

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR**  
**CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**  
**LUCAS DE CASTRO NOGUEIRA VIEIRA**

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE**  
**RECAUCHUTAGEM DE PNEUS NA INDÚSTRIA**

**FORMIGA – MG**  
**2015**

LUCAS DE CASTRO NOGUEIRA VIEIRA

ANÁLISE DA VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE  
RECAUCHUTAGEM DE PNEUS NA INDÚSTRIA

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
ao Curso de Engenharia de Produção do  
UNIFOR-MG, como requisito parcial para  
obtenção do título de bacharel em  
Engenharia de Produção.  
Orientador: Prof. Dr. Marcelo Carvalho Ramos

FORMIGA – MG

2015

Lucas de Castro Nogueira Vieira

ANÁLISE DA VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE  
RECAUCHUTAGEM DE PNEUS NA INDÚSTRIA

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
ao Curso de Engenharia de Produção do  
UNIFOR-MG, como requisito parcial para  
obtenção do título de bacharel em  
Engenharia de Produção.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Marcelo Carvalho Ramos  
ORIENTADOR

---

Prof. Alexandre Dezem Bertozzi  
EXAMINADOR

Formiga, 10 de novembro de 2015.

## RESUMO

A questão ambiental é uma vertente que tem gerado preocupações na sociedade em geral e em indústrias que buscam por meio de um aproveitamento correto de resíduos, evitar um desgaste ainda maior do meio ambiente. Neste sentido, o presente estudo teve como objetivo, verificar as possibilidades de uso dos resíduos de recauchutagem de pneus na indústria. Para tanto, foi realizado um estudo em quatro áreas com categorias industriais distintas a fim de verificar as possibilidades de reaproveitamento de resíduos provenientes de uma empresa do setor de recauchutagem de pneus localizada em uma cidade do centro-oeste de Minas Gerais. A pesquisa demonstrou que o uso do pneu inservível é amplo e lucrativo para as empresas que atuam nestes setores, no entanto, percebe-se que apesar de já existir uma consciência acerca do aproveitamento de resíduos de pneus em outras indústrias como a cimenteira ou a de artefatos de borracha, ainda é importante que sejam feitas campanhas de conscientização para um descarte correto destes resíduos tão nocivos ao meio ambiente.

Palavras chave: Resíduos de pneus. Recapagem. Reaproveitamento.

## **AGRADECIMENTOS**

Mais uma etapa se encerra, mas sempre lembrando que a busca pelo conhecimento e por melhorar a cada dia deve permanecer para sempre!

Agradeço a Deus por me iluminar e me abençoar, e tornar essa caminhada mais prazerosa.

Aos meus pais pelo apoio incondicional e por estarem sempre juntos acompanhando meus esforços em todo esse período.

À minha noiva Juliana pela companhia e por sempre me fortalecer e tornar a vida mais bela e espetacular.

Aos meus professores pela conduta séria, e pelos ensinamentos não apenas acadêmicos, mas valiosos conselhos de vida.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Estrutura do pneu.....	19
Figura 2	Limpeza.....	20
Figura 3	Exame Inicial.....	21
Figura 4	Raspagem.....	21
Figura 5	Escareação.....	21
Figura 6	Aplicação de conserto.....	22
Figura 7	Aplicação de cola.....	22
Figura 8	Enchimento.....	23
Figura 9	Aplicação da banda de rodagem.....	23
Figura 10	Envelopamento.....	23
Figura 11	Montagem.....	24
Figura 12	Vulcanização.....	24
Figura 13	Inspeção final.....	25

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Síntese da viabilidade das empresas pela disponibilidade de raspas e pó de borracha.....	48
-----------	--	----

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Entrevista com o gerente de produção da recapagem.....	34
Quadro 2	Entrevista com o supervisor da empresa cimenteira.....	40

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Equipamentos necessários para trituração de pneus.....	30
Tabela 2	Equipamentos necessários para transformação raspas de borracha.	30
Tabela 3	Mão de obra necessária.....	31
Tabela 4	Custos fixos mensais do setor de transformação.....	31
Tabela 5	Custos fixos mensais do setor de trituração.....	32
Tabela 6	Custos variáveis da distribuição do pó de borracha.....	32
Tabela 7	Produção de pneus de 2012 a 2015.....	36
Tabela 8	Produção de pneus de acordo com as medidas e a relevância de 2012 a 2015.....	36
Tabela 9	Dados dos resíduos gerados na raspagem de pneus de 2012 a 2015.....	37
Tabela 10	Dados dos resíduos gerados na raspagem e dos pneus inservíveis de 2012 a 2015.....	38
Tabela 11	Ponto de equilíbrio na empresa cimenteira.....	44
Tabela 12	Ponto de equilíbrio na empresa de massa asfáltica.....	45
Tabela 13	<i>Payback</i> do empreendimento de massa asfáltica em 10 anos.....	46
Tabela 14	Ponto de equilíbrio na empresa de tapetes de borracha.....	47

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
1.1	Problema.....	11
1.2	Justificativa.....	12
1.3	Hipótese.....	12
<b>2</b>	<b>OBJETIVO.....</b>	<b>13</b>
2.1	Geral.....	13
2.2	Específicos.....	13
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
3.1	As indústrias e o meio ambiente.....	14
3.1.1	Os impactos dos resíduos de recauchutagem no meio ambiente...	15
3.2	Possibilidades de utilização dos resíduos em indústrias.....	17
3.3	Pneus inservíveis.....	17
3.4	Composição do pneu.....	18
3.4.1	O processo de recauchutagem de pneus.....	20
3.5	Análise de custo.....	25
3.5.1	Análise de custo por payback.....	25
3.5.2	Ponto de equilíbrio.....	25
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>27</b>
4.1	Tipo de pesquisa.....	27
4.2	Objeto de estudo.....	28
4.3	Coleta de dados.....	28
<b>5</b>	<b>ANÁLISE DE RESULTADOS.....</b>	<b>34</b>
5.1	Análise dos processos da empresa de recapagem de pneus.....	34
5.2	Análise dos dados referentes à produção de resíduos na recapagem.....	36
5.3	Análise dos dados referentes aos pneus inservíveis na recapagem.....	37

5.4	Análise da destinação do aço para uma empresa de sucata.....	39
5.5	Análise da utilização de raspas de borracha em uma empresa cimenteira.....	40
5.6	Análise da utilização de pó de borracha em uma empresa de massa asfáltica e uma empresa de tapetes de borracha.....	42
5.7	Análise da implantação do maquinário de trituração e transformação da raspa de borracha na sede da recapagem de pneus.....	43
5.8	Análise da viabilidade econômica da venda e distribuição dos resíduos de recauchutagem na indústria.....	44
5.8.1	Análise da viabilidade econômica da venda e distribuição para empresa cimenteira.....	44
5.8.2	Análise da viabilidade econômica da venda e distribuição para empresa de massa asfáltica.....	45
5.8.3	Análise da viabilidade econômica da venda e distribuição para empresa de tapetes de borracha.....	47
6	CONCLUSÃO.....	49
	REFERÊNCIAS.....	50
	APÊNDICE A.....	52
	APÊNDICE B.....	53
	APÊNDICE C.....	54

## **1 INTRODUÇÃO**

A questão ambiental está inserida nas diversas áreas de estudo da economia, uma vez que o meio ambiente é fonte de matérias primas e energia, local de despejo dos rejeitos das atividades produtivas e contribui de maneira significativa para o bem-estar da população. Afinal, a economia é por muitos definida como a ciência que aloca recursos escassos para fins alternativos.

O presente trabalho pesquisou os principais fatores que influem na formação das estratégias ambientais das empresas. Visou, acima de tudo, aprofundar a análise de como uma empresa do ramo de recauchutagem de pneus observando, como esta enfrenta as exigências ambientais dos órgãos regulamentadores e como estas exigências traduzem-se dentro do seu contexto organizacional na forma de uma conduta ambiental.

O setor de recauchutagem de pneus foi o foco deste estudo, por constituir um tipo de atividade extremamente agressiva do ponto de vista natural caso não sejam respeitados procedimentos que garantam a proteção do ambiente, especialmente no tocante à destinação ou utilização dos resíduos produzidos por este tipo de organização.

Neste sentido, é imprescindível que as empresa elaborem estratégias para conduzir seus processos produtivos, buscando atender seus clientes e ao mesmo tempo, primando pela manutenção do meio ambiente.

Assim, a aplicação da logística reversa atua como uma forma de sustentabilidade, onde os resíduos gerados em função da recauchutagem possam ser utilizados em outros tipos de indústrias como no caso da indústria cimenteira, indústria de massa asfáltica, ou construção civil, por exemplo.

### **1.1 Problema**

Quais as possibilidades de uso dos resíduos de recauchutagem de pneus na indústria?

## **1.2 Justificativa**

A frota de veículos circulando pelo Brasil tem crescido rapidamente e este fato gera diversos problemas ambientais, sociais e econômicos. Uma das questões mais debatidas atualmente é a destinação dos pneus inservíveis e os resíduos gerados por empresas do setor de recauchutagem, devido ao fato do descarte destes não ser feito seguindo um planejamento prévio.

Neste sentido, o presente estudo é de grande importância tanto para o meio acadêmico quanto para o setor de recauchutagem de pneus, pois demonstra a importância de um correto gerenciamento dos resíduos provenientes deste setor e demonstra a necessidade da elaboração de programas que visem a reutilização destes resíduos por indústrias diversas, evitando que estes sejam lançados indiscriminadamente no meio ambiente, causando conseqüentemente impactos ambientais muitas vezes irreversíveis.

Dessa forma, este estudo justifica-se devido à urgência em se buscar soluções criativas para o uso dos resíduos de recauchutagem de pneus, onde esta matéria-prima por meio do princípio da minimização transforma resíduos sólidos e outros produtos.

## **1.3 Hipótese**

O reaproveitamento dos resíduos gerados pelas empresas de recauchutagem de pneus, por indústrias diversas contribui para a redução dos impactos ambientais.

## **2 OBJETIVO**

### **2.1 Geral**

Verificar as possibilidades de uso dos resíduos de recauchutagem de pneus na indústria.

### **2.2 Específicos**

- Realizar uma pesquisa bibliográfica das formas de beneficiamento dos resíduos de recauchutagem em diversos segmentos da indústria;
- Conhecer os impactos do descarte de resíduos de empresas de recauchutagem no meio ambiente;
- Efetuar um estudo de caso sobre o descarte dos resíduos provenientes de uma empresa de recauchutagem de pneus.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 As indústrias e o meio ambiente

Os resíduos perigosos são produzidos, sobretudo pela indústria, e sua forma de descarte é particularmente preocupante, pois, quando incorretamente gerenciados, tornam-se uma grave ameaça ao meio ambiente. (KRAEMER, 2007).

Na concepção de Kraemer (2007), as indústrias tradicionalmente responsáveis pela maior produção de resíduos perigosos são as metalúrgicas, as indústrias de equipamentos eletroeletrônicos, as fundições, a indústria química e a indústria de couro e borracha. Predomina em muitas áreas urbanas a disposição final inadequada de resíduos industriais, por exemplo, o lançamento dos resíduos industriais perigosos em lixões, nas margens das estradas ou em terrenos baldios, o que compromete a qualidade ambiental e de vida da população.

Saraiva e Correia (2002, p. 1) enfatizou nesse sentido que:

[...] a preocupação ambiental decorre de uma realidade econômica em crescimento acelerado, resultado de uma competitividade e inovação sem precedentes, em que a necessidade de detecção e otimização dos fatores críticos de sucesso é a chave para um desenvolvimento sustentável. Neste contexto, a qualidade tem assumido um papel dominante enquanto agente de mudança das organizações atuais e talvez o maior desafio da gestão moderna. (SARAIVA; CORREIA, 2002, p. 1).

Verifica-se que, geralmente, “o impacto ambiental de empresas de grande porte é mais compreendido, o de pequenas é desconhecido e pouco gerenciado” (SEIFFERT, 2006, p. 41) – o que pressupõe a necessidade de se investigar mais detalhadamente a “contribuição” das micro e pequenas empresas e empresas de médio porte na degradação ambiental.

Considerando, então, o potencial poluidor das empresas desperta-se para uma aplicação efetiva da gestão ambiental, tendo em vista não somente a preservação do meio ambiente em si, mas de maneira – embora menos significativa se considerar a questão ambiental – a despertar para a preocupação com a imagem da empresa no mercado. (SARAIVA; CORREIA, 2002).

Silva, Silva e Ximenes (2013) descreveram que a imagem ambiental de uma empresa depende em grande parte do que o público percebe, por exemplo,

infrações da lei, acidentes ou contaminação por odor e por ruído. Portanto, é interesse da direção evitar estes incidentes negativos.

Algumas empresas estabelecem indicadores para ilustrar o comportamento ambiental baixo e o critério do cumprimento das disposições legais. Estes indicadores representam uma ferramenta de informação interna, independentemente de que se publiquem no informe ambiental ou não. (SILVA; SILVA; XIMENES, 2013).

Segundo Kraemer (2007, p. 2) “empresas que promovam agressões contra o meio ambiente ou atentem contra os direitos humanos certamente sofrerão grandes dificuldades para competir em mercados globalizados ou então serão definitivamente banidas.” Desse modo o autor também descreve que “o conceito de desenvolvimento sustentável apresenta pontos básicos que devem considerar, de maneira harmônica, o crescimento econômico, maior percepção com os resultados sociais decorrentes e equilíbrio ecológico na utilização dos recursos naturais”.

### **3.1.1 Os impactos dos resíduos de recauchutagem no meio ambiente**

Os resíduos provenientes de recauchutagem de pneus trazem danos irreversíveis ao meio ambiente quando descartados de modo incorreto. Neste sentido, o cumprimento às legislações ambientais deve ser observado para que seja possível realizar o controle de produtos considerados inservíveis para este tipo de indústria. (LACERDA, 2001).

O excessivo número de pneus usados e descartados representa um problema mundial que está diretamente relacionado à crescente frota de veículos de cada país. Entretanto, a magnitude do efeito ambiental causado por milhões de pneus inservíveis gerados todos os anos não é facilmente percebida, mesmo com o crescimento incessante da frota automobilística mundial, embora os danos causados pelo descarte inadequado dos pneus impliquem em enchentes, entupimento de redes de esgoto, poluição de mananciais e geração de doenças. (GRIBELER, 2010).

Consensualmente, é considerada a destinação mais agressiva ao meio ambiente o descarte de pneus e seus resíduos ao ar livre. Além de alterar a paisagem, os pneus inservíveis descartados incorretamente ou não aproveitados por outras indústrias, representam de acordo com Andrietta (2002) pelo menos três graves ameaças à saúde humana: proliferação de agentes transmissores de

doenças como a dengue; liberação de substâncias tóxicas na atmosfera e no solo, contaminando lençóis freáticos; risco de incêndios de grandes proporções e difíceis de serem controlados, produzindo fumaça tóxica.

A disposição dos pneus em aterros sanitários segundo Gribeler (2010) mesmo quando enterrados, tendem a subir de volta à superfície. Esta ação pode causar dano flutuante, expondo a área circundante a gases tóxicos e fumaça de dentro da deposição em aterro. Quando na superfície, pneus inservíveis atraem roedores portadores de doenças e mosquitos que se reproduzem na água parada da chuva que se acumula no interior dos pneus.

A queima de pneus sem o tratamento adequado, também pode ser uma grande ameaça, com a liberação do óleo pirolítico, que pode viajar longas distâncias, contaminando solo e água, além de penetrar em lençóis freáticos. Estudos demonstram que a poluição dessas águas causada pelo escoamento derivado da queima de pneus pode durar até 100 anos. Em combustão, o pneu emite também fumaça tóxica, que pode representar riscos de mortalidade prematura, deterioração das funções pulmonares, problemas do coração, depressão do sistema nervoso e central. (ANDRIETTA, 2002).

Andrietta (2002) destacou que a empresa que incinerar artefatos elastoméricos, sejam eles pneus ou não, deverá usar métodos bastante modernos a fim de impedir os mais diversos tipos de emissões em função da grande variedade e do teor de aditivos usados nessa classe de polímeros. A aditivação de pneus é bastante variada e os gases oriundos da queima desse artefato produzem espécies de alto grau de toxicidade. As dioxinas, os furanos e os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos são as classes que requerem cuidados especiais, devido aos sérios danos à saúde humana e ao meio ambiente por eles provocados.

Não há informações mais precisas sobre a questão do descarte de pneus no Brasil, nem do passivo ambiental representado pelos pneus abandonados na natureza. Estima-se que 100 milhões de pneus descartados estão depositados (jogados) no meio ambiente, mas é razoável supor que a realidade se mostre bem mais grave. (ANDRIETTA, 2002).

### **3.2 Possibilidades de utilização dos resíduos em indústrias**

O crescimento da quantidade de pneus produzido a nível mundial é um reflexo do aumento da frota. Estimam que a cada ano cerca de um bilhão de pneus deixem de ser utilizados e, até o ano de 2030 existam cerca de 5 bilhões sejam descartados regularmente. (LIMA et al., 2014).

Motta (2008) destacou que no Brasil, da maioria dos pneus colocados em desuso, cerca de 40%, é destinada à indústria de cimento, que queima a borracha para gerar energia em fornos de cimenteiras. A borracha do pneu tem alto poder calorífico. Pneus inservíveis são utilizados como fonte de combustível em usinas de energia, instalações de manufatura de pneus, indústrias de cimento e indústrias de produção de papel e polpa. Aplicações que demonstram como extrair o valor energético dos pneus de forma aceitável ambientalmente.

Atualmente, com a crescente preocupação ambiental, a reutilização de pneus e dos resíduos provenientes de indústrias de recauchutagem tem possibilitado um aproveitamento ainda tímido por parte de indústrias diversas. Assim, a destinação de resíduos podem ser utilizados na composição de asfaltos, placas de isolamento acústico e diversos outros materiais utilizados pela construção civil, como telhas e pisos ou ainda reaproveitados na elaboração de materiais que se agregam a outros elementos e posteriormente não possam mais ser dissociados. (RIBEIRO et al., 2013).

### **3.3 Pneus inservíveis**

Os pneus inservíveis são caracterizados por não mais possuírem condições de utilização, não permitindo que sejam realizados processos de reconstrução ou consertos, dessa forma chegando ao final da sua vida útil. Após o pneu se tornar inservível, existem algumas aplicações que demonstram como extrair o valor energético dos pneus de forma aceitável ambientalmente.

Motta (2008, p. 23) destaca que,

para cumprir as resoluções do CONAMA, 258/99 e 301/02, dois programas de destinação de pneus inservíveis foram formulados e implementados. As instituições responsáveis são: ANIP, com o Programa de Coleta e Destinação de Pneus Inservíveis que foi instalado no Brasil todo e atualmente conta com 211 pontos de coleta de pneus (em março de 2007);

e ABIP, com o Programa Rodando Limpo, que tem sua atuação concentrada no Paraná.

Além das centrais de trituração, a ANIP utiliza empresas terceirizadas para processar o excedente da coleta que as três centrais não absorvem. Para isto a ANIP utiliza as empresas associadas à Associação Nacional das Empresas de Reciclagem de Pneus e Artefatos de Borrachas (AREBOP). Estas empresas fazem a coleta dos pneus, trituram o material em suas unidades produtivas e fazem o transporte do pneu triturado até a empresa produtora de cimento que realiza a queima. (OLIVEIRA; CASTRO, 2007).

Desta maneira, é possível coletar pneus considerados inservíveis em revendedoras de pneus, por meio de convênio com órgãos públicos, coletas em borracheiros ou em empresas que possuem grandes frotas de veículos leves ou pesados.

De acordo com Gribeler (2010), desde 1999, com a promulgação da lei de destinação dos pneus inservíveis, várias empresas produtoras de cimento investiram na adequação de seus processos produtivos para coprocessar pneus e assim receberem autorização do IBAMA para emitir certificados de destinação ambientalmente correta de pneus inservíveis. Tecnicamente, esta modificação é viável, e as empresas perceberam que elas teriam retorno do investimento rapidamente, pois iriam substituir por pneu parte do carvão utilizado, e ainda poderiam cobrar pela emissão do certificado.

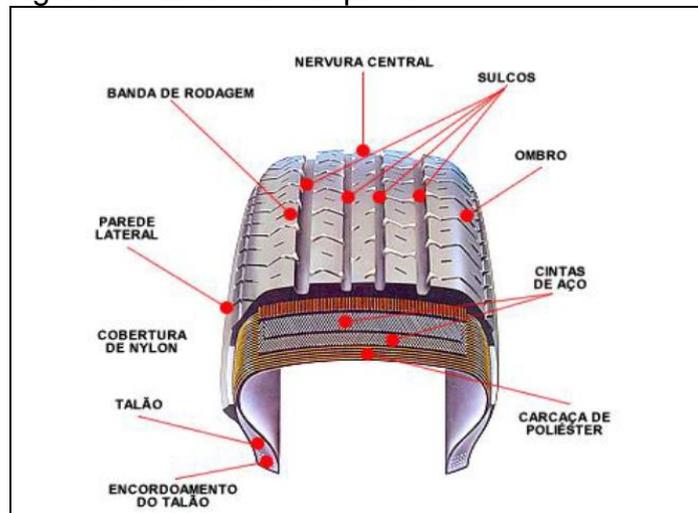
### **3.4 Composição do pneu**

O pneu contém em sua composição uma combinação de diversas matérias-primas que, juntas oferecem segurança e conforto aos usuários. Seu tamanho e forma podem variar de acordo com o tipo de utilização, no entanto, a composição é igual para todos os tipos e modelos. Desta maneira, o pneu é formado por uma banda de rodagem e uma estrutura de aço que lhe dá sustentação. Quanto à composição química, esta ocorre por meio de processos de vulcanização, onde é feita adição de petróleo para formação da borracha sintética que contém 83% de carbono, 7% de hidrogênio, 2,5% de oxigênio, 0,3% de enxofre e 6% de cinzas. (GRIBELER, 2010).

O pneu é constituído por uma mistura de borracha natural e polímeros sintéticos que ao ser adicionado negro de fumo confere à borracha maior resistência. Estruturalmente, o pneu possui fios de aço embutido no talão, que será posteriormente ajustado ao aro da roda. Um pneu de caminhão possui em sua composição: 45% de borracha, 11% de negro de fumo, 25% de aço, 2% de óxido de zinco, 1% de enxofre e 5% de aditivos. (ANDRIETTA, 2002).

De acordo com dados da GOODYEAR (2010), quanto à sua estrutura, um pneu é constituído por 5 partes: carcaça, talões, banda de rodagem, parede lateral e cintas (FIG. 1).

Figura 1 – Estrutura do pneu



Fonte: Gribeler (2010)

- **CARCAÇA:** é a parte resistente do pneu, constituída de lona(s) de poliamida, poliéster ou aço. Retém o ar sob pressão que suporta o peso total do veículo. Nos pneus radiais, as cintas complementam sua resistência.
- **TALÕES:** são constituídos internamente de arames de aço de grande resistência e têm por finalidade manter o pneu acoplado ao aro.
- **BANDA DE RODAGEM:** é a parte dos pneus que entra diretamente em contato com o solo. Formada por um composto especial de borracha que oferece grande resistência ao desgaste. Seus desenhos constituídos por partes cheias (biscoitos) e vazias (sulcos) oferecem desempenho e segurança ao veículo.
- **PAREDE LATERAL:** Composto por borrachas de alto grau de flexibilidade, sua função é proteger a carcaça.

- CINTAS (lonas): Os fios de aço são formados por estiramento, banhado com latão e reunidos formando cabos (GOODYEAR, 2010).

A principal função do pneu é garantir a segurança e o conforto do usuário, ser resistente para suportar as alterações de carga, velocidade e defeitos do piso no qual circulam. Além de apresentar eficiência no momento de frenagem ou na circulação por áreas onde exista a necessidade de se manter mais estável, o pneu é o responsável pelo desempenho do veículo. (PIRELLI, 2010).

### 3.4.1 O processo de recauchutagem de pneus

De acordo com RGPNEUS (2011) o processo de recauchutagem de pneus abrange 12 etapas, as quais serão descritas a seguir:

Etapa 1 - Limpeza – A primeira etapa é a limpeza dos pneus com auxílio de uma máquina. Ela faz a limpeza das laterais dos pneus através de escovas, retirando os resíduos que poderiam prejudicar no processo de recauchutagem (FIG. 2).

Figura 2 – Limpeza



Fonte: RGPNEUS (2011)

Etapa 2 – Exame inicial – O exame inicial é realizado visualmente e constitui uma etapa muito importante, pois avalia a condição do pneu para prosseguimento no processo de reconstrução. As principais partes avaliadas são: a banda de rodagem e os ombros, as paredes laterais e os talões, e também a parte interna dos pneus (FIG. 3).

Figura 3 – Exame inicial



Fonte: RGPNEUS (2011)

Etapa 3 – Raspagem – Nesta etapa o que restou da banda de rodagem é retirado com auxílio da raspadeira de pneus. São coletadas informações que são enviadas para o setor de preparação de bandas, como o perímetro e raio dos pneus (FIG. 4).

Figura 4 - Raspagem



Fonte: RGPNEUS (2011)

Etapa 4 – Escareação – Na escareação, assim como em um processo de retirada de cáries de um dentista, os cortes no piso do pneu são tratados individualmente. Se as cintas tiverem sido atingidas deve-se aplicar um conserto especial para recuperar a resistência do pneu (FIG. 5).

Figura 5 – Escareação



Fonte: RGPNEUS (2011)

Etapa 5 - Aplicação de conserto – O pneu só irá para essa etapa caso demande algum conserto, que serve para garantir a integridade do pneu. As especificações do conserto variam conforme o tamanho da avaria e também do que é determinado tecnicamente (FIG. 6).

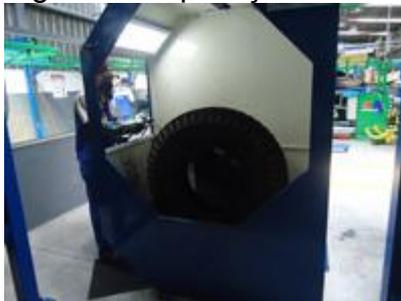
Figura 6 – Aplicação de conserto



Fonte: RGPNEUS (2011)

Etapa 6 – Aplicação de cola – Nessa etapa aplica-se cola na banda de rodagem através de uma máquina e o seu excesso é retirado posteriormente (FIG. 7).

Figura 7 – Aplicação de cola



Fonte: RGPNEUS (2011)

Etapa 7 - Enchimento – Para deixar o piso da carcaça novamente homogêneo para a colocação da banda de rodagem, é necessária a aplicação de uma borracha especial nos orifícios gerados pelo processo de escareação (FIG. 8).

Figura 8 – Enchimento



Fonte: RGPNEUS (2011)

Etapa 8 – Aplicação da banda de rodagem – Com as informações recebidas do setor de raspagem, a nova banda de rodagem é preparada e assim pode ser aplicada à carcaça do pneu. Ressalta-se que uma borracha de ligação é aplicada à essa banda para que o pneu vulcanize de maneira satisfatória. Finalmente, para que não haja ar entre a nova banda de rodagem e a carcaça, o pneu é roletado (FIG. 9).

Figura 9 – Aplicação da banda de rodagem



Fonte: RGPNEUS (2011)

Etapa 9 – Envelopamento - Para que haja uma pressão externa no pneu durante a vulcanização, é aplicado um envelope de borracha no exterior do pneu, havendo sucção do ar da banda de rodagem (FIG. 10).

Figura 10 – Envelopamento



Fonte: RGPNEUS (2011)

Etapa 10 – Montagem – Existem dois processos diferentes na montagem de pneus. Aqueles pneus que não utilizam câmara são montados com envelopes externos e internos. Já os que utilizam câmara necessitam de mais itens, sendo montados com protetores, sacos de ar, e por fim com uma roda (FIG. 11).

Figura 11 - Montagem



Fonte: RGPNEUS (2011)

Etapa 11 – Vulcanização – Assim que o pneu é montado ele passa pelo processo de vulcanização nas autoclaves para união da nova banda de rodagem à carcaça. Todo o processo é monitorado eletronicamente para que haja conformidade e segurança através da pressão, temperatura, e tempo ideais (FIG. 12).

Figura 12 – Vulcanização



Fonte: RGPNEUS (2011)

Etapa 12 – Inspeção final – Para entregar o pneu para os clientes com segurança, a última etapa se encarrega de verificar a integridade dos mesmos. São examinadas as partes externa e interna, e também sua nova banda de rodagem (FIG. 13).

Figura 13 – Inspeção final



Fonte: RGPNEUS (2011)

### 3.5 Análise de custo

#### 3.5.1 Análise de custo por *payback*

A análise gerencial de custos tem como um de seus principais objetivos a geração de informações que possam auxiliar os gestores nos processos gerenciais em organizações.

Assim, de acordo com Assaf Neto (2010), a análise de custos fornece as informações detalhadas sobre os custos que a gestão precisa planejar e controlar, acerca das operações da empresa, fornece ainda informações que permitem a gerência alocar recursos para as áreas mais eficientes e rentáveis da produção.

De acordo com Gitman (2002) o *payback* é utilizado como critério de avaliação para investimentos a serem realizados. Assim, esta ferramenta é considerada ideal para se mensurar o período em que uma empresa conseguirá recuperar seu investimento inicial por meio de entrada de capital no caixa.

Apesar de ser bastante utilizado, o *payback* é considerado uma forma rudimentar para a análise de capital, pois ele não leva em consideração o valor deste no tempo por meio do desconto de fluxo de caixa para a obtenção do valor presente. (GITMAN, 2002).

#### 3.5.2 Ponto de equilíbrio

De acordo com Gitman (2010) o ponto de equilíbrio consiste na análise do volume de receitas comparado aos custos totais existentes durante um determinado período.

O ponto de equilíbrio abarca todos os custos, sejam eles fixos ou variáveis. É a partir desta análise que é possível verificar se uma organização está obtendo lucro ou prejuízo em suas atividades (ASSAF NETO, 2010).

Desta forma, o Ponto de Equilíbrio, ocorre quando a soma das margens de contribuição dos produtos ou serviços se iguala aos seus custos e despesas fixos no período (HOJI, 2009). O Ponto de Equilíbrio (PE) é o ponto em que a reta da Receita (R) se encontra com a reta dos custos totais ( $CV + CF = CT$ ), nesse ponto (PE) não existe lucro ou prejuízo. O resultado é nulo, acima dele a empresa estará operando com lucro e abaixo com prejuízo.

O ponto de equilíbrio pode ser dividido em Contábil, Econômico e Financeiro, podendo ser calculados tanto em quantidades, quanto em valores (\$).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Tipo de pesquisa

Segundo Lakatos e Marconi (2001), a definição do tipo de pesquisa mostra-se muito complexa devido aos vários conceitos existente acerca do tema. Contudo, as autoras propõem dois critérios básicos para caracterizar a pesquisa, os quais são: quanto aos meios, refere-se aos instrumentos ou técnicas utilizadas para o desenvolvimento do trabalho e quanto aos fins, que se refere aos objetivos traçados.

A pesquisa pode ser classificada quanto aos meios como:

- pesquisa de campo: é a investigação realizada no local onde ocorreu o fenômeno ou que possui os elementos necessários para explicá-lo. Nesta pode-se utilizar de questionários, entrevistas e observação participante ou não participante.
- pesquisa documental: a investigação se dá por meio de documentos conservados no interior de órgãos públicos, privados ou pessoais de qualquer natureza. Como exemplo tem-se os seguintes documentos; memorandos, cartas pessoais, diários, balancetes, ofícios, etc.
- pesquisa bibliográfica: a pesquisa é feita a partir de referências teóricas publicadas em livros, jornais, revistas, dentre outros.
- estudo de caso: caracteriza-se pela investigação sobre um indivíduo, família, grupo, que seja representativo do universo pesquisado.

E quanto aos fins a pesquisa pode se caracterizar como exploratória, descritiva ou explicativa. A pesquisa exploratória tem por função proporcionar maior conhecimento sobre o tema ou problema da pesquisa. A descritiva exige conhecimento prévio sobre o problema e seu objetivo principal consiste na descrição de características de grupos, bem como em descobrir a existência de relação entre variáveis.

Sendo assim, neste trabalho adotaram-se os seguintes critérios propostos pelos autores, quanto aos fins, tanto quanto aos meios.

Quanto aos meios, a pesquisa caracteriza-se como pesquisa de campo, pelo fato da investigação se dar por meio de entrevistas nas empresas, como dados

referentes ao descarte de resíduos provenientes da recauchutagem de pneus. Também se caracteriza como pesquisa bibliográfica, por partir de referências teóricas. Ela também pode ser considerada como um estudo de caso por se dar de investigações sobre várias empresas, que representam o universo pesquisado.

Quanto aos fins, a pesquisa caracteriza-se de natureza exploratória, por proporcionar maior familiaridade com o problema. Tende à constatação de algo em uma determinada organização, objetivando o aperfeiçoamento de ideias ou descobertas de intuições.

Tendo o conhecimento sobre o tipo de pesquisa realizado, é necessário também conhecer o objeto de estudo deste trabalho, no qual se pode observar a seguir.

#### **4.2 Objeto de estudo**

O objetivo de estudo foi uma empresa que atua na recapagem de pneus localizada em uma cidade localizada na região centro-oeste de Minas Gerais, que conta com 60 funcionários diretos, sendo eles colaboradores da produção, administração, vendas e gerência. Possui um único galpão onde se encontra todos os setores de produção, além de um escritório para administração e gerência. A produção trabalha com 1 turno direto com a carga horária de 8 horas por dia. Atua no mercado de reconstrução de pneus nos segmentos rodoviário e urbano - de carga e passageiros.

#### **4.3 Coleta de dados**

O instrumento adotado para coletar os dados sobre o descarte dos resíduos provenientes da recauchutagem de pneus na empresa ocorreu por meio de uma entrevista com o responsável por este procedimento na empresa pesquisada.

Os dados de produção da empresa de recauchutagem de pneus coletados, foram obtidos através do sistema de gestão da mesma. O período dos dados de coleta foi de 2012 a 2015.

Além desses dados, foram coletados os valores da quantidade de pneus vulcanizados nesse período, pois dessa forma foi possível calcular a quantidade de

pneus devolvidos nesses 4 anos, e assim dimensionar quantos pneus podem ser aproveitados para trituração e aproveitamento em outras empresas.

Para se desenvolver o quadro com o peso médio dos pneus devolvidos pela recauchutadora de pneus, foi necessário coletar os dados referentes às medidas dos pneus que são mais produzidos na empresa e também seu valor relativo. Os valores dos pesos médios por medida foram obtidos através de pesagem por amostragem.

Para elaboração dos quadros referentes à quantidade de material que pode ser aproveitada no processo de recapagem, foi necessário coletar a informação referente à quantidade de resíduos gerados diretamente pelo processo.

Para a destinação do aço que também é um produto gerado pela trituração dos pneus, que atualmente são devolvidos pela empresa de recapagem, foi consultada uma empresa local que trabalha no ramo de sucatas e materiais recicláveis.

Foi realizada uma entrevista com o gerente de uma empresa cimenteira localizada na região centro-oeste de Minas Gerais para a coleta de dados de reaproveitamento dos resíduos gerados por recapagens e trituração de pneus.

Fez-se necessário buscar outras empresas que também aproveitassem as raspas de borracha para desenvolvimento de seus produtos, já que para haver viabilidade econômica, é necessário ampliar o mercado consumidor em potencial. Com isso foi contatada uma empresa de fabricação de massa asfáltica localizada na região centro-oeste de Minas Gerais que utiliza as raspas de borracha na produção de um dos tipos de massa asfáltica por ela fabricada.

Foi contatada uma empresa que utiliza as raspas de borracha para a produção de tapetes para vários modelos de carro. Essa empresa está localizada no interior de São Paulo, fator que amplia os custos logísticos.

Os resíduos diretamente gerados pela empresa de recape de pneus foram classificados como raspas de borrachas, porém os pneus inservíveis, anteriormente, devem passar por um processo de trituração para que, posteriormente possam ser disponibilizados para o uso industrial.

Para atender às empresas de massa asfáltica e de tapetes automotivos é necessário também que haja a transformação das raspas de borracha em pó, com isso, através de dados coletados por referenciais bibliográficos e contatos aos fornecedores, foi possível elaborar o projeto da implantação do maquinário que será

responsável pela trituração dos pneus e pela transformação em pó de borracha na própria sede da empresa.

Para localização dos novos setores de transformação de pneus a empresa de recauchutagem de pneus possui uma extensa área ao lado da sua unidade fabril, que é de sua propriedade sem utilização, dessa forma foi definido que a implantação do maquinário para trituração de pneus será instalado na própria sede da empresa, eliminando-se também possíveis gastos com aluguel de outros galpões.

De acordo com Beal, Batistela e Caldato (2009), um empreendimento desse porte necessita de uma área fechada de 800 metros quadrados para a instalação dos equipamentos. A linha de produção será constituída basicamente por dois grupos de equipamentos para produção, os de trituração e os de transformação de raspas de borracha em pó. A TAB. 1 contém os equipamentos necessários para a trituração de pneus.

Tabela 1 – Equipamentos necessários para trituração de pneus

Equipamentos	Quantidade
Triturador	1
Separador de Metal	1
Esteira	1

Fonte: Adaptado de Beal, Batistela e Caldato (2009)

Os equipamentos necessários para a transformação de raspas de borracha em pó estão discriminados na TAB. 2.

Tabela 2 – Equipamentos necessários para transformação de raspas de borracha

Equipamentos	Quantidade
Silo de Armazenamento	1
Esteira	1
Micronizador	1
Ciclone	1
Peneira Vibratória	1
Rotor	1
Resfriador	1
Estação de Ensacamento	1
Balança	1
Empilhadeira	1

Fonte: Adaptado de Beal, Batistela e Caldato (2009)

As máquinas para transformação de raspas de borracha em pó, segundo Beal, Batistela e Caldato (2009), custam R\$ 360.000,00 ou U\$ 94.736,84 considerando a cotação de R\$ 3,80/U\$, e o maquinário para trituração e separação de metal e raspas de borracha, segundo informações coletadas na empresa Fragmaq, possui o valor de R\$ 140.000,00 ou U\$ 36.842,11. Não é necessário adquirir caminhões para a distribuição do produto final, pois a empresa de recapagem de pneus possui caminhões suficientes para adequá-los à distribuição das raspas de borracha. Necessita-se a aquisição de utensílios de escritório, e esse valor é estimado em R\$10.000,00 ou U\$ 2.631,58.

Serão necessários cinco funcionários diretos com salários pré-estabelecidos como é mostrado na TAB. 3. Os valores foram adaptados de Beal, Batistela e Caldato (2009), levando-se em consideração o aumento do salário mínimo no período de 2009 a 2015. Algumas funções como recepcionista e motorista serão compartilhadas com os funcionários já contratados pela recauchutadora de pneus. Para se calcular os valores dos custos em dólar, foi considerada a cotação de R\$ 3,80/U\$.

Tabela 3 - Mão de obra necessária

Pessoal	Quantidade	Salários	
Administrador	1	R\$ 2.500,00	U\$ 657,89
Operador de Máquinas	2	R\$ 1.500,00	U\$ 394,74
Auxiliar de Produção	2	R\$ 850,00	U\$ 223,68
Total	5	R\$ 7.200,00	U\$ 1.894,74

Fonte: Adaptado de Beal, Batistela e Caldato (2009)

Os custos fixos mensais do setor de transformação são formados basicamente pelos salários administrativos, manutenção de máquinas, depreciação das mesmas, salário da mão de obra do setor de produção, e da energia elétrica (TAB. 4).

Tabela 4 - Custos fixos mensais do setor de transformação

Custos Fixos Mensais		
Salários Administrativos	R\$ 2.500,00	U\$ 657,89

Manutenção das Máquinas	R\$ 10.000,00	U\$ 2.631,58
Depreciação	R\$ 6.500,00	U\$ 1.710,53
Mão de Obra Produção	R\$ 4.700,00	U\$ 1.236,84
Energia Elétrica	R\$ 14.000,00	U\$ 3.684,21
Total dos Custos	R\$ 37.700,00	U\$ 9.921,05

Fonte: Adaptado de Beal, Batistela e Caldato (2009)

Os custos fixos mensais do setor de trituração também são formados pelos salários administrativos, manutenção de máquinas, depreciação das mesmas, salário da mão de obra do setor de produção, e da energia elétrica. Esses valores foram adaptados de Beal, Batistela e Caldato (2009) e mantém a proporção entre os valores dos equipamentos de trituração e transformação (TAB. 5).

Tabela 5 - Custos fixos mensais do setor de trituração

Custos Fixos Mensais		
Salários Administrativos	R\$ 2.500,00	U\$ 657,89
Manutenção das Máquinas	R\$ 1.950,00	U\$ 513,16
Depreciação	R\$ 1.260,00	U\$ 331,58
Mão de Obra Produção	R\$ 4.700,00	U\$ 1.236,84
Energia Elétrica	R\$ 2.720,00	U\$ 715,79
Total dos Custos	R\$ 13.130,00	U\$ 3.455,26

Fonte: Adaptado de Beal, Batistela e Caldato (2009)

O pó de borracha necessita ser ensacado para seu transporte e distribuição, e seus custos variam por tonelada (TAB. 6).

Tabela 6 - Custos variáveis da distribuição do pó de borracha

Custos Variáveis (Tonelada)		
Embalagens	R\$ 32,20	U\$ 8,47
Total de Custos	R\$ 32,20	U\$ 8,47

Fonte: Adaptado de Beal, Batistela e Caldato (2009)

Ressalta-se que se tanto o maquinário de trituração e separação de metal quanto o de transformação de raspas de borracha em pó forem utilizados, algumas funções como mão de obra produtiva e administrativa serão compartilhadas, não havendo esse custo em duplicidade.

Torna-se necessário por fim utilizar alguma ferramenta para se calcular a viabilidade econômica de distribuição e venda das raspas de borracha para essas três empresas supracitadas. Para o cálculo da viabilidade econômica, inicialmente, foi utilizado o método do ponto de equilíbrio, que determina a quantidade de material que deve ser fornecida, para a empresa não ter nem prejuízo, nem lucro contábil. Sendo a capacidade produtiva de resíduos da renovadora de pneus compatível, foi utilizado o método de análise de custos *payback*.

O método do *payback* é simples, e demonstra em quanto tempo o retorno financeiro do investimento será obtido, pela razão entre o valor total do investimento pelo lucro líquido obtido por todo o processo.

## 5 ANÁLISE DE RESULTADOS

### 5.1 Análise dos processos da empresa de recapagem de pneus

Os resultados obtidos após a realização deste estudo remetem aos procedimentos comumente utilizados pela logística reversa ao propor o reaproveitamento de materiais por meio de reciclagem ou técnicas que através do processamento dos mesmos possibilite seu uso em outras atividades ou para elaboração de novos produtos.

Neste contexto, a aplicação da entrevista realizada com o gerente da empresa de recapagem de pneus permitiu obter os seguintes discursos trazidos no QUADRO 1:

Quadro 1 - Entrevista com o gerente de produção da recapagem

Questões	Respostas
1. Quais os critérios utilizados pela empresa para classificar o pneu como inservível?	Os pneus inservíveis são aqueles que já não possuem mais condições apropriadas de utilização, não podendo ser consertados e nem recauchutados. Eles são identificados principalmente nos setores de exame inicial, nos setores de raspagem e de exame final.
2. Quais as políticas adotadas pela empresa no intuito de estimular o consumidor a devolver o pneu inservível?	A empresa ainda não possui uma política para estimular o consumidor a devolver o pneu inservível e também não se responsabiliza por eles.
3. Quais os procedimentos realizados quando os pneus chegam à empresa?	Eles são descarregados na área de descarregamento e separados por cliente e região, sendo controlados por um sistema de gestão (ERP).
4. Como é feito o armazenamento dos pneus inservíveis?	Assim que os pneus são classificados como recusados ou inservíveis, são encaminhados para a área de carregamento em um local sob estrutura metálica.

5. Quais as regulamentações que atuam diretamente sobre a sua empresa em relação à destinação de pneus inservíveis?	Reforçou-se que a responsabilidade da correta destinação dos pneus inservíveis não é responsabilidade da empresa de recapagem, que se responsabiliza apenas pelo correto armazenamento interno e destinação desses pneus aos seus clientes.
6. Qual é o principal material gerado no processo e qual o tipo de destinação dada a ele?	O principal material gerado é a raspa de borracha, em média sete toneladas por semana, recolhida semanalmente por uma recicladora.
7. Qual o tipo de destinação dada aos pneus inservíveis?	Nas transportadoras maiores, os pneus são recolhidos por alguma empresa responsável.
8. Quais os principais benefícios para a empresa com a adoção da prática da logística reversa?	Apesar de não possuir uma política de incentivo de devolução de pneus inservíveis, enxerga-se que a adoção da prática da logística reversa na empresa seria benéfica, pois poder-se-ia economizar com os valores logísticos de devolução de pneus inservíveis aos clientes e também dar descontos e fidelizar os clientes que praticassem essa ação.
9. Como a empresa é visualizada na sociedade?	Todas as normas e regulamentações são respeitadas e junto ao rigoroso controle dos processos internos possibilita que a empresa tenha o certificado do INMETRO, favorecendo a visualização na sociedade. Além disso o processo de reconstrução do pneu é uma maneira de se reciclar, gastar-se menos material que na compra de um novo pneu, e evitar o descarte incorreto do mesmo, reforçando a imagem positiva da empresa.

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

## 5.2 Análise dos dados referentes à produção de resíduos na recapagem

De acordo com os dados de produção coletados no período de 2012 a 2015 foi possível desenvolver a TAB. 7. Ressalta-se que os valores do último trimestre de 2015 foram encontrados realizando-se uma regressão linear com os dados históricos.

Tabela 7 – Produção de pneus de 2012 a 2015

Ano	2012	2013	2014	2015	Total
Pneus Recebidos	68.748,00	75.078,00	73.497,00	74.296,00	291.619,00
Pneus Vulcanizados	55.455,00	58.314,00	58.293,00	59.848,00	231.910,00
Pneus Devolvidos	13.293,00	16.764,00	15.204,00	14.448,00	59.709,00

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Em posse desses valores foi possível verificar, pela razão entre o valor de pneus devolvidos pela quantidade de pneus recebidos, que o valor percentual de devolução médio foi de 20,48%, ou seja, praticamente um quinto do valor dos pneus recebidos no período de 4 anos.

De acordo com os dados coletados da produção de pneus por medidas e também com os dados das pesagens desses pneus, foi possível desenvolver a TAB. 8, e encontrar o valor do peso médio dos pneus que são devolvidos aos clientes da recauchutadora.

Tabela 8 – Produção de pneus de acordo com as medidas e relevância de 2012 a 2015

Pneus Produzidos Relevantes	Medidas dos Pneus							
	275/70	275/80	295/80	215/75	235/75	900X20	1000X20	1100R22
Peso Médio (Kg)	47,77	49,98	53,27	24,00	27,20	31,30	41,28	54,00
% Produção Total	22,33%	25,53%	35,72%	4,35%	1,76%	2,23%	4,11%	3,97%
Peso Médio dos Pneus <sup>1</sup>	48,51		Kg					

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

<sup>1</sup> Valores de pesos encontrados de acordo com a Planilha 3 (APÊNDICE B)

O principal resíduo e material de estudo gerado pela recapagem, são as raspas de borracha provenientes dos setores de raspagem e de escareação da empresa. Esse material é coletado por exaustores instalados nesses setores, e é depositado em um silo. Não existe um registro preciso na empresa de qual seria a quantidade de raspas de borracha geradas no processo por pneu, porém a informação obtida foi de que aproximadamente 7 toneladas desse material são produzidos por semana.

À partir do valor aproximado de produção de raspas de borracha por semana e também da média de pneus que passam pela etapa de raspagem nesse período, foi possível mensurar qual é o valor médio de raspa produzido por pneu, e também a quantidade de material que pode ser aproveitado na indústria em qualquer período.

Mas para a formação do valor da quantidade de pneus que passam pelo processo de raspagem, foi necessário somar os valores dos pneus vulcanizados, dado que eles necessariamente passaram pela raspagem, com 10% da quantidade de pneus devolvidos, já que ainda existem alguns pneus que são recusados após a raspagem por não atenderem aos padrões mínimos estabelecidos para sua recapagem. O valor da quantidade de pneus devolvidos de 10% também foi aproximado conforme informações do gerente de produção (TAB. 9).

Tabela 9 – Dados dos resíduos gerados na raspagem de pneus de 2012 a 2015

Resíduos de Raspa	Valores
Média Resíduos de Raspa por Semana (kg)	7.000,00
Média Pneus Raspados por Semana (unidades)	1.143,66
Peso Resíduos de Raspa por Pneu (kg/unidade)	6,12
Média Resíduos de Raspa por mês (kg)	30.333,33

Fonte: Próprio autor (2015).

### 5.3 Análise dos dados referentes aos pneus inservíveis na recapagem

Grande parte dos pneus que são recebidos na recapagem não são passíveis de passar por todo o processo, pois não apresentam condições de segurança suficientes ou legais, portanto são classificados como pneus recusados.

Os pneus recusados ou inservíveis são devolvidos aos clientes para que eles próprios deem a destinação final à essa carcaça, como já mencionado na entrevista

realizada com o gerente de produção da recapagem. A proposta é que esses pneus sejam triturados e reduzidos à raspas de borracha para que juntos às já coletadas no processo de recapagem, possam gerar uma grande quantidade de material para aproveitamento na indústria.

Ressalta-se que na composição de um pneu para caminhões, que no caso da empresa estudada representa a totalidade dos pneus, 25% da composição é aço (Andrietta, 2002), portanto esse valor será separado do peso total encontrado dos pneus devolvidos.

Para isso a TAB. 10 elucida a quantidade de material que pode ser aproveitado na trituração dos pneus que seriam devolvidos, e também traz uma visão mais ampla agregando os valores de material da trituração aos valores já coletados dos resíduos gerados no processo.

Tabela 10 - Dados dos resíduos gerados na raspagem e dos pneus inservíveis de 2012 a 2015

<b>Resíduos de Raspa e dos Pneus Devolvidos</b>	<b>Valores</b>
Média do Peso Pneus Devolvidos (kg)	48,51
Média de Pneus Devolvidos por mês (unidades)	1.243,94
Peso dos Pneus Devolvidos no mês (kg)	60.346,79
Peso dos Pneus Sem o Aço no mês (kg)	45.260,09
Peso do Aço nos Pneus no mês (kg)	15.086,70
Média Resíduos de Raspa por mês (kg)	30.333,33
Valor Total dos Resíduos de Borracha por mês (kg)	75.593,42

Fonte: Próprio autor (2015).

Apenas com a utilização dos resíduos gerados pelo próprio processo, são mais de 30 toneladas de raspas de borracha por mês que podem ser reutilizadas na indústria e possivelmente gerar algum lucro para a empresa. Agregando à esse valor a quantidade de material que pode ser obtida através da trituração dos pneus devolvidos, obteve-se o montante de mais de 75 toneladas de raspas de borracha por mês.

Além desse valor de mais de 75 toneladas de raspas de borracha que seriam gerados, como supracitado, 25% da estrutura do pneu é constituída de aço, e esse montante relativo ao peso total de pneus que atualmente são devolvidos gera mais

de 15 toneladas desse material, obtendo-se uma quantidade considerável para comercialização.

A borracha obtida através de indústrias de recapagem podem ser amplamente utilizadas pela indústria e conforme salientam Bertollo et al. (2002) a borracha obtida da trituração de pneus deve ser considerada como um bem valioso, cuja utilização vem se expandindo em mercados diversificados. Ainda acrescentam que os resultados apresentados indicam que a inclusão de borracha de pneus nas misturas asfálticas não compromete seu desempenho, ao contrário, pode melhorar algumas propriedades mecânicas, o que torna promissor o seu uso como agregado.

A indústria cimenteira também consome aproximadamente 3 milhões de unidades de pneus por ano. Estima-se que as 66 plantas de produção de cimento instaladas no Brasil, tenham capacidade de consumir até 14 milhões de unidade de pneumáticos inservíveis por ano. (GARDIN; FIGUEIRÓ; NASCIMENTO, 2010).

#### **5.4 Análise da destinação do aço para uma empresa de sucata**

O pneu é composto principalmente por borracha, e por isso muitas vezes a maior preocupação e o maior mercado existente é o de reaproveitamento de raspas de borracha. Porém deve-se fortalecer que um dos objetivos da dissertação é a realização de estudo de caso dos resíduos provenientes desse processo, portanto a destinação do aço, que representa 25% da estrutura do pneu, deve ser considerada.

Para evitar-se custos elevados com a distribuição dos materiais, deu-se destaque para a pesquisa de empresas que coletam esse material dentro do próprio município. A empresa contatada é de grande porte, e trabalha com a coleta de sucatas e materiais de reciclagem há mais de 30 anos.

A informação obtida foi que existe o interesse, pela parte da empresa de sucata, na compra das mais de 15 toneladas de aço geradas pelo processo de trituração do pneu. Segundo o gerente da empresa o valor pago pelo aço em 2015 caiu 30% em relação a 2014, atingindo R\$ 250,00/tonelada do material.

A responsabilidade pelo transporte do aço da recauchutadora para a empresa de sucata é dessa própria empresa, o que representa um gasto a menos para a empresa de recapagem, tornando a margem de contribuição do aço, seu próprio valor de venda.

Portanto o lucro bruto obtido pela venda do aço proveniente da trituração dos pneus devolvidos seria de R\$ 3.771,68. Ressalta-se que para se separar o aço da estrutura do pneu além da trituração, é necessário um separador de metal, portanto haverá um gasto com esse processo que será analisado posteriormente.

### 5.5 Análise da utilização de raspas de borracha em uma empresa cimenteira

Fez-se necessário buscar na região centro-oeste de Minas Gerais, região onde está localizada a empresa de recapagem de pneus, alternativas para destinação tanto dos resíduos gerados pela recapagem, quanto dos pneus atualmente são devolvidos, que potencialmente serão triturados.

A primeira empresa que foi consultada é uma empresa cimenteira que se localiza a 40 km de distância da sede da recapagem de pneus, e o roteiro da entrevista e suas respostas são demonstradas no QUADRO 2 abaixo.

Quadro 2 - Entrevista com o supervisor da empresa cimenteira

Questões	Respostas
1) Qual é a tendência das empresas que utilizam raspas de pneus inservíveis na produção de outros materiais?	Existe uma grande tendência no consumo de pneus inservíveis na área de fabricação de cimentos, pois o material pode ser usado como substituição de combustíveis não renováveis (Coque de petróleo), além de contribuir como aditivo de matéria prima, pois o pneu é composto por arames, que é uma grande fonte de FeO <sub>2</sub> .
2) Existe algum custo objetivo para esta atividade? (Como por exemplo valor/tonelada)	Sim, o material chega nas fábricas com um custo médio de R\$ 70 por tonelada
3) No caso de pneus triturados, como funciona o processo de aproveitamento em indústrias cimenteiras?	Pneu é usado no processo de queima em torre de ciclones, a granulometria ideal para o processo é de 100mm <sup>2</sup> . Há uma grande limitação de uso em função da granulometria, pois o maior uso de combustíveis é no maçarico principal, porém o material usado é pulverulento, em torno de <10% retido em uma peneira de 170#.
4) Quais as vantagens para a empresa ao utilizar	Essa prática gera uma grande economia na

raspas de pneus na realização de seus processos?	matriz energética, pois o preço do chip de pneu é 40% menor que dos combustíveis nobres, e com um PCI bem próximo. Trabalhando na mesma base R\$/Gigajoule (energia gerada), nos combustíveis usados na fabricação de cimento o pneu se torna muito atrativo.
5) Quais os produtos de resíduos de borracha de pneus a empresa trabalha.	Chip de pneu (pneu triturado).
6) Qual a origem dos resíduos de pneus a serem tratados no seu processo?	São fornecidos por empresas legalizadas com os órgãos ambientais, estas empresas são localizadas na região central de Minas Gerais.
7) Qual é a quantidade de resíduos de pneus consumidos atualmente na empresa (por exemplo quantidade/mês)	Em média é usado na fabricação de cimento 1200 toneladas por mês de chip de pneu.
8) Esse já é o potencial pleno de consumo? Se não, qual seria?	Com a granulometria supracitada esse é o maior consumo possível.
9) Como é feito a sua coleta?	A empresa geradora entrega na fábrica.
10) Qual é a parcela que as raspas de borracha representam na matriz energética?	Em média é consumido 35% de substituição em relação a matriz energética.

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Foi possível verificar pela entrevista que a tendência é que cada vez mais as raspas de borracha sejam aproveitadas na área de fabricação de cimento. Elas podem ser utilizadas em substituição ao coque de petróleo, que é um combustível não renovável, e também como aditivo de matéria prima.

Outro atrativo da raspa de borracha é o valor que é pago pela empresa cimenteira nesse material em relação ao seu desempenho na geração de energia no processo de queima. Paga-se cerca de R\$70,00 por tonelada de material, valor 40% menor que dos combustíveis nobres, mas se obtém um desempenho, medido em R\$/Gigajoule (energia gerada), muito próximo.

O consumo mensal de raspas de borracha é de 1.200 toneladas e atualmente o produto é fornecido por empresas legalizadas com os órgãos ambientais, localizadas na região central de Minas Gerais. Esse produto é entregue diretamente na empresa cimenteira e representa hoje consideráveis 35% da matriz energética.

A indústria cimenteira, contribui para a potencialização da logística reversa, ao fazer o reaproveitamento de um material que além de tudo possibilita a esta uma economia ao reduzir em até 40% seu gasto com combustíveis como o coque de petróleo.

Verifica-se então, que o uso dos resíduos de borracha de pneus na indústria cimenteira é amplamente viável e indicam grande economia no tocante ao consumo de outras energias não renováveis, como no caso do petróleo. Além disso, as empresas geradoras de resíduos ao darem uma destinação que não cause prejuízos ao meio ambiente podem conseqüentemente melhorar sua imagem perante seus clientes, reduzir o gasto com combustíveis e otimizar sua logística por meio da reutilização de pneus recusados para outros fins.

## **5.6 Análise da utilização de pó de borracha em uma empresa de massa asfáltica e uma empresa de tapetes de borracha**

As empresas de massa asfáltica e de fabricação de tapetes de borracha diferem da indústria cimenteira quanto à exigência da granulometria das raspas de borracha que são utilizadas nos seus processos. As empresas que serão citadas abaixo dependem da transformação da raspa de borracha em pó de borracha para adequação ao seu processo, segundo os gerentes das mesmas.

A segunda empresa pesquisada que realiza o aproveitamento de pó de borracha na sua matriz produtiva está localizada a 170 km de distância da sede da recapagem de pneus. Ela também faz parte da região centro-oeste de Minas Gerais, e o acesso é facilitado pela rodovia MG-050. A empresa produz diversos tipos de asfalto, sendo o objeto de estudo aquele que possui pó de borracha em sua composição. Esse tipo de asfalto é produzido há mais de 10 anos.

As variáveis que mais interferiram no cálculo da viabilidade econômica foram, a distância da sede da recapagem à empresa e o valor pago por tonelada de pó de borracha. Como supracitado, a distância em questão é de 170 km, e o valor pago por tonelada, que foi obtido em conversa com o gerente comercial da empresa, foi de R\$700,00, passando o fornecedor por rigoroso critério de escolha.

A terceira empresa consultada que também utiliza o pó de borracha está localizada no interior do estado de São Paulo. O acesso é facilitado pela rodovia BR-381, mas ressalta-se que grandes distâncias podem inviabilizar economicamente a

distribuição do material. Essa empresa existe há mais de 30 anos, e passou a utilizar as pó de borracha na produção de tapetes automotivos há aproximadamente 15 anos.

Assim como na análise das outras empresas, se fazem necessárias as informações da distância da sede da recapagem à empresa de tapetes e também do valor que é pago por tonelada de pó de borracha. Nesse caso a distância é de 400 km, e o valor pago por tonelada foi de R\$300,00. Essa informações foram repassadas pelo gerente de suprimentos da empresa.

### **5.7 Análise da implantação do maquinário de trituração e transformação da raspa de borracha na sede da recapagem de pneus**

Os custos para transformação de raspas de borracha em pó totalizam R\$ 37.700,00, sendo possível produzir aproximadamente 381,33 horas mensais (2 turnos de trabalho) de pó de borracha. O micronizador produz cerca de 200 kg/h e a quantidade de raspas de borracha disponível é de aproximadamente 75,59 toneladas por mês, ou seja, a capacidade produtiva é de 76,27 toneladas/mês, e o maquinário deverá funcionar com 99,12% da sua capacidade.

Os custos para transformação de carcaça de pneus em raspas de borracha e para separação das raspas do aço totalizam R\$ 13.130,00 podendo-se produzir 190,67 horas mensais (1 turno de trabalho) de raspas de borracha e aço com a capacidade de trituração de 350 kg/h. Sendo a quantidade de pneus devolvidos aproximadamente 60,35 toneladas e a capacidade produtiva 66,73 toneladas/mês, o maquinário de trituração deverá funcionar com 90,43% da sua capacidade.

## 5.8 Análise da viabilidade econômica da venda e distribuição dos resíduos de recauchutagem na indústria

### 5.8.1 Análise da viabilidade econômica da venda e distribuição para empresa cimenteira

A indústria cimenteira utiliza as raspas de borracha como substituição aos combustíveis não renováveis, como o coque. Não há a exigência de transformação das raspas de borracha em pó de borracha, portanto apenas o maquinário de trituração será implementado nesse caso.

Por informações fornecidas na empresa de recapagem tem-se que o valor do quilômetro rodado no transporte com a capacidade de 10 toneladas é de R\$ 2,175, o mesmo que R\$ 0,217/ton/km. Sendo o trajeto da sede da empresa até a empresa cimenteira de 40 km, temos que para cada 10 toneladas são gastos R\$ 174,00, ou seja, R\$ 17,40/tonelada.

Para se calcular o ponto de equilíbrio, ponto em que o negócio não terá lucro, nem prejuízo, é necessário utilizar a margem de contribuição, que é o valor de venda menos o custo variável por determinada unidade. No valor do custo fixo que foi considerado já está descontado o lucro obtido pela venda do aço, que é proveniente do processo de trituração dos pneus. A TAB. 11 indica o ponto de equilíbrio do empreendimento, sendo o valor de venda R\$ 70,00/tonelada.

Tabela 11 - Ponto de equilíbrio na empresa cimenteira

	Ponto de Equilíbrio	
Custo Fixo Modificado	R\$ 9.358,32	U\$ 2.462,72
Margem de Contribuição	R\$ 52,60	U\$ 13,84
Ponto de Equilíbrio (tonelada)	177,91	

Fonte: Próprio autor (2015).

É necessário vender 177,91 toneladas de raspas de borracha por mês para a empresa cimenteira para que a empresa não tenha lucro nem prejuízo contábil. Dessa forma o método do *payback* não precisa ser utilizado, pois já se sabe que o investimento torna-se economicamente inviável, já que apenas 75,59 toneladas de

raspas de borracha são disponibilizadas pela recauchutadora e a capacidade produtiva é de somente 76,27 toneladas por mês.

### 5.8.2 Análise da viabilidade econômica da venda e distribuição para empresa de massa asfáltica

A indústria de massa asfáltica é mais rigorosa e exige que a granulometria das raspas de borracha seja menor que as geradas diretamente pelo triturador de pneus e pelos resíduos diretos da recauchutadora. Portanto tanto o maquinário de trituração quanto o de transformação de raspas de borracha em pó devem ser utilizados.

Como supracitado tem-se que o valor do quilômetro rodado no transporte com a capacidade de 10 toneladas é de R\$ 2,175, o mesmo que R\$ 0,217/ton/km. Sendo o trajeto da sede da empresa até a empresa de massa asfáltica de 170 km, temos que para cada 10 toneladas são gastos R\$ 739,50, ou seja, R\$ 73,95/tonelada.

No valor do custo fixo que foi considerado já está descontado o lucro obtido pela venda do aço, que é proveniente do processo de trituração dos pneus. A TAB. 12 indica o ponto de equilíbrio do empreendimento, sendo o valor de venda R\$ 700,00/tonelada, e agregando o custo de ensacamento de R\$ 32,20 por tonelada.

Tabela 12 - Ponto de equilíbrio na empresa de massa asfáltica

Ponto de Equilíbrio		
Custo Fixo Modificado	R\$ 39.858,32	U\$ 10.489,03
Margem de Contribuição	R\$ 593,85	U\$ 156,28
Ponto de Equilíbrio (tonelada)	67,12	

Fonte: Próprio autor (2015).

É necessário vender 67,12 toneladas de pó de borracha por mês para a empresa de massa asfáltica para que a empresa de recauchutagem não tenha lucro nem prejuízo contábil. Dessa forma o método do *payback* será utilizado pois o investimento torna-se viável já que 75,59 toneladas de pó de borracha são disponibilizadas pela recauchutadora. A TAB. 13 indica o *payback* do empreendimento.

Tabela 13 - *Payback* do empreendimento de massa asfáltica em 10 anos

Ano	Fluxo de Caixa		Saldo	
0			(-) R\$ 510.000,00	(-) U\$ 134.210,53
1	R\$ 60.393,98	U\$ 15.893,15	(-) R\$ 449.606,01	(-) U\$ 118.317,37
2	R\$ 60.393,98	U\$ 15.893,15	(-) R\$ 389.212,02	(-) U\$ 102.424,22
3	R\$ 60.393,98	U\$ 15.893,15	(-) R\$ 328.818,03	(-) U\$ 86.531,06
4	R\$ 60.393,98	U\$ 15.893,15	(-) R\$ 268.424,04	(-) U\$ 70.637,91
5	R\$ 60.393,98	U\$ 15.893,15	(-) R\$ 208.030,05	(-) U\$ 54.744,75
6	R\$ 60.393,98	U\$ 15.893,15	(-) R\$ 147.636,06	(-) U\$ 38.851,59
7	R\$ 60.393,98	U\$ 15.893,15	(-) R\$ 87.242,07	(-) U\$ 22.958,44
8	R\$ 60.393,98	U\$ 15.893,15	(-) R\$ 26.848,08	(-) U\$ 7.065,28
9	R\$ 60.393,98	U\$ 15.893,15	(+) R\$ 33.545,91	(+) U\$ 8.827,87
10	R\$ 60.393,98	U\$ 15.893,15	(+) R\$ 93.939,90	(+) U\$ 24.721,03

Fonte: Próprio autor (2015).

Percebe-se que antes mesmo dos 10 anos, o empreendimento terá alcançado o retorno financeiro do investimento. Pela razão entre o valor investido pelo rendimento anual, verifica-se que o investimento será totalmente recuperado à partir de 8,44 anos.

Apesar de o retorno financeiro ser relativamente demorado e perder-se a oportunidade de aplicar esse capital em outros investimento ou na própria empresa, existem outros fatores que devem ser ponderados na qualificação deste investimento como sendo favorável ou não. Como foi abordado na entrevista com o gerente de produção da recauchutadora, a reciclagem possui outras vantagens relevantes, já que os gastos logísticos com a devolução dos pneus aos clientes seriam reduzidos, e outros benefícios poderiam ser concedidos aos clientes em troca do fornecimento da carcaça do pneu à empresa.

Existem vantagens também quanto à visualização da empresa perante a sociedade, pois o fator ambiental está muito presente em todos os meios de comunicação, e agregar um serviço tão relevante além de colocar a empresa em evidência, a promoveria a um patamar mais elevado que as outras recapagens da região. A repercussão positiva da reciclagem de pneus, também aumentaria a probabilidade de atrair mais clientes para a recauchutadora, o que poderia contribuir com o alto investimento nesse empreendimento.

### 5.8.3 Análise da viabilidade econômica da venda e distribuição para empresa de tapetes de borracha

A empresa estudada produz tapetes de borracha com foco automotivo. Assim como no caso da empresa de massa asfáltica avaliada, ela é mais rigorosa e exige uma granulometria das raspas de borracha menor que as produzidas pelo processo de recapagem e pelo triturador de pneus. Nesse caso também, ambos os maquinários de trituração e transformação de raspas de borracha em pó foram utilizados.

Usufruiu-se novamente das informações fornecidas pela recauchutadora quanto ao valor do quilômetro rodado no transporte com a capacidade de 10 toneladas, que é de R\$ 2,175, o mesmo que R\$ 0,217/ton/km. Dentre as empresas estudadas esse é o que possui o maior trajeto entre a sede da recauchutagem e a empresa de pneus, sendo esse valor 400 km, conclui-se que para cada 10 toneladas são gastos R\$ 1740,00, ou seja, R\$ 174,00/tonelada.

No valor do custo fixo que foi considerado já está descontado o lucro obtido pela venda do aço, que é proveniente do processo de trituração dos pneus. A TAB. 14 indica o ponto de equilíbrio do empreendimento, sendo o valor de venda R\$ 300,00/tonelada, e agregando o custo de ensacamento de R\$ 32,20 por tonelada.

Tabela 14 - Ponto de equilíbrio da empresa de tapetes de borracha

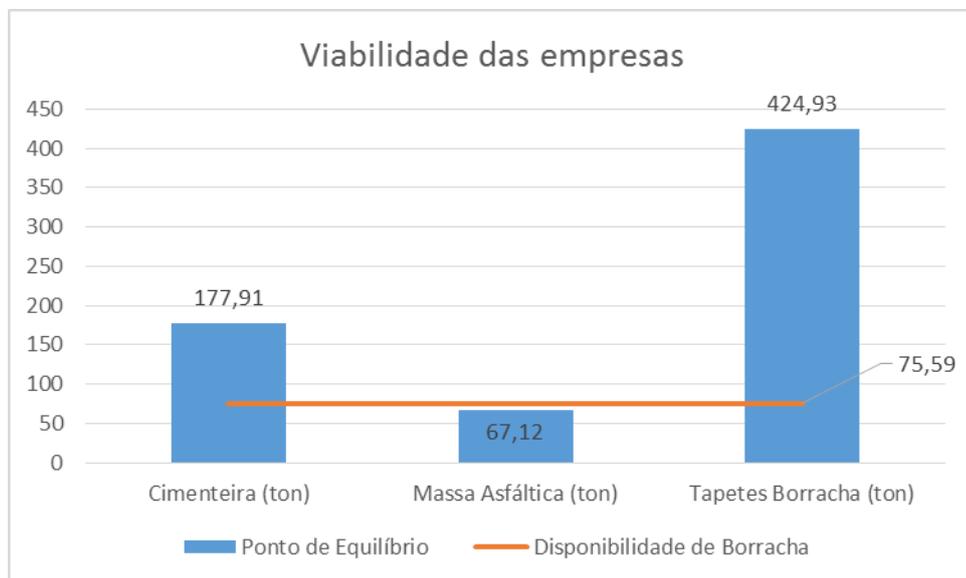
	Ponto de Equilíbrio	
Custo Fixo Modificado	R\$ 39.858,32	U\$ 10.489,03
Margem de Contribuição	R\$ 93,80	U\$ 24,68
Ponto de Equilíbrio (tonelada)	424,93	

Fonte: Próprio autor (2015).

É necessário vender 424,93 toneladas de raspas de borracha por mês para a empresa de tapetes de borracha para que a empresa de recauchutagem não tenha lucro nem prejuízo contábil. Dessa forma o método do *payback* não precisa ser utilizado, pois já se sabe que o investimento torna-se economicamente inviável, já que apenas 75,59 toneladas de raspas de borracha são disponibilizadas pela recauchutadora e a capacidade produtiva é de somente 76,27 toneladas por mês.

O GRAF.1 apresenta uma síntese da viabilidade das empresas analisadas quanto à disponibilidade de raspas e pó de borracha disponíveis para venda e distribuição. As colunas trazem a informação do ponto de equilíbrio das empresas analisadas, e a linha informa a disponibilidade de raspas ou pó de borracha pela recauchutadora de pneus. Nota-se que apenas a empresa de massa asfáltica ficou abaixo da linha de disponibilidade de borracha, tornando-se a única empresa economicamente viável.

Gráfico 1 – Síntese da viabilidade das empresas pela disponibilidade de raspas e pó de borracha



Fonte: Próprio autor (2015).

## 6 CONCLUSÃO

Conclui-se que a utilização de resíduos de recauchutagem de pneus na indústria colabora significativamente para a redução dos impactos ambientais, já que esses produtos em vez de serem descartados de maneira incorreta no meio ambiente, regressam à cadeia produtiva através da logística reversa. Além disso, apesar do tímido aproveitamento, são diversas as possibilidades de utilização desses resíduos, como nas indústrias cimenteiras, de massa asfáltica, e de tapetes automotivos, validando-se economicamente neste estudo a venda e distribuição para uma empresa de massa asfáltica.

Conclui-se também que qualquer que seja o destino dos resíduos de pneus no processo produtivo, é imprescindível que sejam avaliadas as variáveis referentes à viabilidade econômica com melhores ferramentas, social e ambiental, a fim de que seja possível elaborar estratégias que permitam coletar e posteriormente reaproveitar o material que seria descartado em sua totalidade.

## REFERÊNCIAS

- ANDRIETTA, A.J. **Pneus e Meio Ambiente**: Um grande problema requer uma grande solução. Out. 2002. Disponível em: <<http://docslide.com.br/documents/pneus-e-meio-ambiente.html>>. Acesso em: 2 set. 2015.
- ASSAF NETO, A. **Finanças corporativas e valor**. São Paulo: Atlas, 2010.
- BEAL, D. A.; BATISTELA, E. S.; CALDATTO, V. **Viabilidade de implantação de empresa recicladora de borracha**. Monografia. 2009. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Pato Branco. 2009.
- BERTOLLO, S, A. et al. **Pavimentação Asfáltica: Uma Alternativa para a Reutilização de Pneus Usados**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <[http://www.lixo.com.br/index2.php?option=com\\_content&do\\_pdf=1&id=150](http://www.lixo.com.br/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=150)>. Acesso em: 2 set. 2015.
- GARDIN, J. A. C.; FIGUEIRÓ, P. S.; NASCIMENTO, L. F. Logística reversa de pneus inservíveis: discussões sobre três alternativas de reciclagem para este passivo ambiental. **Revista Gestão e Planejamento, Salvador**, v. 11, n. 2, p. 232-249, jul./dez. 2010.
- GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. 7. ed. São Paulo: Harbra, 2002.
- GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. 12<sup>a</sup> ed. São Paulo: Addison Wesley, 2010.
- GOODYEAR. **Um Novo Conceito, Um Novo Pneu**. Porto Alegre, 2010. Disponível em: <[http://www.goodyear.com.br/tirecatalog/passenger/nasce\\_pneu/nasce\\_pneu\\_full.html](http://www.goodyear.com.br/tirecatalog/passenger/nasce_pneu/nasce_pneu_full.html)>. Acesso em: 14 set. 2015.
- GRIBELER, E. C. Logística reversa para reaproveitamento de Pneus usados: análise técnica e econômica das Condições para implantação de uma empresa de Reciclagem e reprocessamento. **Monografia**. Faculdade Dinâmica de' Cataratas – UDC. Foz do Iguaçu, Paraná. 2010. Disponível em: <<http://www.udc.edu.br/monografia/monoamb104.pdf>>. Acesso em: 2 set. 2015.
- HOJI, M. **Administração financeira e orçamentária**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- KRAEMER, M. E. P. A contabilidade como instrumento de gestão ambiental. **Gestão Ambiental**. Disponível em: <<http://www.gestaoambiental.com.br/news.php?cod=36>>. Acesso em: 2 set. 2015.

LACERDA, L. P. de. Pneus descartados no Brasil – subsídios para uma reflexão sobre o problema na Bahia. **Monografia**. Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2001. 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: 3 set. 2015

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos da metodologia científica**. SP: Atlas, 2001.

LIMA, E. L. B. et al. Reutilização da borracha proveniente da recauchutagem de pneus para confecção de placas isolantes termo acústicas. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.18; 2014.

MOTTA, F. G. **A cadeia de destinação dos pneus inservíveis – o papel da regulação e do desenvolvimento tecnológico**. Ambiente & Sociedade. Campinas v. XI, n. 1, p. 207-218. jan.-jun. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asoc/v11n1/11.pdf>>. Acesso em: 3 set. 2015.

OLIVEIRA, O. J. de; CASTRO, R. de. **Estudo da destinação e da reciclagem de pneus inservíveis no Brasil**. XVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, Paraná. Out. 2007. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2007\\_tr650481\\_0291.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2007_tr650481_0291.pdf)>. Acesso em: 1 set. 2015.

PIRELLI. **Technology**. São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.pirelli.com.br/web/technology/about-tyres/tyre-function/default.page>>. Acesso em: 14 set. 2015.

RGPNEUS. **O Processo de Reconstrução**. João Monlevade, 2011. Disponível em: <<http://www.gruporgpneus.com.br/reformas-processo.php>>. Acesso em: 4 out. 2015.

RIBEIRO, A. E. et al. **Logística reversa: reciclagem de pneus inservíveis**. TCC. 2013. ETEC Professor Mário Antônio Verza. Palmital. 2013.

SARAIVA, I. J.; CORREIA, J. P. C. T. N. Instalações e serviços industriais. **Gestão Ambiental**, mar./maio 2002.

SEIFFERT, Mari E. B. **ISO 14001 sistemas de gestão ambiental: implantação objetiva e econômica**. 2. ed São Paulo: Atlas, 2006.

SILVA, A. L.; SILVA, L. C. A.; XIMENES, E. F. T. **Logística Reversa de Pneus Inservíveis: uma Consciência Socioambiental ou uma Estratégia Econômica para as Empresas?** Universidade Federal do Piauí. 2013.

**APÊNDICE A: Roteiro de entrevista<sup>2</sup>**

1. Quais os critérios utilizados pela empresa para classificar o pneu como inservível?
2. Quais as políticas adotadas pela empresa no intuito de estimular o consumidor a devolver o pneu inservível?
3. Quais os procedimentos realizados quando os pneus chegam à empresa?
4. Como é feito o armazenamento dos pneus inservíveis?
5. Quais as regulamentações que atuam diretamente sobre a sua empresa em relação à destinação de pneus inservíveis?
6. Qual o tipo de destinação dada aos pneus inservíveis?
7. Quais os principais benefícios para a empresa com a adoção da prática da logística reversa?
8. Como a empresa é visualizada na sociedade?

---

<sup>2</sup> Adaptado de Silva; Silva, 2013.



## APÊNDICE C

### ENTREVISTA

- 1) Qual é a tendência das empresas que utilizam raspas de pneus inservíveis na produção de outros materiais?
- 2) Existe algum custo objetivo para esta atividade? (Como por exemplo valor/tonelada)
- 3) No caso de pneus triturados, como funciona o processo de aproveitamento em indústrias cimenteiras?
- 4) Quais as vantagens para a empresa ao utilizar raspas de pneus na realização de seus processos?
- 5) Quais os produtos de resíduos de borracha de pneus a empresa trabalha?
- 6) Qual a origem dos resíduos de pneus a serem tratados no seu processo?
- 7) Qual é a quantidade de resíduos de pneus consumidos atualmente na empresa?
- 8) Esse já é o potencial pleno de consumo?
- 9) Como é feita a sua coleta?
- 10) Dos subprodutos da incineração qual é a parcela que pode ser incorporada aos Cimentos?