



LOGÍSTICA REVERSA DE PNEUS INSERVÍVEIS NO BRASIL: GERENCIAMENTO AMBIENTALMENTE ADEQUADO

MSc. Lindsay Iara Pegoraro Baccarin – lindsayipb@yahoo.com.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais - PPGE3M.

Av. Bento Gonçalves, 9500 – CEP 91.501-970 – Porto Alegre, RS.

MSc. Janaína Junges – janainajunges@gmail.com

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais - PPGE3M.

MSc. Simone Ramires – simone.ramires@ufrgs.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais - PPGE3M.

Dra. Rejane Maria Candiota Tubino – rejane.tubino@ufrgs.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais - PPGE3M.

Resumo: A coleta e destinação dos pneumáticos inservíveis têm por objetivo atender os parâmetros estabelecidos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, publicada pela Lei 12.305, de 06 de agosto de 2010. A Resolução CONAMA nº 258/99 obrigou os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de pneus a estruturar e implantar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos. Como forma de controle, a Resolução CONAMA nº 416/2009, tem viabilizado a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial de pneumáticos, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada. As informações contidas neste trabalho, relacionadas ao gerenciamento da cadeia de logística reversa dos pneumáticos inservíveis, mostraram um exemplo de gerenciamento ambientalmente adequado aos resíduos sólidos gerados, podendo ser útil na gestão integrada como modelo para outros produtos sujeitos à logística reversa.

Palavras-chave: logística reversa; pneumáticos; resíduos sólidos.



REVERSE LOGISTICS OF UNSERVICEABLE TIRES IN BRAZIL: ENVIRONMENTALLY SUITABLE MANAGEMENT

Abstract: *The collection and disposal of scrap tires is designed to meet standards established by the National Solid Waste Policy, published by Law 12.305 in 6th of August 2010. CONAMA's Resolution n°. 258/99 obliged tire manufacturers, importers, distributors and sellers to structure and to implement reverse logistics systems, through the return of products after consumers use, independently of urban cleaning and solid waste management public service. As an inspection method, CONAMA Resolution n°. 416/2009, has enable collection and recovery of solid waste to the tires business sector, for reuse in its cycle or other productive cycles, or another environmentally appropriate disposal. The information contained in this study, related to the management of the reverse logistics chain of unserviceable tires, shows an example of environmentally suitable management of solid waste. It can be useful for integrated management, as a model for other products subject to reverse logistics.*

Keywords: *reverse logistics; tires; solid waste.*

1. INTRODUÇÃO

O gerenciamento adequado dos resíduos sólidos urbanos e industriais constitui um dos grandes desafios enfrentados pela sociedade atual, devido aos aspectos sanitários, ambientais e econômicos envolvidos. A indústria de pneus contribui significativamente para a economia brasileira. Segundo dados da Associação da Indústria Brasileira de Pneus (ANIP), no ano de 2015 foram produzidos 68,6 milhões de unidades de pneus, gerando um volume de vendas (produção e importação) de 71,9 milhões de unidades; sendo o mercado de reposição o principal canal de vendas com um percentual de 63,5 %.

A Resolução CONAMA n° 416 de 30 de Setembro de 2009, que dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada, determina em seu artigo 3° que “Para cada pneu novo comercializado para o mercado de reposição, as empresas fabricantes ou importadoras deverão dar destinação adequada a um pneu inservível”. Segundo a referida Resolução, os fabricantes e os importadores de pneus novos, ficam obrigados a coletar e dar destinação adequada aos pneus com peso unitário superior a 2 kg.

No ano de 2007 foi criada pela ANIP a Reciclanip, para atuar na logística reversa de pneus inservíveis. No primeiro semestre de 2012 a Reciclanip coletou e destinou 174 mil toneladas de pneus, o que equivale a 34,8 milhões de pneus de passeio. Segundo dados da Reciclanip, 64% dos pneus coletados são empregados como combustível alternativo para a indústria de cimento (co-processamento). O restante (36%) é triturado e pode ser reaproveitado na fabricação de asfalto ecológico, solados de sapato, borrachas de vedação, pisos de quadras poliesportivas, pisos industriais e tapetes para automóveis.

O aproveitamento de pó de borracha oriundo de pneus por meio da sua conversão térmica, agregando valor econômico através de seus produtos de pirólise, pode representar uma solução para o problema ambiental de descarte deste resíduo. A pirólise torna-se atrativa em função da produção de óleo, *char* e gás. O óleo pode ser utilizado como combustível e como fonte de produtos



químicos refinados, o *char* para combustão ou como precursor de carvão ativado e o gás combustível pode ser utilizado como fonte de calor para as reações endotérmicas envolvidas no processo.

2. LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010) e seu regulamento, Decreto Nº 7.404 de 23 de dezembro de 2010, destacam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e a logística reversa.

Segundo a PNRS, logística reversa é um “instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para o reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.”

Ainda, para consolidar a responsabilidade compartilhada e a logística reversa tem-se como suporte a Resolução do CONAMA nº 258/1999 e a Resolução do CONAMA nº 416/2009, onde a primeira determina a obrigatoriedade das empresas fabricantes e importadoras de pneus na destinação final para os pneus inservíveis, enquanto que a segunda dispõe sobre a degradação ambiental causada por pneus inservíveis e a sua destinação ambientalmente adequada.

2.1. Classificação

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, por meio da NBR 10.004/2004, classifica os resíduos quanto aos riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, indicando quais devem ter manuseio e destinação mais rigorosamente controlados. Os resíduos são classificados em duas principais classes, os resíduos Classe I, que se refere aos resíduos perigosos e os resíduos Classe II, não perigosos. Para a Classe II, a norma traz duas subdivisões, a Classe II A para resíduos não inertes e a Classe II B para resíduos inertes.

Segundo estudo realizado por Bertollo, Junior & Schalch (2002), os pneus são classificados como Classe II A – não inertes, por apresentarem teores de metais (zinco e manganês) no extrato solubilizado superiores aos padrões estabelecidos pela NBR 10.004/2004.

3. CONSTITUINTES E ESTRUTURAÇÃO DO PNEU

Experimentos conduzidos pelo americano Charles Goodyear, por volta de 1830, confirmaram acidentalmente que a borracha quando submetida a temperaturas elevadas na presença de enxofre mantinha suas condições de elasticidade no frio ou no calor. Alguns anos mais tarde, em 1845, os irmãos Michelin foram os primeiros a patentear o pneu para automóvel. As etapas iniciais de desenvolvimento dos pneus ainda passaram pelo feito do inglês Robert Thompson que, em 1847, colocou uma câmara cheia de ar dentro dos pneus de borracha maciça. A partir de 1888, com a utilização do pneu em larga escala, as fábricas passaram a investir mais em sua segurança (GOULART, 1999).

Os componentes presentes em maior quantidade nos pneus são a borracha estireno-butadieno (SBR), a borracha natural (NR) e a borracha polibutadieno (BR). Outros componentes relevantes são: o negro de fumo, os óleos, o enxofre, os aceleradores (di-sulfeto de benzotiazila (MBTS) /di sulfeto de tetrametil tiuram (TMTD), o ácido esteárico e o óxido de zinco (BERTOLLO, 2000). O negro de fumo é usado para conferir à borracha resistência aos esforços e à abrasão, enquanto que os óleos são misturas de hidrocarbonetos aromáticos que servem para conferir maciez à borracha. O enxofre promove ligações cruzadas entre as cadeias poliméricas da borracha, além de prevenir a deformação excessiva a elevadas temperaturas. O acelerador é um composto orgânico com enxofre que age como catalisador para o processo de vulcanização. O óxido de zinco e o ácido

esteárico agem para controlar a vulcanização (GOULART, 1999). A Figura 1 apresenta a estruturação de um pneu de passeio.

Em suma, as principais matérias-primas utilizadas na composição da borracha para a produção de pneus são:

- ✓ Borracha natural (NR);
- ✓ Borracha sintética (SBR e BR);
- ✓ Aço;
- ✓ Negro de fumo;
- ✓ Óxido de zinco e ácido esteárico;
- ✓ Enxofre (agente vulcanizador);
- ✓ Antidegradantes;
- ✓ Aceleradores e retardadores;
- ✓ Auxiliares de processo.



Figura 1: Estrutura de um pneu de passeio.

Os pneus possuem poder calorífico mais elevado do que o do carvão e da biomassa, variando entre 28 e 40 MJ.kg⁻¹ (DÍEZ *et al.*, 2005; ISLAM *et al.*, 2011; FERNÁNDEZ *et al.*, 2012). Esta propriedade torna os pneus uma matéria-prima interessante para os processos termoquímicos (pirólise, combustão e gaseificação).

4. POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL

Conforme art. 15 da Resolução CONAMA nº 416/09 (BRASIL, 2009), é vedada a destinação final de pneus no meio ambiente, tais como o abandono ou lançamento em corpos d'água, terrenos baldios ou alagadiços, a disposição em aterros sanitários e a queima a céu aberto. Quando dispostos irregularmente, a céu aberto, os pneus servem para procriação de vetores de doenças trazendo riscos à saúde pública (LAGARINHOS, 2008). Porém, em casos de queima incontrolada desses locais onde a disposição é irregular, além dos prejuízos à saúde pública os subprodutos gerados têm alto poder de contaminação ambiental. Os dois subprodutos que constituem o maior risco de contaminação ao meio ambiente são: o óleo pirolítico e as cinzas. Devido às condições de diminuição da quantidade de oxigênio no ar e o calor intenso que se gera durante uma queima incontrolada de pneus, ocorrem reações de pirólise, produzindo como consequência um alcatrão oleoso. O óleo pirolítico consiste em uma mistura de nafta, benzeno, tiazóis, aminas, etilbenzeno, tolueno e outros hidrocarbonetos. Existem igualmente metais como o cádmio, o cromo, o níquel e o zinco (FERNÁNDEZ *et al.*, 2012). A água utilizada para combater os incêndios em grandes pilhas de pneus

aumenta a produção de óleo pirolítico e proporciona um meio eficaz para o seu transporte e contaminação dos solos e das águas superficiais e subterrâneas. As cinzas contêm subprodutos da combustão ao ar livre de pneus, as quais revelam a presença de metais pesados, que podem existir em altas concentrações, como no caso do chumbo, do cádmio e do zinco. As cinzas volantes apresentam elevado teor em zinco (DÍEZ *et al.*, 2005).

5. DISPOSIÇÃO E DESTINAÇÃO

5.1. Coleta de pneus inservíveis

Uma das maiores dificuldades para a cadeia da reciclagem de pneus inservíveis é a coleta mais eficiente. Uma das alternativas possíveis para a gestão da coleta, transporte e armazenamento dos resíduos pneumáticos é a união entre revendedores, recauchutadores e borracharias, firmando parcerias. Existem pontos de coleta, fruto de uma estreita parceria entre a iniciativa privada e os governos municipais, que envolvem programas de conscientização da população para evitar o estoque doméstico desses resíduos. A Anip, através da Reciclanip (entidade criada pelos fabricantes de Pneus para atender a Resolução Conama nº 416/09), oferece todo o apoio técnico e logístico para o funcionamento dos pontos de coleta (Ecopontos) de pneus inservíveis e se responsabiliza, também, pelo transporte até as empresas de picotagem e destinação final, transformando o pneu inservível em novos produtos (ANIP, 2015).

O mapa apresentado na Figura 2 mostra a quantidade de pontos de coletas cadastrados, por unidade da federação. Em 2014, foram cadastrados 1558 pontos de coleta, sendo que destes 972 estão localizados nos municípios com população acima de cem mil habitantes (IBAMA, 2015).



Figura 2: Mapa de pontos de coleta de pneus inservíveis declarados (IBAMA, 2015).



5.2. Produção no Brasil

Em 2010 foram fabricados 67,3 milhões de pneus, exportados 18,1 milhões e importados 23,9 milhões. Nesse período, os principais canais de distribuição foram: 45% destinados ao mercado de reposição e revenda; 30% destinados as indústrias automobilísticas e montadoras; e 25% para o mercado de exportação (LAGARINHOS, 2013). A Tabela 1, dados da Anip (2015), traz dados de produção de pneus novos entre os anos 2006 a 2015 por categoria. O ano de 2013 apresentou um recorde no total de produção das diferentes categorias. Ao longo do período citado na Tabela 1, os pneus utilizados em veículos de passeio obtiveram um incremento de 29,2% em sua produção. Esta relação proporcional de crescimento faz com que os fabricantes de pneus tenham a cada ano, maiores índices de metas estabelecidas a serem cumpridas, ou seja, quando maior o volume de produção, maior a quantidade de pneus a serem corretamente destinados ao longo dos anos.

Tabela 1: Dados da produção de pneus novos por categoria (ANIP, 2015).

Categoria / Ano (milhares de unidades)										
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Carga	6.947	7.319	7.367	6.034	7.735	7.449	7.138	8.231	7.894	6.829
Caminhoneta	5.894	6.058	5.842	5.600	7.941	8.471	8.268	9.904	8.861	8.843
Passeio	28.949	28.791	29.586	27.489	33.813	32.568	30.406	32.554	33.267	37.400
Moto	11.439	13.725	15.249	13.158	15.206	16.078	14.519	15.042	15.514	14.615
Agrícola	559	698	776	593	781	794	807	928	874	719
OTR	129	132	127	87	136	110	108	103	118	103
Industrial	498	462	716	1.083	1.633	1.397	1.360	2.073	152	121
Avião	51	61	48	42	60	60	54	53	50	0,8
Total	54.466	57.246	59.711	54.086	67.305	66.927	62.660	68.888	66.730	68.631

5.3. Destinação para pneus inservíveis

A Resolução CONAMA nº 416/2009 conceitua a destinação ambientalmente adequada de pneus inservíveis como “procedimentos técnicos em que os pneus são descaracterizados de sua forma inicial, e que seus elementos constituintes são reaproveitados, reciclados ou processados por outra(s) técnica(s) admitida(s) pelos órgãos ambientais competentes, observados a legislação vigente e normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e a segurança, e a minimizar os impactos ambientais adversos” (BRASIL, 2009).

A Reciclanip, entidade criada em março de 2007 pelos fabricantes de pneus (Bridgestone, Goodyear, Michelin, Pirelli, Continental e Dunlop), participa ativamente do ciclo de vida do pneu e busca alternativas no mercado dentre as principais destinações utilizadas para os pneus inservíveis.

Dentre as diversas tecnologias de destinação dos pneus, as citadas como ambientalmente adequadas (IBAMA, 2015) e praticadas pelas empresas fabricantes de pneus e fundadoras da Reciclanip são:

- ✓ **Co-processamento:** Utilização dos pneus inservíveis em fornos de clínquer como substituto parcial de combustíveis e como fonte de elementos metálicos;
- ✓ **Laminação:** Processo de fabricação de artefatos de borracha;
- ✓ **Reciclagem:** Processo industrial de fabricação de borracha moída, em diferentes granulagens, com separação e aproveitamento do aço;
- ✓ **Industrialização do Xisto:** Processo industrial de co-processamento do pneumático inservível juntamente com o xisto betuminoso.

A Tabela 2 apresenta o total calculado de pneus destinados, em toneladas e por tipo de destinação, para o período de janeiro a dezembro de 2014 (IBAMA, 2015), conforme determina o inciso III, do art. 16 da Resolução 416/09.

Tabela 2 - Tecnologia de destinação final e quantidade de pneus inservíveis destinados (IBAMA, 2015).

Tecnologia	Destinação (t)	Percentual País (%)
Co-processamento	300.511	55,17
Granulação	189.700	34,83
Laminação	54.168	9,94
Regeneração da borracha	316	0,06
Pirólise	não utilizado	0,00
Industrialização do xisto	não utilizado	0,00
Total	544.695	100,00

Observa-se que, de acordo com a Tabela 2, o co-processamento é a principal atividade de destinação final dos pneus, superando o percentual de 50%, sendo assim a mais efetuada no país. A Tabela 3 apresenta a distribuição de destinação de pneus inservíveis por região brasileira no ano de 2014. Nela é possível identificar que as regiões Sudeste e Sul são as que mais destinam pneus inservíveis, o que pode ser explicado pelo grande número de empresas destinadoras presentes nestas regiões, com destaque para os estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná, enquanto que a Região Norte apresenta o maior déficit nessa área.

Tabela 3 - Quantidade de pneus inservíveis destinados por região brasileira (IBAMA, 2015).

Região	Pneus destinados (t)	Percentual país (%)
Sudeste	313.575,53	57,57
Sul	121.879,62	22,38
Centro-Oeste	64.055,11	11,76
Nordeste	30.587,63	5,62
Norte	14.597,51	2,68
Total	544.695,39	100,00

5.3.1 Pirólise de pneus

A pirólise de pneus torna-se interessante devido aos produtos que podem ser obtidos e a menor emissão de poluentes (AYLÓN *et al.*, 2010). No processo de pirólise a matéria orgânica é decomposta em um sólido carbonoso (*char*), um óleo e um gás combustível. O óleo pode ser utilizado como combustível, ou ainda como uma fonte de produtos químicos refinados, tais como benzeno, tolueno, xileno e limoneno (LAREGOITI *et al.*, 2004). O gás combustível é útil como fonte de calor, enquanto o *char* pode ser utilizado para combustão, ou como precursor de carvão ativado (BERRUECO *et al.*, 2005).

Williams *et al.* (1995) pirolisaram fragmentos de pneus em dois modelos de reatores de bancada: um de leito fixo em batelada e um de leito fluidizado. Lee *et al.* (1995) analisaram os efeitos



da taxa de alimentação de fragmentos de pneus, da temperatura e da velocidade superficial do gás sobre os produtos obtidos (gás, óleo e *char*) em um reator de leito fluidizado operando em atmosfera inerte. A eficiência energética do processo também foi avaliada, com o aumento da temperatura ocorreu um incremento da fração de gás, decrescendo a fração de óleo e permanecendo constante a fração de *char*. O poder calorífico dos produtos gasosos aumenta linearmente com o aumento da velocidade superficial, enquanto a taxa de produção de gás decresce.

Laregoiti *et al.* (2004) pirolisaram pneus de automóveis em uma autoclave sob diferentes temperaturas. López *et al.* (2010) utilizaram um reator de leito fluidizado em regime de operação borbulhante para a pirólise rápida de pneus. Ambos verificaram que a temperatura tem um efeito importante sobre a distribuição dos produtos; aumentando a temperatura ocorre um incremento na aromatização da fração volátil e no rendimento de gás combustível.

Ante o exposto, os processos de conversão termoquímica apresentam-se como uma alternativa rentável para a reciclagem de pneus. Processos de geração de energia podem ter um significativo impacto ambiental. A bioenergia é uma das formas mais importantes para reduzir as emissões de gases do efeito estufa e substituir a utilização de combustíveis fósseis. A produção de gás de síntese ($\text{CO} + \text{H}_2$) a partir de resíduos pode representar uma viável e sustentável alternativa na substituição da dependência por óleo, carvão, gás natural e outros recursos não-renováveis.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diversas são as alternativas disponíveis e praticáveis no que se refere à destinação do agregado reciclado dos pneus inservíveis. Entre elas, a característica apresentada no processo de combustão do pneu, seu alto poder calorífero, contribui para que estes sejam utilizados como fontes alternativas de combustíveis, um exemplo é a sua utilização no co-processamento em fornos de cimenteiras, em substituição ao coque de petróleo. A adição do pó de borracha a massa asfáltica faz com que a mesma tenha uma vida útil maior, além de gerar menor nível de ruído e maior segurança aos usuários das rodovias, por apresentar melhor aderência de contato pneu versus superfície asfáltica. Podem ser citados como outros exemplos de aplicações de reciclagem, a utilização do pó de pneus inservíveis em artefatos de borracha (tapetes, solas de calçados, etc.) e na produção de pisos industriais e quadras esportivas.

Os dados apresentados, a partir da fonte fiscalizadora (IBAMA), referente às destinações finais versus quantidade produzida, aplicada a logística reversa do pneu inservível, mostram o potencial da cadeia logística da classe de pneumáticos. É visível a contribuição do setor no que se refere ao empenho no gerenciamento de seus resíduos sólidos e no incentivo do desenvolvimento de novas tecnologias e produtos para o agregado reciclado; fator motivacional que pode incentivar a utilização deste modelo na gestão integrada para outras categorias sujeitas à logística reversa.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10.004/2004 – Resíduos Sólidos – Classificação, Rio de Janeiro, 2004.

ANIP – Associação da Indústria Brasileira de Pneus. **Dados de Produção de Pneus Novos – 2015.** Disponível em: <http://www.anip.com.br/arquivos/producao_vendas.pdf>. Acesso: 12 jul. 2016.

AYLÓN, E.; FENÁNDEZ-COLINO, A.; NAVARRO, M. V.; GARCÍA, T.; MASTRAL, A. M. Valorisation of waste tyre by pyrolysis in a moving bed reactor. **Waste Management**, n. 30, p. 1220-1224, 2010.



BERRUECO, C.; ESPERANZA, E.; MASTRAL, F. J.; CEAMANOS, J.; GARCÍABACAICOA, P. Pyrolysis of waste tyres in an atmospheric static-bed batch reactor: Analysis of the gases obtained. **J. Anal. Appl. Pyrolysis**, n 74, p. 245–253, 2005.

BERTOLLO, S. A. M.; FERNANDES JR., J. L.; SCHALCH, V. Benefícios da Incorporação de Borracha de Pneus em Pavimentos Asfálticos, In: XXVIII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA. 2002. Disponível em: <[www.resol.com.br/textos/reciclagem de pneus.pdf](http://www.resol.com.br/textos/reciclagem%20de%20pneus.pdf)>.

BERTOLLO, S. A. M.; FERNANDES Júnior, J. L.; VILLAVERDE, R. B.; MIGOTTO Filho. Pavimentação asfáltica: uma alternativa para a reutilização de pneus usados. **Revista de Limpeza Pública**. São Paulo. ed. 54. p. 23-30, 2000.

BRASIL. [Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010]. Política nacional de resíduos sólidos [recurso eletrônico]. – 2. ed. – Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2012. 73 p. – (Série legislação; n. 81).

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA n°. 416, de 30 de Setembro de 2009 – In: Resoluções, 2009. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=258>>. Acesso: 11 jul. 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA n°. 258, de 26 de Agosto de 1999 – In: Resoluções, 1999. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=616>>. Acesso: 11 jul. 2016.

DÍEZ, C.; SÁNCHEZ, M.E.; HAXAIRE, P.; MARTÍNEZ, O.; MORÁN, A. Pyrolysis of tyres: A comparison of the results from a fixed-bed laboratory reactor and a pilot plant (rotatory reactor). **J. Anal. Appl. Pyrolysis**, n. 74, p. 254–258, 2005.

FERNÁNDEZ, A.M.; BARRIOCANAL, C.; ALVAREZ, R. A.M. Pyrolysis of a waste from the grinding of scrap tyres. **Journal of Hazardous Materials**, n. 203–204, p. 236–243, 2012.

GOULART, E. A. **Reciclagem Energética de pneus automotivos através de reator de leito fluidizado: uma proposta para a questão ambiental**. Campinas, 1999. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas.

ISLAM, M.R.; JOARDDER, M.U.H.; HASAN, S.M.; TAKAI, K.; HANIU, H. Feasibility study for thermal treatment of solid tire wastes in Bangladesh by using pyrolysis technology. **Waste Management**, n. 31, p. 2142–2149, 2011.

LAGARINHOS, C. A. F; TENÓRIO, J. A. S. Logística Reversa dos Pneus Usados no Brasil. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 18, n. 2, p. 106-118, 2008.

LAGARINHOS, C. A. F; TENÓRIO, J. A. S. Tecnologias Utilizadas para a Reutilização, Reciclagem e Valorização Energética de Pneus no Brasil. **Polímeros**, v. 23, n. 1, p. 49-58, 2013.

LAREGOITI, M.F.; CABALLERO, B.M.; DE MARCO, I.; TORRES, A.; CABRERO, M.A.; CHOMÓN, M.J. Characterization of the liquid products obtained in tyre pyrolysis. **J. Anal. Appl. Pyrolysis**, n. 71, p. 917–934, 2004.



LEE, J.M.; LEE, J.S.; KIM, J.R.; KIM, S.D. Pyrolysis of Waste Tires with Partial Oxidation in a Fluidized Bed Reactor. **Energy**. v. 20, n 10, p. 969-976, 1995.

LÓPEZ, G.; OLAZAR, M.; AGUADI, R.; BILBAO, J. Continuous pyrolysis of waste tyres in a conical spouted bed reactor. **Fuel**, n. 89 p. 1946–1952, 2010.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Logística Reversa**. Disponível em:
<<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-perigosos/logistica-reversa>>. Acesso: 11 jul. 2016.

FEAM/MG – Fundação Estadual do Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais. **Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Pneumáticos**. Disponível em:
<http://www.feam.br/images/stories/minas_sem_lixoes/2010/pneus.pdf>. Acesso: 12 jul. 2016.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Relatório de Pneumáticos. Resolução CONAMA nº416/09 - Ano 2015**. Disponível em:
<<http://www.ibama.gov.br/publicadas/brasil-destina-85-dos-pneus-inserviveis>> Acesso: 12 jul. 2016.

RECICLANIP. **Dados sobre reciclagem de Pneus no Brasil – 2015**. Disponível em:
<<http://www.reciclanip.org.br/v3/>>. Acesso: 12 jul. 2016.

SILVA, C. R.; SEO, E. S. M. Logística reversa de pneus inservíveis no município de São Paulo: estudo de caso – empresa Bridgestone. **Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística**. Edição Temática em Sustentabilidade. São Paulo: Centro Universitário Senac, v. 4, n. 2, 2014, ISSN 2179474 X.

WILLIAMS, P. T.; BESLER, S. Pyrolysis-thermogravimetric analysis of tires and tyre components. **Fuel**, v. 74, n 9, p.1277-1283, 1995.