



## **RECICLAGEM DE PNEUS: ATITUDE AMBIENTAL ALIADA À ESTRATÉGIA ECONÔMICA**

**Cristiano Millani Rodrigues <sup>1</sup>**

**Jairo Afonso Henkes <sup>2</sup>**

### **RESUMO**

Devido ao grande crescimento da indústria automobilística no Brasil, com o passar dos anos, começaram os problemas de descarte dos pneus utilizados pelos automóveis e caminhões que chegavam ao fim da vida útil. Os pneus inservíveis geralmente não eram recolhidos adequadamente, ocasionando problemas ambientais devido à sua queima, como também de saúde pública, porque quando jogados a céu aberto acumulam água da chuva propiciando a criação de insetos transmissores de doenças como a dengue, malária e febre amarela. Como forma de reaproveitamento dos pneus inutilizáveis sem prejudicar o meio ambiente e um maior custo benefício para a indústria de asfalto surgiu então a utilização dos pneus inservíveis como ligantes para produção de asfalto o chamado asfalto borracha, melhorando as propriedades do asfalto. Este trabalho foi baseado em pesquisas bibliográficas que tratam da utilização da borracha de pneus inservíveis através de sua reciclagem, como ligantes para a fabricação de asfalto como uma das maneiras de sua reutilização. Como a destinação final dos pneus é um problema socioambiental é preciso parcerias de órgãos públicos e privados para que se torne um negócio rentável e ambientalmente correto.

**Palavras-chave:** Pneus inservíveis. Asfalto borracha. Negócio rentável.

- <sup>1</sup> Acadêmico do Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental – Unisul Virtual. E-mail: gringocmr@gmail.com
- <sup>2</sup> Mestre em Agroecossistemas. Especialista em Administração Rural. Engenheiro Agrônomo. Professor do Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental e do Programa de Pós Graduação em Gestão Ambiental da Unisul. E-mail: jairo.henkes@unisul.br

## 1 INTRODUÇÃO

Já há alguns anos tem-se a notícia de que a frota brasileira de automóveis vem crescendo dia-a-dia, segundo dados do DENATRAN, 2012. Esse aumento trás consigo várias preocupações entre elas o que fazer com os pneus inservíveis já utilizados pelos veículos. Estes materiais eram descartados na beira de rios, em lixões a céu aberto, queimados clandestinamente, gerando assim diversos riscos à saúde pública, como, lugares potencialmente produtores de mosquitos transmissores de doenças tais como a febre amarela a malária e a dengue, ainda, esses pneus levariam mais de 600 anos para serem decompostos na natureza, esta situação se amplia pelo elevado número de automóveis rodando em estradas em péssimas condições de uso.

Como forma de minimizar esse passivo ambiental, já antigo, foi desenvolvida a partir da década de 1960 nos Estados Unidos uma nova mistura na composição das bases asfálticas, com o uso do “asfalto borracha”, porém, com alto custo de produção o que não permitiu sua utilização em larga escala.

Algumas décadas depois por interesse de uma produtora de asfalto junto com a Universidade do Rio Grande do Sul, no final da década de 1990 foi retomado esse interesse em aproveitar os pneus inservíveis para produção de asfalto. Já com novas tecnologias, barateando assim o custo de reciclagem dos pneus e ampliando a produção de asfalto borracha ou asfalto ecológico.

A pavimentação de estradas utilizando o asfalto borracha visa minimizar a problemática apresentada, diminuir custos de manutenção e produção de estradas asfaltadas, ao passo que utiliza em sua composição cerca de 20% de pó de borracha sendo ainda cerca de cinco vezes e meia mais resistente e duradouro que o asfalto convencional, que utiliza ligante comum em sua composição. Segundo informações do Engenheiro José Antônio Antoscezezem Júnior da GRECA Asfaltos, cada quilômetro de asfalto borracha utiliza cerca de 1.000 pneus inservíveis em sua fabricação.

A partir destas constatações foram pesquisadas diversas metodologias de aplicação do asfalto borracha e de que forma se poderia diminuir a problemática do descarte dos pneus inservíveis, poupando a natureza e também uma maneira ambientalmente adequada para diminuir os custos de pavimentação e recuperação de estradas no Brasil.

## 2 TEMA

Há mais de dois séculos o pneu faz parte da história da humanidade, por causa dos benefícios gerados no deslocamento de veículos sobre rodas, que tem como principal matéria-prima a borracha, chegando a 48% da composição de pneus indicados para veículos leves. Os pneus são essenciais para o funcionamento de veículos automotores e bicicletas (RESENDE, 2004).

A indústria automobilística de nosso país trouxe consigo uma grande problemática: o que fazer com os pneus inservíveis que são dispostos sem controle algum no meio ambiente?

Segundo Lacerda (2002), a preocupação com os cuidados ao meio ambiente, tornou as empresas produtoras de materiais como responsáveis pelo ciclo de vida dos itens produzidos, cessando apenas com o seu reaproveitamento ou descarte adequado.

Foi pensando no passivo ambiental decorrente da má destinação desses materiais e também, por que não, em conseguir lucros com a sua reciclagem, é que surgiu o projeto de reutilização dos pneus inservíveis como matéria-prima na fabricação do asfalto. Não somente a borracha derivada do pneu é reutilizada em asfaltos (asfalto-borracha), chinelos, tapetes, solas de calçados, assim como também o aço, que vai compõe a banda de rodagem dos pneus radiais pode ser utilizado na indústria siderúrgica, e ainda os fios de nylon são utilizados como reforço em embalagens de papelão (BONENTE, 2005).

Com base no exposto acima a reciclagem de pneus tornou-se um importante aliado entre atitude ambientalmente correta e estratégia econômica.

### 2.1 Pneu

Conforme Oda e Junior (2001), quem descobriu a borracha vulcanizada foi Charles Goodyear em 1839, quando acidentalmente ao deixar cair enxofre em uma amostra de borracha que estava sendo aquecida. Então surgiu o processo de vulcanização da borracha que vem sendo utilizado até hoje.

De acordo com o CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente – em sua resolução nº 416/09 em seu art. 2º, no inciso I, o Pneu ou pneumático é um:

Componente de um sistema de rodagem, constituído de elastômeros, produtos têxteis, aço e outros materiais que quando montado em uma roda de veículo e contendo fluido(s) sob pressão, transmite tração dada a sua aderência ao solo, sustenta elasticamente a carga do veí-

culo e resiste à pressão provocada pela reação do solo. (CONAMA – Resolução 416/2009).

De acordo com Costa(2009), um pneu tem as seguintes funcionalidades:

Os pneus além de contribuírem para o conforto do veículo, já que funcionam como uma almofada de ar sobre a qual este se apóia, tem de suportar esforços consideráveis quando o automóvel acelera, freia ou faz uma curva. Um pneu deverá ser flexível para os amortecer; corresponder com exatidão ao comando da direção sem defleções causadas por irregularidades do pavimento; assegurar uma boa aderência na tração, aceleração, nas frenagens e ao fazer curvas; corresponder a todos esses requisitos em quaisquer condições atmosféricas e sobre todos os pavimentos, molhados ou secos, sem aquecer. Deve também assegurar uma condução confortável, ser silencioso e ter uma longa duração.

### 2.1.1 Composição de um pneu

Os pneus são compostos basicamente por quatro partes, segundo Fapeming (2003), sendo:

**Carcaça** – parte interna do pneu, responsável por reter a pressão causada pelo ar e sustentar o peso do veículo. Possui lonas de poliéster, aço, ou nylon.

**Talão** – serve para acoplar o pneu ao aro. Possui uma forma de anel e é constituído de arames de aço, recobertos por borracha.

**Flancos** – parte lateral do pneu e tem a função de proteger a carcaça. É constituída de borracha com alto grau de elasticidade.

**Banda de rodagem** – parte que entra em contato com o solo. Os desenhos formados nessa parte são chamados de esculturas. Possuem partes cheias e partes vazias e servem para otimizar a aderência com a superfície. É feita com compostos de borracha altamente resistentes ao desgaste. Disponível em: [http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0212208\\_04\\_cap\\_03.pdf](http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0212208_04_cap_03.pdf)

Estas partes estão exemplificadas na figura 1 a seguir.

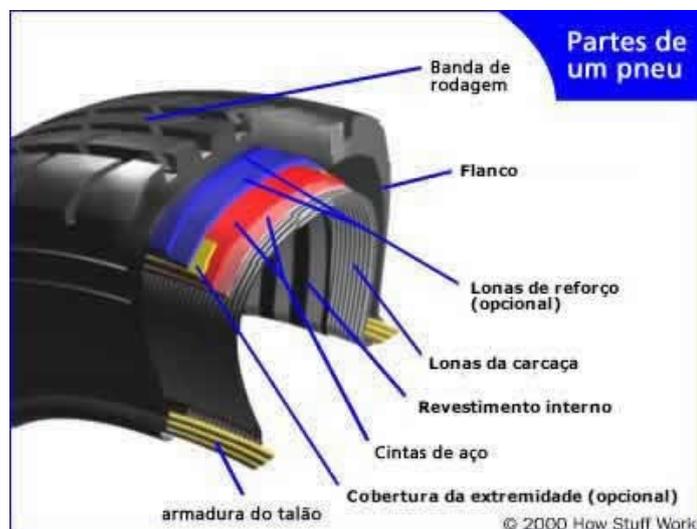


Figura 1: Composição ou partes de um pneu

Fonte: Nice, 2014.

O pneu apresenta um papel fundamental para as pessoas e o país, seja no transporte de passageiros ou de cargas. Tornando-se mais importante nos países em desenvolvimento, visto que o transporte de produtos e mercadorias é feito por vias terrestres pavimentadas, principalmente por caminhões e carretas.

Os impactos causados pelos pneus quando descartados incorretamente são catastróficos, um pneu descartado incorretamente na natureza leva em torno de 600 anos para se decompor segundo (SCAGLIUSI, 2011). Quando são dispostos em locais inadequados, como lixões a céu aberto, rios, ou ao ar livre, além da poluição, contribuem para o acúmulo e moradia de animais e insetos, causadores de diversas doenças. Assim quando os pneus usados são dispostos em locais inadequados, estes servem como lugar para a procriação de mosquitos e outros vetores de doenças, representando também um constante risco de incêndio, quando são deixados ao ar livre, além de contaminar o solo (FREIRES, 2008).

Os pneus inservíveis não devem ser destinados aos aterros sanitários, pois estes apresentam dificuldade em sua decomposição e por isso passam muito tempo degradando o meio ambiente. Viana (2009) expõe que:

Os pneus não devem ser dispostos em aterros sanitários, pois seu formato e resistência impedem que sejam compactados junto aos demais resíduos, formando “ocos” na massa compactada, afofando o solo e comprometendo o aterro; ou acumulam ar e explodem, ou emergem (VIANA, 2009, p.23).

Viana (2009) menciona ainda que uma solução parcial para o problema dos pneumáticos inservíveis seria o processo da trituração dos pneus antes de destiná-los aos aterros, no intuito de facilitar sua compactação, mas a dissolução da borracha junto ao lixo gera óleos com potencial de poluir córregos ou lençóis freáticos. Atualmente, os danos provocados ao meio ambiente por produtos descartados incorretamente vêm fazendo com que a sociedade exija dos órgãos competentes formas de controle e redução dos impactos, bem como formas de reverter esses danos. Com isso, surgem as legislações ambientais e regulamentações voltadas para a adequada destinação dos produtos usados.

Como reação aos impactos dos produtos sobre o meio ambiente, as sociedades têm desenvolvido uma série de legislações e novos conceitos de responsabilidade empresarial, de modo a adequar o crescimento econômico às variáveis ambientais [...] e essas legislações regulamentam a produção e uso de “selos verdes” para identificar produtos “amigáveis” ao meio ambiente, como por exemplo: os produtos de pós-consumo que podem ou não ser depositados em aterros sanitários. (LEITE, 2009).

A legislação ambiental é específica para cada produto, devendo considerar seus diferentes aspectos, bem como também de sua vida útil, até sua disposição final. Porque cada um destes possui uma característica específica e também um grau do dano que pode causar ao meio ambiente se destinado de forma incorreta após sua vida útil, ou seja, quando torna inservível para atender à função ao qual foi criado.

### 2.1.2 Leis de comercialização de pneus no Brasil

No Brasil temos várias normas que abordam a destinação adequada para os pneus inservíveis, entre elas a Resolução 258 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 26 de agosto de 1999. Essa resolução impôs às fábricas de pneus e às importadoras metas de retirada de pneus do meio ambiente. Tendo como meta inicial em 2002 de retirar do meio ambiente um pneu inservível para cada quatro pneus fabricados ou importados pelo país. Hoje essa meta (desde 2005), é que as empresas importadoras ou fabricantes de pneus têm que dar fim a quatro pneus inservíveis para cada três novos postos no mercado. Diante disso, uma das alternativas para utilização desse pneu inservível que retorna às fábricas é a utilização na construção de asfaltos. Hoje o Brasil utiliza somente 57% dos pneus inservíveis, enquanto nos EUA isso pode chegar a 73% (MARQUES & PAZ, 2007).

Conforme a resolução, pneu inservível, é aquele pneu usado que apresente danos irreparáveis em sua estrutura não se prestando mais para rodar ou para reformar (CONAMA, Resolução 416/2009), ou seja, o pneu que está sem condições para ser utilizado em sua atividade principal.

De acordo com a Resolução 416, os fabricantes e importadores de pneus devem dar uma correta destinação aos pneus inservíveis. Seu artigo 3º diz que para cada pneu novo comercializado para o mercado de reposição, as empresas fabricantes ou importadoras deverão dar destinação adequada a um pneu inservível, sendo que para efeito de fiscalização, a quantidade de que trata o caput deverá ser convertida em peso de pneus inservíveis a serem destinados (CONAMA - Resolução 416/2009).

Ainda conforme a Resolução do CONAMA, nº 416, de 30/09/2009, no seu artigo 1º, as empresas que fabricam e/ou que importam pneus novos ficam obrigadas a dar destinação adequada aos pneus inservíveis.

Os fabricantes e os importadores de pneus novos, com peso unitário superior a 2,0 kg (dois quilos), ficam obrigados a coletar e dar destinação adequada aos pneus inservíveis existentes no território nacional, na proporção definida nesta Resolução. (CONAMA – Resolução n.º 416/2009).

O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 2010) complementa na Instrução Normativa nº 01/2010, no art. 2º, que a obrigatoriedade de coleta e destinação dos pneus inservíveis atribuída aos importadores e fabricantes refere-se àquelas empresas que importam ou produzem pneus novos com peso unitário superior a 2 kg, e que se enquadram na posição 4011 da Nomenclatura Comum do Mercosul – NCM.

Ainda de acordo com a resolução do CONAMA nº 23, de 12 de dezembro de 1996, descrito nos artigos 5º e 6º, as empresas fabricantes e importadoras de pneus devem também declarar o que é feito com os pneus inservíveis, sendo que deve ser uma destinação ambientalmente correta.

Conforme as normas do CONAMA e do IBAMA, todos os fabricantes e ou importadores de pneus têm a obrigação de dar uma destinação adequada aos pneus inservíveis conforme sua fabricação e/ou importação. Os importadores contam com a ajuda dos seus revendedores, assim os fabricantes conseguem cumprir as exigências das regulamentações para dar uma destinação correta aos pneus inservíveis. Sendo que os fabricantes e destinadores devem comprovar junto aos órgãos competentes anualmente o destino dado aos pneus inservíveis.

## **2.2 A reciclagem de pneu**

A idéia de reutilização de pneu é tão antiga quanto sua invenção, porém esse avanço se deu durante a Segunda Guerra Mundial, devido à dificuldade em obter a matéria-prima para fabricação de pneus novos, (CONCEIÇÃO, 1990).

A correta destinação final do pneu após sua vida útil deve ser seguida por todos, seja, consumidor, fabricantes e ou importadores de pneus, pois assim a saúde pública e o meio ambiente serão preservados e também haverá uma economia de matéria prima utilizada na confecção de pneus novos. Como formas de reutilização das carcaças dos pneus para veículos de diversos portes, têm-se a recauchutagem, a remoldagem e a recapagem.

### 2.2.1 Recauchutagem

Visando diminuir o custo, também preservar a matéria-prima e o meio ambiente a recauchutagem tornou-se um processo muito difundido (Resende,2004).

Neste processo o pneu não pode apresentar cortes ou deformações e sua banda de rodagem tem que apresentar saliências que permitam a aderência do pneu ao solo (RESENDE,2004).

Segundo Recicloteca (2009) um pneu recauchutado, pode prolongar a vida útil do pneu em até 40% e economizar 80% dos recursos utilizados para fabricação de um pneu novo, economizando energia e matéria-prima que seriam utilizados para confecção de pneus novos.

A recauchutagem é uma prática adotada por cerca de 70% da frota de transporte de cargas e passageiros no Brasil (SUGIMOTO, 2004)

De acordo com Resende (2004), a recauchutagem de pneus é largamente utilizada em pneus destinados às frotas de transporte de carga, isso se deve ao fator econômico, uma vez que o preço de um pneu recauchutado chega a custar em torno de um terço de um novo, como se visualiza na figura 2.

Ainda segundo Resende (2004) nos pneus de passeio a economia não chega a ser tão vantajosa, chegando a custar cerca de 60% do valor de um pneu novo.

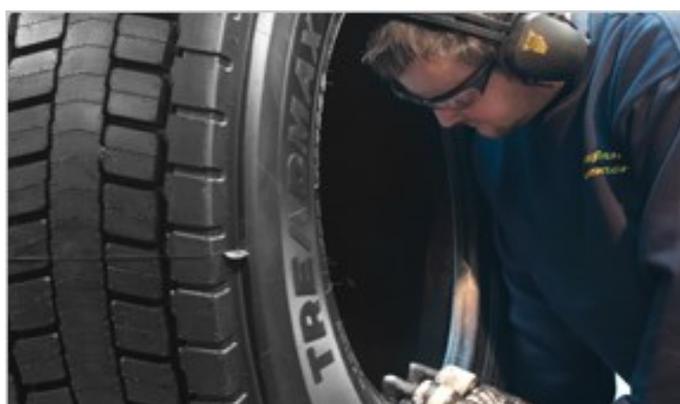


Figura 2: Pneu recauchutado

Fonte: Goodyear, 2012.

### 2.2.2 Remoldagem

Assim como na recauchutagem, na remoldagem de pneus as carcaças também são originadas de pneus usados. Na remoldagem são utilizados pneus

importados, devido a uma melhor conservação da carcaça, é o chamado “pneu novo de novo”, pois não possuem nenhum tipo de emenda. Este processo substitui integralmente a banda de rodagem, os ombros e a superfície dos flancos dos pneus, como se observa na figura 3 (ABIP, 2009).

No final do processo o pneu será reconstituído de talão à talão, com as mesmas características de um pneu novo, gerando uma economia de 20 litros de petróleo se comparado a um pneu novo de automóvel (ABIP, 2009).



Figura 3: Pneu remoldado (“pneu remold”)  
Fonte: Pneus Fácil, 2014.

### 2.2.3 Recapagem

É um processo bem mais simples que os demais, pois neste apenas a banda de rodagem é substituída integralmente. Assim como mostra a figura 4 a seguir.



Figura 4: Pneu sendo recapado

Fonte: Grupo Dpaschoal, 2012

Existem outros processos de reutilização de pneus “velhos”, porém sem que estes voltem a rodar pelas estradas brasileiras, como é o caso da reciclagem, onde serão triturados e posteriormente cada material formador será encaminhado para um destino diferente.

Segundo Bertollo (2002), o processo de reutilização de pneus inservíveis tem um custo alto, pois o pneu deve ser cortado e triturado, com a finalidade de separar e permitir a recuperação dos materiais utilizados inicialmente em sua fabricação.

#### 2.2.4 Trituração

Segundo o Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da EPUSP, os processos mais utilizados para a trituração de pneus são à temperatura ambiente ou com resfriamento criogênico. No Brasil o mais utilizado é a trituração à temperatura ambiente.

No processo de trituração à temperatura ambiente os pneus inservíveis são reduzidos a partículas de tamanhos até 0,2 mm. Tendo este processo alto custo de manutenção e alto consumo de eletricidade. Nele os pneus passam pelo triturador e pelo granulador. No triturador há uma redução dos pneus inteiros em pedaços de 50,8 a 203,2 mm. Após a trituração os pedaços de pneus são alimentados através de um sistema transportador de correias no granulador, para a redução de pedaços de 10 mm. O aço é removido em um separador magnético e as frações de nylon, rayon e poliéster, são removidas pelos coletores de pó. Já o pó de borracha é separado em várias granulometrias, na faixa de 0,6 a 2 mm (EPUSP, 2014).

O processo criogênico consiste em resfriar os pneus inservíveis a uma temperatura menor que 120 °C negativos, utilizando para isto o nitrogênio líquido. Neste processo os pedaços de pneus de 50,8 mm são resfriados em um túnel contínuo de refrigeração e logo após são lançados em um granulador, ocorrendo ao mesmo tempo a liberação das fibras de nylon, rayon e poliéster e do aço, logo em seguida, o material é classificação. Este processo apresenta baixo custo de manutenção e consumo de energia, mas, um alto custo operacional devido ao consumo do nitrogênio líquido. A operação de redução requer um baixo consumo de energia e as máquinas de trituração não são tão robustas quando comparadas com aquelas do processo de trituração à temperatura ambiente, tendo como vantagem a fácil liberação do aço e das fibras de nylon, rayon e poliéster, obtendo um produto final limpo (EPUSP, 2014).

O aço da banda de rodagem dos pneus radiais, pode ser utilizado na indústria siderúrgica, assim como também os fios de nylon são utilizados como reforço em embalagens de papelão (BONENTE, 2005).

Uma parte da borracha que é extraída pela trituração dos pneus inservíveis é reaproveitada para a confecção de chinelos, tapetes, solas de calçados, pisos industriais, borrachas de vedação, outra parte, como o pó e os restos de pneus moídos são aplicados na composição de asfalto de maior elasticidade e durabilidade (CEMPRE, 2014).

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Este trabalho tem como objetivo principal estudar a reciclagem de pneus inservíveis e sua utilização na produção e confecção de asfalto-borracha.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Descrever e analisar os diversos componentes utilizados na fabricação de um pneu

- Descrever a forma de utilização da borracha oriunda da reciclagem de pneus inservíveis na confecção do asfalto-borracha
- Descrever e analisar as vantagens da reutilização de pneus inservíveis na composição de asfalto
- Analisar a viabilidade econômica da aplicação do asfalto-borracha na construção e na recuperação de pavimentos rodoviários
- Descrever os diversos materiais extraídos na reciclagem de pneus e suas aplicações futura

## **4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

### **4.1 CAMPO DE ESTUDO**

As características de estudo deste trabalho será um estudo de caso na forma descritiva sobre alguns destinos dos pneus inservíveis no Brasil.

Este universo de pesquisa compreenderá a empresa GRECA Asfaltos que atua na fabricação de asfaltos utilizando o pó de borracha dos pneus inservíveis como ligante para o asfalto-borracha.

### **4.2 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS**

A coleta de dados foi realizada com dados bibliográficos retirados de páginas eletrônicas como Goodyear, GRECA Asfaltos, Ambiente Brasil, SiNiCESP, Jornal da Globo entre outros sites, livros, entrevista com o Eng. José Antônio e também trabalhos monográficos que embasam a reciclagem de pneus e a produção de asfalto.

Os instrumentos de coleta de dados adotados neste trabalho são descritos no quadro a seguir.

Quadro 1- Instrumento de coleta de dados

<b>Instrumento de coleta de dados</b>	<b>Universo pesquisado</b>	<b>Finalidade do Instrumento</b>
<b>Entrevista</b>	Engenheiro José Antônio	-Levantar a quantidade de borracha utilizada por Km <sup>2</sup> de asfalto e sua economia em relação ao asfalto tradicional. -Saber a quantidade de pneus já utilizados pela empresa. -Mencionar a importância da reciclagem de pneus.
<b>Observação Direta ou do participante</b>	Obras que utilizam asfalto-borracha	-Mencionar as primeiras rodovias que receberam o asfalto-borracha
<b>Documentos</b>	Relatórios e documentos da Empresa GRECA Asfaltos, artigos de jornais, revistas, livros, sites, entre outros.	-Coleta de informações confiáveis para embasar o estudo
<b>Dados Arquivados</b>	Arquivos e registros de empresas que já utilizam ou realizam a reciclagem de pneus.	-Levantar dados, assim como mostrar a viabilidade econômica da utilização de pneus na fabricação de asfalto.

Fonte: Da pesquisa, adaptado de CAVALCANTI e MOREIRA (2008)

## 5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DA REALIDADE OBSERVADA

Hoje é notável a preocupação mundial com os problemas ambientais, as empresas estão cada vez mais buscando maneiras de reutilização dos materiais através da reciclagem, economizando assim, a matéria prima cada vez mais escassa na natureza.

É com esta proposta e também com a economia em materiais, que as indústrias de asfalto estão buscando a utilização de pneus inservíveis como ligantes na fabricação de asfaltos, o chamado asfalto-borracha ou asfalto ecológico.

Através do pó gerado na recauchutagem e os pneus moídos aplicados na composição do asfalto como ligante, descobriu-se o aumento de sua elasticidade e durabilidade, em média aumenta de 50 a 100% a mais que um pavimento realizado

com ligante asfáltico convencional, dependendo das condições da rodovia, projeto e tráfego (GRECA Asfaltos, 2014).

Como um bom exemplo de empresa que utiliza a borracha oriunda da reciclagem de pneus para confecção de asfalto, a GRECA Asfaltos, pois há mais de uma década também utiliza a borracha como ligante asfáltico. Neste período de utilização da borracha oriunda da reciclagem de pneus a GRECA já ajudou a evitar a disposição no meio ambiente mais de 2 milhões de pneus inservíveis que poderiam estar jogados a céu aberto por todo o país, ou ocupando espaços em aterros sanitários e ou industriais.

### **5.1 História da GRECA Asfaltos**

A empresa foi fundada em setembro de 1959 no estado do Paraná com o nome de B.Greca & Cia. Ltda. Inicialmente tinha autorização para transportar areia, cal, pedras e similares, atendendo construtoras a setores públicos. Com o passar do tempo a empresa foi se expandindo e mudando sua área de atuação, passando para o transporte rodoviário de derivados de petróleo e asfalto, onde se aperfeiçoou e anos depois, dedicou-se ao transporte exclusivo de emulsão asfáltica, ganhando destaque em eficiência no serviço.

Depois disso a B. Greca só cresceu e começou a atender as empresas BR Petróleo, Transpetro e Chevron, tornando-se a principal transportadora de derivados de petróleo.

Já na década de 90 a passou a ser chamada de Grupo GRECA devido a criação da GRECA Transportes de Cargas Ltda. Nos anos seguintes seguiram com a ampliação de filiais em Canoas-RS e Contagem-MG. Em 1998 é criada a GRECA Distribuidora de Asfaltos Ltda., já iniciando a fabricação de asfaltos modificados.

Foi em parceria com o Laboratório de Pavimentação (LAPAV) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e a concessionária UNIVIAS que no final de 2000 foi realizada a primeira aplicação do produto chamado ECOFLEX, o Asfalto-Borracha da GRECA. A empresa conta hoje com sete fábricas, quatro bases de distribuição e três bases operacionais distribuídas estrategicamente pelo território nacional, reforçando assim a sua abrangência.

Os pneus usados ou inservíveis quando descartados inadequadamente são grandes geradores de impactos ambientais e riscos à saúde pública, porque tor-

nam o ambiente propício à criação de mosquitos, devido ao seu formato, mosquitos transmissores de doenças como a dengue, malária e febre amarela.

Conforme estudos realizados pelo Ministério da Saúde em 2003, dos 1240 municípios analisados, 284 apontaram os pneus como principal foco do mosquito transmissor da dengue, em 491 municípios foi o segundo principal e em 465 o terceiro principal criadouro de mosquitos transmissores de doenças.

De outro modo os pneus quando queimados liberam gases poluentes e substâncias altamente tóxicas, podendo causar morte prematura, deterioração das funções pulmonares, problemas de coração, depressão do sistema nervoso e central (MATTOS, 2006).

A borracha vulcanizada depois de queimada contamina o ambiente com carbono, enxofre e outros poluentes, como pode-se visualizar na figura 5.



Figura 5: Emissões de gases tóxicos pela queima de pneus  
Fonte: Cahpi Consultoria & Serviços, 2013.

A queima de pneus é uma grande ameaça à contaminação do solo e dos lençóis freáticos, uma vez que os produtos tóxicos e os metais pesados liberados pela sua combustão podem durar até cem anos no ambiente (CAHPI CONSULTORIA & SERVIÇOS, 2013)

## **5.2 Utilização do pneu na fabricação de asfalto**

Uma das formas de reutilização que a indústria de asfalto encontrou para a reutilização de pneus inservíveis foi adicioná-los aos componentes da massa asfáltica como material ligante na hora da produção do asfalto.

O Brasil possui uma demanda muito grande de implantação e recapeamento de rodovias pavimentadas. Este fato se deve principalmente á extensa malha rodoviária e ao grande número de caminhões pesados e ônibus que fazem o transporte de mercadorias e pessoas diariamente em nosso país. Este revestimento asfáltico deve ter uma boa qualidade, durabilidade, suportar o excesso de peso, as variações de temperaturas e as deformidades. Essas características não são apresentadas pelos revestimentos com ligantes convencionais. Foi pensando nisso que a indústria de asfalto vem investindo em misturas asfálticas mais resistentes e duráveis e em tecnologias novas que aumentem a durabilidade das rodovias. (GRECA Asfaltos)

Assim a modificação de ligantes asfálticos com a adição de borracha moída de pneu surgiu como destaque, proporcionando um excelente desempenho físico e reológico ao ligante, incorporando um apelo ecológico de grande relevância e resolvendo o descarte clandestino de pneus inservíveis. Um bom exemplo é que para cada quilômetro com 5 centímetros de espessura a GRECA utiliza a borracha de 1.000 pneus inservíveis. Em 2009 o Brasil possuía mais de 3.000 quilômetros de vias asfaltadas revestidas com o asfalto-borracha da GRECA Asfaltos (GRECA ASFALTOS, 2009).

Em meados do ano 2000, numa parceria da GRECA com o Laboratório de Análise de Pavimentos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e com a Univas, é que se desenvolveu a opção do uso do asfalto-borracha, conhecido comercialmente como ECOFLEX. O primeiro local a receber o asfalto borracha foi um trecho de 1 Km da BR 116, entre Guaíba e Camaquã no RS (GRECA ASFALTOS, 2014).

Posteriormente foi realizado um teste entre duas pistas experimentais: uma com revestimento utilizando ligante comum e outra com Asfalto-Borracha. Os resultados obtidos com o ligante modificado de borracha, demonstrou um comportamento muito superior ao convencional. As trincas no asfalto com borracha eram 5 ou 6 vezes mais lentas que as revestidas com asfalto normal, ou seja, em média a durabilidade do asfalto-borracha é certa de 5,5 vezes superior, além de melhores condições estruturais nas deformações registradas na pesquisa (GRECA Asfaltos, 2014).

Na figura 6 a seguir pode se ver duas placas de asfalto após serem submetidas ao simulador de tráfego (Orniéreur). A placa da direita é com Asfalto Borracha e deformou-se 5% após 30.000 ciclos de simulação e a placa da esquerda confeccionada com ligante convencional deformou-se 13% após apenas 10.000 ciclos (GRECA ASFALTOS, 2014).



Figura 6: Placas com amostras de pavimento  
Fonte: GRECA Asfaltos

Nos pavimentos o material que deve apresentar maior tenacidade é o agregado, pois o ligante tem que manter a união dos agregados. Para Contijo (2003), o melhoramento das características do ligante melhora a distribuição de cargas no mesmo, devido ao aumento da coesão do material.

## **6 PROPOSTA DE SOLUÇÃO DA SITUAÇÃO PROBLEMA**

### **6.1 PROPOSTA DE MELHORIA PARA A REALIDADE ESTUDADA**

De acordo com os dados obtidos através dos estudos realizados com o aproveitamento dos pneus inservíveis, como ligantes na produção de asfalto, pode-se observar que se deve investir mais nesse tipo de solução para os pneus velhos, utilizados pela frota de automóveis brasileira. Algumas ações precisam ser desenvolvidas, para que eles alcancem as indústrias de reciclagem de pneus tendo assim uma destinação final mais adequada, contribuindo também com a saúde pública e com a economia de matéria para produção de asfalto.

### **6.2 RESULTADOS ESPERADOS**

Espera-se com esses resultados um maior interesse por parte dos municípios, empresas particulares e multinacionais, para de fato existir a reciclagem dos pneus inservíveis como forma de acabar com o passivo ambiental e melhorar as condições das estradas brasileiras, utilizando a borracha oriunda do pneu reciclado como ligante para produção de asfalto. Desta maneira se dará uma contribuição significativa ao retirar do meio ambiente os pneus que seriam destinados incorretamente em lixões ou mesmo ocupando espaços importantes nos aterros sanitários, ou

mesmo porque propiciam a proliferação de mosquitos transmissores de doenças como a febre amarela, dengue e a malária. Assim o asfalto borracha ou asfalto ecológico é uma boa solução para acabar com a destinação incorreta dos pneus inservíveis, por utilizar a borracha dos pneus em sua fabricação e resolver ainda o problema de manutenção das rodovias pavimentadas no Brasil, com uma boa revitalização de pavimentos, com economia de recursos.

### **6.3 VIABILIDADE DA PROPOSTA**

#### **6.3.1 Vantagens da utilização do Asfalto-borracha**

Possibilita uma redução da espessura, o que depende de vários fatores entre os quais: análise da deformidade de estrutura, do tráfego da rodovia, do clima da região e do tipo de mistura asfáltica com Asfalto-borracha, variando entre 20 e 30% da espessura da liga com revestimento convencional (GRECA ASFALTOS, 2014).

Outras vantagens podem ser citadas como:

- diminuição dos custos de conservação, pelo fator desse tipo de ligante envelhecer menos durante a usinagem e suportar maior deformação, aumentando assim a durabilidade do revestimento;
- diminuição dos intervalos de interrupção de pista para reparos de conservação e mesmo restauração.
- menor espessura de pista de rolamento, diminuindo assim redução de esforço nos acostamentos.
- economia de combustível durante a usinagem e transporte de massa asfáltica, além da diminuição de tempo para executar a obra prevista.

#### **6.4 Avaliação econômico-financeira de uma obra com Asfalto-Borracha**

Realizou-se uma análise de custo de uma obra de restauração de 30 Km de extensão com 5 cm de espessura para revestimento com o asfalto convencional e 3,5 cm de espessura com o asfalto borracha (GRECA Asfaltos, 2014).

Os resultados apontaram que para 30 Km de restauração são necessárias as seguintes quantidades de massa asfáltica, conforme tabela 1 abaixo:

<b>Revestimento em CBUQ convencional:</b>	<b>Revestimento em CBUQ com Asfalto Borracha com redução de 30%:</b>
30.000 m X 7,00 m X 0,05 m X 2,5 t/m <sup>3</sup> = 26.250 toneladas de massa asfáltica de CBUQ normal	30.000 m X 7,00 m X 0,035 m X 2,5 t/m <sup>3</sup> = 18.375 toneladas de massa asfáltica de CBU

**Tabela 1: Quantidade de massa asfáltica para restauração de 30 Km de estrada.**

Fonte: GRECA Asfaltos, 2014.

Com base nesses dados e com uma produção igual a 9.000 toneladas/ mês de cada tipo de asfalto, chega-se a conclusão que para aplicar o asfalto convencional demorar-se-ia três meses, enquanto que o asfalto borracha esse tempo seria reduzido para dois meses. Economizaria um mês de custo fixo das instalações industriais e mão-de-obra necessárias para aplicação do revestimento (GRECA Asfaltos, 2014).

**Premissas adotadas:**

- preço do asfalto comum é de R\$ 1.150,00/tonelada;
- preço do asfalto borracha é de R\$ 1.550,00/tonelada;
- os preços não consideram o frete;
- teor ligante do asfalto convencional é de 5%
- teor ligante do asfalto borracha é de 5,5%
- preços por tonelada dos insumos e a aplicação na pista, conforme tabela 2.

<b>CBUQ com CAP 50/70:</b>	R\$ 200,00 por tonelada
<b>CBUQ com Asfalto Borracha:</b>	R\$ 230,00 por tonelada

**Tabela 2: preço por tonelada dos insumos e aplicação na pista.**

Fonte: GRECA Asfaltos, 2014.

Assim o asfalto borracha é em torno de 15% mais caro que o convencional. De acordo com os dados já mencionados, pode se observar na Tabela 3 a seguir a descrição dos custos de execução dos revestimentos com cada tipo de asfalto:

Grandezas		Cálculo	Unidade	Tipo de Asfalto	
				CAP 50/70	Asfalto Borracha (Ecoflex)
A	Qtd de massa asfáltica de CBUQ produzida	-	ton	26,250	18,375
B	Custo de Usinagem/Aplicação por tonelada de CBUQ aplicado	-	R\$/ton	200,00	230,00
C	Qtd de massa x Custo de Usinagem/Aplicação	A X B	R\$	5.250.000,00	4.226.250,00
D	Teor de Asfalto	-	% em peso	5,00	5,50
E	Custo do Asfalto por Tonelada	-	R\$/Ton	1.150,00	1.550,00
F	Custo Asfalto no CBUQ	A x D x E	R\$	1.509.375,00	1.566.468,75
G	Custo Total da Obra	C + F	RS	6.759.375,00	5.792.718,75

**Tabela 3: Custos de execução do asfalto convencional e do asfalto borracha.**

Fonte: GRECA Asfaltos, 2014.

A redução de custo quando se utiliza o asfalto borracha é dada pelo cálculo demonstrado na tabela 4 a seguir:

$$\% \text{Redução de custo} = \frac{(6.759.375,00 - 5.792.718,75) \times 100}{(6.759.375,00)}$$

Redução de Custo do CBUQ com Asfalto-Borracha em substituição ao CAP 50/70	R\$	966.656,25
	%	14,3

**Tabela 4: Redução dos custos utilizando asfalto borracha.**

Fonte: GRECA Asfaltos, 2014.

## 7 CONCLUSÃO

A utilização de revestimento com asfalto-Borracha permite uma redução no custo da obra de aproximadamente 14%. Reduções de espessura entre 20 e 25% também permitirão uma redução significativa no custo da obra.

Com a utilização da borracha de pneus inservíveis como ligante na fabricação de asfalto a GRECA Asfalto já retirou em parceria com seus clientes mais de 2.000.000 de pneus do meio ambiente, que poderiam estar descartados em aterros, nas matas, nas beiras dos rios e até mesmo proliferando insetos transmissores de doenças como a dengue, malária e febre amarela.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido à crescente preocupação e os cuidados que devemos ter com o meio ambiente, ficou evidente que as autoridades e o governo tinham que tomar algumas providências a fim de acabar com o problema do descarte inadequado dos pneus usados.

A atual legislação e normativas ambientais tornam públicas as informações sobre os impactos gerados por esses materiais, mas geralmente quem tem conhecimento dessas leis e normas são quem fabrica e comercializa os pneus, no entanto, é necessário que elas sejam mais divulgadas, aumentando assim a conscientização das empresas e da sociedade.

Outra medida foi a criação de locais para o descarte dos pneus inservíveis para depois serem recolhidos por empresas especializadas em sua reciclagem, sendo comercializados junto com diversos materiais retirados dos pneus para empresas que os reutilizam, seja para recauchutagem, recapagem ou remoldagem,

além da utilização tema específico deste estudo que é a utilização da como ligantes na indústria de asfaltos, tais como se realiza na GRECA Asfaltos.

As empresas adotando o descarte ambientalmente correto dos pneus, auxiliam na preservação do meio ambiente, em se aproveitando os pneus descartados na composição do asfalto borracha, conforme se demonstrou em diversos estudos, pode se obter uma maior resistência e durabilidade dos pavimentos e um menor custo e consumo de matérias primas, em especial de recursos não renováveis.

## **TIRE RECYCLING: ATTITUDE ENVIRONMENTAL STRATEGY MEETS ECONOMIC**

### **ABSTRACT**

Due to the large growth of the automobile industry in Brasil, over the years, began the tire disposal problems used by cars and trucks that arrived at the end of life. The waste tires generally were not collected properly causing environmental problems due to its burning, as well as public health, because when played in the open accumulate rainwater, to construct insects that transmit diseases such as dengue, malaria and yellow fever. As a way to reuse the unusable tires without harming the environment and a greater cost benefit to the asphalt industry then came the use of scrap tires as binders for asphalt production called rubber asphalt, improving asphalt properties. This work was based on bibliographic research dealing with the use of rubber tire waste through recycling, as binders for the production of asphalt as one of the ways to reuse. As the disposal of tires is an environmental problem is need public and private agencies partnerships to become a profitable and environmentally friendly business.

**Keywords:** Scrap tires; Asphalt rubber; Profitable business.

### **REFERÊNCIAS**

ABIP. **Associação Brasileira da Indústria de Pneus Remoldados**. Disponível em <<http://www.abip.com.br>> Acesso em: 03 ago 2014.

AMBIENTE BRASIL. **Reciclagem de pneus**. Disponível em: <[http://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/reciclagem/reciclagem\\_de\\_pneus.html](http://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/reciclagem/reciclagem_de_pneus.html)> Acesso em: 16 ago 2014

BERTOLLO, S.A.; FERNANDES JUNIOR, J.L. **Benefícios da incorporação de borraça de pneus em pavimentos asfálticos**. São Carlos, SP: Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 2002.

BONENTE, L. A. I. M., **Transformação de pneus inservíveis em dormente ferroviário**: proposta de pesquisa tecnológica. Laboratório de Estudos e Simulação de Sistemas Metro-Ferrovário COPPE-UFRJ, 2005. Disponível em: <[http://www.itcp.coppe.ufrj.br/Dormente\\_pneus\\_inserviveis.pdf](http://www.itcp.coppe.ufrj.br/Dormente_pneus_inserviveis.pdf)>. Acesso em: 25 ago 2014.

BRASIL. **Resolução nº 416**. Brasília, DF: CONAMA, 30/09/2009. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 12 set 2014.

CAHPI CONSULTORIA & SERVIÇOS. **Emissões de gases tóxicos pela queima de pneus**. Disponível em: <<http://www.cahpiconsultoria.com.br/index.php/servicos/>> Acesso em: 10 set 2014.

CARROS. **Como os pneus são feitos**. Disponível em: <<http://www.carros.hsw.uol.com.br/pneus1.htm>> Acesso em: 29 ago 2014.

CAVALCANTI, Marcelo e MOREIRA, Enzo. **Metodologia de estudo de caso**: livro didático. 3. ed. rev. e atual. Palhoça: UnisulVirtual, 2008. 170 p.

CEMPRE – Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Pneus – O mercado para reciclagem**. Disponível

em: <[http://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/reciclagem/reciclagem\\_de\\_pneus.html](http://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/reciclagem/reciclagem_de_pneus.html)> Acesso em: 04 set 2014.

COSTA, P.G. **Pneus**. Disponível em: <<http://www.oficinaecia.com.br/bibliadocarro>> Acesso em: 28 ago 2014.

DENATRAN. **Frota 2013**. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/frota.htm>> Acesso em: 02 set 2014.

EPUSP. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais. Escola Politécnica. 2014. Disponível em: <http://www.pmt.usp.br/>

FREIRES, Francisco Gaudêncio M; GUEDES, Alcibíades Paulo S. **Power and trust in reverse logistics systems for scrap tires and its impact on performance**. The Flagship Research Journal, of International Conference of the Production and Operations Management Society. Vol. 1, January – June 2008.

GLOBO. **Borracha de pneus velhos vira asfalto mais duradouro em rodovias de SP**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/sao-paulo-mais-limpa/noticia/2012/05/borracha-de-pneus-velhos-vira-asfalto-mais-duradouro-em-rodovias-de-sp.html>> Acesso em: 10 ago 2014.

GOODYEAR. **Recauchutagem de pneus**. Disponível em: <<http://www.goodyear.com.br/pneus/recauchutagem-pneus/fabrica-goodyear/fabrica-goodyear.html>> Acesso em: 30 ago 2012.

GRECA ASFALTOS. **Estudo comparativo do desempenho do Asfalto Borracha**. Disponível em: <<http://www.grecaasfaltos.com.br>> Acesso em: 13 jul 2014.

GRUPO DPASCHOAL. **Recapagem de pneus**. Disponível em: <<http://truck.dpaschoal.com.br/SitePages/RecMaxx/default.aspx>> Acesso em: 10 set 2014

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Instrução normativa n.º 1, de 18 de Março de 2010**. Disponível em: <[http://servicos.ibama.gov.br/ctf/manual/html/IN\\_01\\_2010\\_DOU.pdf](http://servicos.ibama.gov.br/ctf/manual/html/IN_01_2010_DOU.pdf)> Acesso em: 17 ago 2014.

LACERDA, Lais Pessoa de. **Pneus descartados nos Brasil** – subsídios para uma reflexão sobre o problema na Bahia. Disponível em:

<[http://www.teclim.ufba.br/site/material\\_online/monografias/mono\\_lais\\_p\\_de\\_lacerda.pdf](http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/monografias/mono_lais_p_de_lacerda.pdf)>. Acesso em: 25 ago 2014.

LEITE, Paulo Roberto. **Logística Reversa: meio ambiente e competitividade** / Paulo Roberto Leite. – São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

LOHN, Joel Irineu. **Metodologia para elaboração e aplicação de projetos: livro didático**. 2 ed. rev. e atual. Palhoça: UnisulVirtual, 2005. 100 p.

MATTOS, Marluza. **Pneu velho, problema novo**. Junho 2006. Disponível em: <<http://www.terrazul.m2014.net>> Acesso em: 27 ago 2014.

MEIO AMBIENTE. **Pneus que viram asfalto**. Disponível em: <<http://meioambiente.culturamix.com/desenvolvimento-sustentavel/pneus-que-viram-asfalto>> Acesso em: 15 set 2014.

NICE, Karim. **Como os pneus são feitos**. 2014. Disponível em: <http://carros.hsw.uol.com.br/pneus1.htm>. Acesso em: 02 mar 2015.

ODA, S.; FERNANDES JÚNIOR, J. L. **Borracha de pneus como modificador de cimentos asfálticos para uso em obras de pavimentação**. Acta Scientiarum, Maringá, v. 23, n. 6, p. 1589-1599, 2001.

PNEUS FÁCIL. **Processo de Recapar, Remoldar, Recauchutar um Pneu**. Disponível em: [http://www.pneusfacil.com.br/info/passos\\_de\\_remold.php](http://www.pneusfacil.com.br/info/passos_de_remold.php) . Acesso em: 10 set 2014.

RAUEN, Fábio José. **Roteiros de investigação científica**. Tubarão: Unisul, 2002.

RECICLOTECA. Centro de informações sobre reciclagem e meio ambiente. **Borracha e o pneu**. Disponível em: <http://www.recicloteca.org.br/Default.asp> . Acesso em 09 set 2014.

RESENDE, E. **Canal de Distribuição Reverso na Reciclagem de Pneus: Estudo de Caso**. Rio de Janeiro: PUC, 2004. Disponível em: <[http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/teseaberta/0212208\\_04\\_postextual.pdf](http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/teseaberta/0212208_04_postextual.pdf)>. Acesso em: 08 set 2014.

REVISTA MEIO AMBIENTE. **Benefício do asfalto-borracha.** Disponível em: <<http://www.revistameioambiente.com.br/2008/03/27/710/>> Acesso em: 13 set 2014.

SCAGLIUSI, Sandra R. **Reciclagem de pneus inservíveis:** alternativa sustentável à preservação do meio ambiente. Tese apresentada para a obtenção do título de doutora em ciências. Tecnologia Nuclear – IPEN/CNEN – USP. São Paulo, 2011.

SiNICESP. **Do pneu à estrada.** Disponível em:

<<http://www.sinicesp.org.br/materias/2013/bt08a.htm>> Acesso em: 13 set 2014.

SUGIMOTO, LUIZ. **Tese propõe metodologia para descartes de pneus.** Jornal da Unicamp, 15 a 21 de março de 2004. Disponível em: <[http://www.unicamp.br/unicamp\\_hoje/jornalPDF/ju244pag11.pdf](http://www.unicamp.br/unicamp_hoje/jornalPDF/ju244pag11.pdf)> Acesso em: 08 ago 2014.

UFRGS. **Asfalto Borracha.** Disponível em: <

<http://www.ufrgs.br/ensinodareportagem/meiob/asfaltob.html>> Acesso em: 14 set 2014.

VIANA, Lauro Oliveira. **A logística reversa e o tratamento de pneus inservíveis no Estado do Piauí.** Dissertação para obtenção do Título de Mestre em Administração de Empresas Universidade de Fortaleza - UNIFOR. – Fortaleza, 2009.