporcionando uma receita para o processador; ⁵ Considera o valor do pneu inservível acrescido em virtude do PCI menos o valor da receita recebida com a venda do aço; ⁶ Considera a produção de 176 toneladas de pneu processado por mês.

Uma vez que o pneu inservível é considerado um resíduo sem valor, para cálculo do custo de estoque considerou-se como valor do resíduo o custo incorrido ao longo da cadeia. Os demais custos foram calculados conforme equações apresentadas na Tabela 1.

Segundo Freitas (2011) e Akasaka (2012) o preço médio do coque de petróleo importado (sem impostos e com frete do ES/RJ) é de R\$ 392,08 por tonelada. Com base nos resultados obtidos para a situação base analisada, verifica-se que o custo total do pneu processado é 26% maior do que o preço pago pelo coque de petróleo (R\$ 494,20 por tonelada), inviabilizando sua utilização como substituto ao coque de petróleo. A partir da análise da Tabela 2 verifica-se que

o custo logístico responde por 65,3% do custo total. Nesse sentido, o transporte é responsável por 76,4% dos custos logísticos e por 49,9% do custo total, apresentando-se, portanto, como um potencial ponto de melhoria na cadeia logística reversa do pneu inservível.

Nesse sentido, o item 5 apresenta uma análise de sensibilidade considerando variações na gestão do transporte com o intuito de minimizar este impacto no custo total do pneu processado e verificar a potencialidade deste como produto substituto ao coque de petróleo.

5. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Com o intuito de aprimorar a cadeia logística em análise, foram testadas 4 situações, conforme Tabela 3. Estas situações foram definidas considerando diferentes estratégias de gestão do transporte, visto que este se mostrou o item de custo logístico mais significativo na situação base analisada (65,3%) e teve por objetivo verificar qual o impacto do transporte e do custo logístico no preço final do pneu inservível processado e em sua introdução no mercado como substituto ao coque de petróleo em fábricas de cimento.

Seguindo as estratégias consideradas na Tabela 3 calcularam-se os custos relativos a cadeia logística reversa do pneu inservível. Em relação ao custo total do pneu processado, pode-se verificar na Figura 4, que a situação 4 é aquela que apresenta menor custo total, sendo este 25% menor do que o observado na situação base.

Essa redução está associada à redução do custo logístico que tem como principal item de custo o custo de transporte (76% a 62%), conforme pode ser observado na Figura 5. Este melhor resultado permite que o pneu seja processado e entregue ao usuário do resíduo por R\$375,90 por tonelada, valor 4% menor do que o valor de compra do coque de petróleo. Se considerarmos a receita obtida por meio da venda

do aço retirado do talão do pneu (R\$7,18 por tonelada), o valor da tonelada do pneu processado cai para R\$ 368,72 (6% menor do que o valor da tonelada do coque de petróleo). Deve-se considerar que além desta margem obtida existem benefícios intangíveis que podem aumentar a atratividade do negócio, tais como: ganho de vantagem competitiva do mercado, ganho de imagem corporativa (marketing verde), conscientização ambiental por parte dos colaboradores da empresa e da sociedade como um todo e atendimento a legislação ambiental.

A possibilidade de se obter um produto reciclado (pneu processado) com custo competitivo em relação ao seu produto substituto cria condições para que o pneu processado seja introduzido no ciclo produtivo do cimento.

O custo de estoque associado a produtos de alto valor agregado são usualmente, representativos quando se analisa o custo logístico. O mesmo não ocorre em cadeias logísticas reversas, visto que no caso dos resíduos este possuem nenhum ou baixo valor de mercado. No caso analisado neste artigo o custo de estoque representou somente 1% do custo logístico.

Dentre os custos associados às funções de apoio, destacam-se os custos de estoque e manuseio, associados à forma de tratamento do pneu inservível. Uma vez que este é volumoso e de difícil compactação tende a ocupar uma maior área de armazenagem e a requerer mão de obra para sua movimentação interna.

Analisando a participação dos elementos da cadeia logística reversa em relação ao custo total do pneu processado, verifica-se que o processador responde pela faixa de 62% a 87% do custo total e pela faixa de 42% a 79% do custo logístico, o que representa um impacto de 27% a 47% no custo total, indicando que ações de melhorias na cadeia logística reversa do pneu inservível devem ser direcionadas prioritariamente, a este elemento (Figura 6).

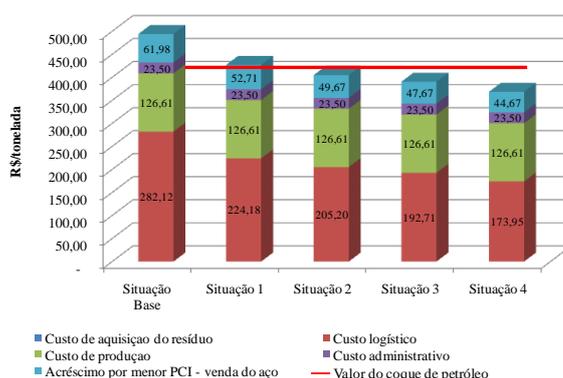


Figura 4. Custo total da cadeia logística reversa do pneu inservível

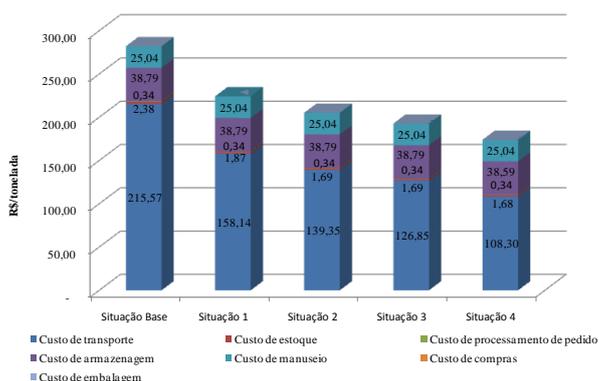


Figura 5. Custo logístico da cadeia logística reversa do pneu inservível

Tabela 3. Identificação dos itens considerados na análise de sensibilidade.

Itens analisados		Situação Base		Situação 1		Situação 2		Situação 3		Situação 4	
		Ger.+ Int.	Proc.	Ger.+ Int.	Proc.	Ger.+ Int.	Proc.	Ger.+ Int.	Proc.	Ger.+ Int.	Proc.
Aquisição do produto		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Entrega / Coleta	Entrega terceirizada	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Coleta Terceirizada	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-
	Coleta - frota própria	-	-	-	-	-	X	-	X	-	X
Transferência	Transferência terceirizada (caminhão trator + semi reboque)	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-
	Transferência - frota própria (caminhão trator + semi reboque)	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
	Transferência - frota própria (caminhão médio)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
Estoque	Estoque parado - pneu inteiro	-	X ¹	-	X	-	X	-	X	-	X
	Estoque parado - pneu processado	-	X ²	-	X	-	X	-	X	-	X
	Estoque em trânsito - pneu inteiro	-	-	-	X	-	X	-	X	-	X
	Estoque em trânsito - pneu processado	-	X ³	-	X	-	X	-	X	-	X
Processamento de pedidos		-	X	-	X	-	X	-	X	-	X
Armazenagem	Armazenagem de pneu inteiro	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Armazenagem de pneu processado	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X
Manuseio	Manuseio de pneu inteiro	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Manuseio de pneu processado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Embalagem		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Produção	Operação própria	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X
	Operação terceirizada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Administração		-	X	-	X	-	X	-	X	-	X

Nota: Ger. = Gerador; Int.= Intermediário; Proc. = Processador; ¹ Considera os custos de transporte, estoque, custo de armazenagem, custo de manuseio, custo de embalagem, de produção e administrativo do gerador; ² Considera o custo logístico, de produção e administrativo do gerador e os custos de coleta, estoque do pneu inservível, armazenagem, manuseio, produção e administrativo do processador; ³ Considera o custo logístico, de produção e administrativo do gerador e os custos de coleta, estoque do pneu inservível, estoque de pneu processado, processamento de pedidos, armazenagem, manuseio, embalagem, produção e administrativo do processador.

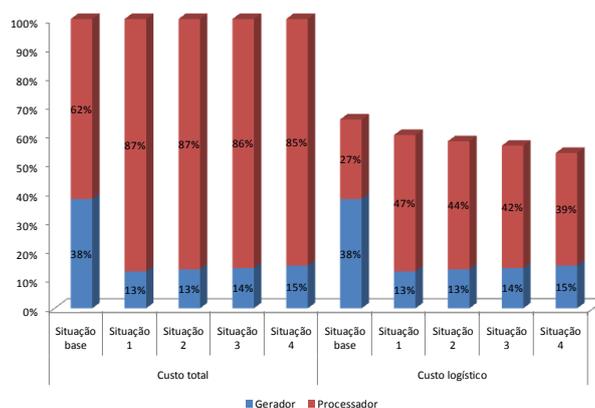


Figura 6. Participação dos elementos da cadeia logística reversa no custo total.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS, LIMITAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Verificou-se, por meio de uma análise dos custos logísticos, que é possível gerenciar a cadeia logística reversa do pneu inservível considerando como destino o coprocessamento em indústrias de cimento, de modo que o pneu processado seja competitivo com o coque de petróleo.

Para que isto fosse possível, foi proposta uma estrutura de custos aplicável a cadeias logísticas reversas e apresentado um modelo conceitual da cadeia logística reversa do pneu inservível. A análise de custos logísticos permitiu que se verificasse qual o impacto das funções logísticas no custo logístico desta cadeia e qual o impacto do custo logístico em relação ao custo total do pneu processado.

Por meio desta análise, verificou-se que o custo logístico representa cerca de 2/3 do custo total do pneu processado e que o transporte é responsável por cerca de 76% do custo logístico. Este resultado indicou qual a função logística mais crítica da cadeia logística em análise e permitiu que fossem estudadas diferentes estratégias de gestão de transporte com o intuito de buscar a redução do custo logístico e consequentemente do custo total do pneu processado.

Tais resultados permitem ainda analisar a participação de cada elemento da cadeia logística reversa no custo total do produto reciclado, sendo possível definir uma margem de lucro para estes, tornando a cadeia logística reversa do pneu inservível competitiva.

Destaca-se que não foi realizada a análise de viabilidade financeira da cadeia logística reversa do pneu inservível e que, portanto não é possível afirmar se o empreendimento descrito no item 4 é financeiramente viável e atrativo a todos os elementos da cadeia.

Como limitações deste trabalho destaca-se que os resultados apresentados no item 4 refletem apenas a aplicação realizada, que se restringiu ao caso apresentado, considerando geradores conhecidos com geração regular de pneus inservíveis, o que pode não representar a realidade para outras aplicações.

Como principal limitação à utilização do pneu inservível como substituto ao coque de petróleo, destaca-se o fato de que atualmente no Brasil 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 valor de compra do coque de petróleo, esta pode não ser considerada uma alternativa atrativa.

Em relação à destinação final analisada neste trabalho, é importante salientar que o fato desta ter sido escolhida não significa que esta represente a melhor opção, sendo apenas a mais utilizada, não só no Brasil, mas também em todo o mundo, refletindo uma situação tendencial. Também não foram considerados os impactos ambientais gerados ao se utilizar o pneu inservível para coprocessamento em fábricas de cimento, sendo, por premissa, considerados menores do que o abandono do pneu no meio ambiente ou destinado inadequadamente.

Para trabalhos complementares, sugere-se que seja analisado também os custos inerentes ao usuário do resíduo, como por exemplo, custo de estoque, com o intuito de se avaliar o peso dos lotes de compra do pneu processado e do coque de petróleo para a fábrica de cimento.

Sugere-se ainda que seja realizado um estudo considerando uma operação de transferência em parceria com o

usuário do resíduo, uma vez que este possui veículos de transferência de cimento que poderiam ser parcialmente utilizados para o transporte do pneu processado.

Além disso, sugere-se aplicar a estrutura de custos apresentada neste artigo a uma cadeia reversa de ciclo fechada (fluxo direto + fluxo reverso) realizando uma análise de viabilidade, no intuito de verificar se o uso do material reciclado é mais atrativo do que o uso de matéria prima virgem na produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akasaka, Y. (2012) *Informações sobre o preço do coque de petróleo*. Lafarge Brasil, Rio de Janeiro, RJ.
- 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?USEBOX_LANG=2> (Acesso em 12/03/2010).
- Aylón, E.; A. Fernández-Colino; R. Murillo; M. V. Navaro; T. Garcia e A. M. Mastral (2010) Valorisation os waste tyre by pyrolysis in a moviing bad reactor. *Waste Management*. v. 30, n. 7, p. 1220–1224. DOI: [10.1016/j.wasman.2009.10.001](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.10.001).
- AZDEQ (2000) *Waste Tire Annual Report. Arizona Department of Environmental Quality*. Disponível em: <www.azdeq.gov/function/forms/download/2001/tire.pdf> (Acesso em 13/05/2010).
- Ballou, R. H. (1992) *Business Logistics Management* 3 ed. Prentice-Hall, Inc.
- Bittencourt, A. C. B. (2010) *Informações sobre o processamento de pneus inservíveis*. Bittencourt Reciclagem de Pneus e Borrachas Inservíveis, Paraná, PR.
- Bowersox, D. J. e D. J. Closs (2007) *Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento*. São Paulo, Atlas.
- Capovilla, M. (2010) *Informações sobre o processamento de pneus inservíveis*. Mazola Comércio, Logística e Reciclagem Ltda, Curitiba, PR.
- Ching, H. Y. (1999) *Gestão de estoques na cadeia de logística integrada: supply chain*. SP: Atlas.
- Corbetta, G. (2010) *Informações sobre o gerenciamento de pneus inservíveis efetuado pela Eco pneu*. Diretor Geral da Eco pneu, Itália.
- Dat, L. Q.; D. T. T. Linh; S. Y. Chou e V. F. Yu, (2012) Optimizing reverse logistic cost for recycling end-of-life electrical and electronic products. *Experts Systems with Applications*. v. 39, n. 7, p. 6380–6387. DOI: [10.1016/j.eswa.2011.12.031](https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.12.031).
- DEFRA (2007) *Waste Strategy for England*. Department for Environment, Food and Rural Affairs Disponível em <www.defra.gov.uk> (Acesso em 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>> (Acesso em: 16/05/2010).
- 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, n. 3, p. 4–5, mar/2010.
- Engblom, J.; T. Solakivi; J. Toyli e L. Ojala (2012) Multiple-method analysis of logistics costs. *International Journal of Production Economics*, v. 137, n. 1, p. 29–35. DOI: [10.1016/j.ijpe.2012.01.007](https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.01.007).
- Evangelista, A. (2010) *Informações sobre o processamento de pneus inservíveis*. Gerência Administrativa da Tyre Eco, Osasco, SP.
- Ferrão, P.; P. Ribeiro e P. Silva (2007) A management system for end-of-life tyres: A Portuguese case study. *Waste*

- Management*, v. 28, n. 3, p. 604–614. DOI: [10.1016/j.wasman.2007.02.033](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.02.033).
- Ferraz, M. (2010) *Informações sobre o processamento de pneus inservíveis*. Ecobalbo Reciclagem de Pneus Ltda, São Paulo, SP.
- Ferreira, C. (2010) *Informações sobre o processamento de pneus inservíveis*. Gerência comercial, Xibiu Comércio e reciclagem de Pneus. Araucária, PR.
- Fleischmann, M.; J. M. Bloemhof-Ruwaard; R. Dekker; E. Van Der Laan; J. A. E. E. Van Nunen e L. N Van Wassenhove, (1997) Quantitative models for reverse logistics: A review. *European Journal of Operational Research* v. 103, n. 1, p. 1–17. DOI: [10.1016/S0377-2217\(97\)00230-0](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(97)00230-0).
- Freitas, R. (2011) *Informações sobre o preço do coque de petróleo*. Associação Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), Rio de Janeiro, RJ.
- Greenhalgh, A. (2007) *Apresentação sobre a Reciclanip*. Gerente Geral Reciclanip. Disponível em: <http://www.institutoventuri.com.br/img_forum/palestras/Palestras%20-2019%20de%20maio%v20-%20Manh_/Alvaro%20Greenhalgh.pdf> (Acesso em 30/11/2009).
- ILOS (2012) *Panorama instituto Ilos – Custos logísticos no Brasil*. Instituto de logística e supply chain.
- JATMA (Japan Automobile Tyre Manufacturers Association) (2009) *Tyre Industry of Japan 2009*.
- Karagiannidis, A. e T. Kasampalis (2010) *Resource recovery from end-of-life tires in Greece: a field survey, state-of-the-art and trends*. DOI: [10.1177/0734242X09341073](https://doi.org/10.1177/0734242X09341073).
- Lagarinhos, C. A. F. e J. A. S. Tenório (2008) Reutilização, reciclagem e valorização energética de pneus no Brasil. *Revista Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v.18, n. 2, p. 106–118. DOI: [10.1590/S0104-1428200800020007](https://doi.org/10.1590/S0104-1428200800020007).
- Martins, D.P. (2010a) *Informações sobre o processamento de pneus inservíveis*. Tema Comércio de Pneus Ltda, São José dos Pinhais, PR.
- Martins, L. V. (2010b) *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.
- MMA (Ministério do Meio Ambiente) (2009) *Resolução CONAMA nº 416*, de 30 de setembro de 2009. Altera e complementa a Resolução nº 258. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 01/10/2009. Disponível: <www.mma.gov.br/port/conama> (acesso em 01/12/2009).
- 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 processamento de pneus inservíveis*. Laminação de Pneus Mandaguari Ltda, Mandaguari, PR.
- 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*, v. 3, p. 21–57.
- Novaes, A. G. (2004) *Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação*. 2 ed. Elsevier. Rio de Janeiro.
- Oliveira, J. M. (2010) *Informações sobre o processamento de pneus inservíveis*. Laminação de Pneus Amazonas. Sete Lagos, MG.
- OTS (Ontario Tire Stewardship), 2009. *Used Tires Program Plan - Waste Diversion*. Ontario. Panizio,
- PBMC (Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas) 2013. *Primeiro Relatório de Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas – Volume 3: Mitigação das Mudanças Climáticas*.
- Pimenta, F. (2010) *Informações sobre o processamento de pneus inservíveis*. Recibrás. DG - Laminação de Pneus LTDA, Arapongas, PR.
- REG (2010) *More Than a Tire Waste Disposal Company*. Disponível em <http://www.conti-reg.de/reg_unternehmen_en.html> (Acesso em 10/05/2010).
- Ribeiro, G.R.B. (2011) *Informação sobre geração de pneus inservíveis pelas empresas de ônibus filiadas a FETRANSPOR*. Engenheira de meio ambiente da Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro (FETRANSPOR), Rio de Janeiro, RJ.
- RIO LIMPO (2010) *Informações sobre o processamento de pneus inservíveis*. Rio Limpo do Amazonas Reciclagem. Disponível em: <www.riolimpoam.com.br> (Acesso em 10/05/2010).
- RMA (2009) *Scrap Tire Markets in The United States - 9th Biennial Report*. Rubber Manufacturers Association. Disponível em: <www.rma.org> (Acesso em 21/11/2009).
- RRFB (2010) *Used Tire Management Program – Nova Scotia – Canada*. Resource Recovery Fund Board. Disponível em: <http://www.rrfb.com/pages/programs/used_tire_qanda.cfm> (Acesso em 17/05/2010).
- Sales, M. (2011) *Informações sobre o gerenciamento de pneus em empresas de ônibus. Setor de manutenção*. Viação Saens Peña S.A. Rio de Janeiro, RJ.
- Serumgard, J. (1998) *An internalization of scrap tire management costs: A review of the North American Experience*. Disponível em: <www.betiresmart.org/publications/scrap_tires/index.cfm?PublicationID=11295> (Acesso em 01/03/2010).
- Siddique, R e T. R. Naik (2004). Properties of concrete containing scrap-tire rubber. An overview. *Waste Management*. v. 24, n. 6, p. 563–569. DOI: [10.1016/j.wasman.2004.01.006](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2004.01.006).
- 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>> (Acesso em 11/03/2010).
- Silva, M. N. (2010a) *Informações sobre o processo de pneus inservíveis*. Departamento de vendas da Unidade de Tratamento de Ecológico de Pneus, São Paulo, SP.
- Silva, R. (2010b) *Informações sobre o processo de pneus inservíveis*. Laminadora de Pneus Olitelli, Arapongas, PR.
- Souza, C. D. R (2011) *Análise da Cadeia de Valor Aplicada a Cadeias Logísticas Reversas. Uma Contribuição ao Reaproveitamento de Pneus Inservíveis*. Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Transportes.
- Souza, G. C. (2011) *Informação sobre poder calorífico do pneu e do coque de petróleo*. Gerente de comercialização da Petrobrás-Six, Paraná, PR.
- TNU (2010) *Informações sobre o sistema de gerenciamento de pneus inservíveis operado pela TNU na Espanha*. Tratamiento de Neumaticos Usados. Disponível em: <<http://www.tnu.es/index.jsp?o=2&c=-1&p=1>> (Acesso em 05/01/2010).
- URS (United Research Services) (2005) *Financial and Economic Analysis of the Proposed National Used Tyre Product Stewardship Scheme*. URS Australia Pty Ltd.
- VALORPNEU (2010) *Informações sobre o gerenciamento de pneus inservíveis efetuado pela Valorpneu, em Portugal*. Disponível em: <<http://www.valorpneu.pt>> (Acesso em 04/03/2010).