

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO DO SETOR SUCROENERGÉTICO – MTA**

**COMBUSTÍVEL ALTERNATIVO PARA CALDEIRA:
BORRACHAS - INSERVÍVEIS**

PAULO RAFAEL SOBRINHO

**SERTÃOZINHO
2013**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO DO SETOR SUCROENERGÉTICO – MTA

**COMBUSTIVEL ALTERNATIVO PARA CALDEIRA:
BORRACHAS - INSERVÍVEIS**

PAULO RAFAEL SOBRINHO

Monografia apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Gestão do Setor
Sucroenergético – MTA.

Aluno: Paulo Rafael Sobrinho

Orientador: Prof. Dr. Octavio Antônio Valsechi

Sertãozinho

2013

***Dedico este trabalho a meus pais (in
memoriam).***

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus.

A minha amada esposa Simone Viana Sobrinho que compreendeu minha ausência nos dias mais difíceis, minhas adoradas filhas, pelo apoio, dedicação e carinho dispensados.

Aos meus pais (in memoriam) – que eu sei que ainda olham por mim.

A toda minha família e amigos que sempre me incentivaram nesta jornada.

Ao meu professor orientador Prof. Dr. Octavio Antônio Valsechi, pela atenção, dedicação e apoio.

Aos professores e coordenadores do curso e funcionários da UNICEISE, pelo dedicado trabalho dispensado a nós alunos no decorrer de nossa formação.

A todos os amigos que ganhei ao longo desta caminhada.

SUMÁRIO

01	INTRODUÇÃO.....	08
02	OBJETIVOS	09
03	METODOLOGIA.....	10
04	REVISÃO DA LITERATURA	11
4.1	Problemática.....	11
4.2	Desenvolvimento sustentável: reciclagem como alternativa de preservação ambiental	13
4.3	Do desenvolvimento sustentável	14
4.4	Consolidação da defesa ambiental e do tema desenvolvimento sustentável	14
4.5	Desenvolvimento sustentável e reciclagem de materiais	16
4.6	Resíduos sólidos e processo de reciclagem.....	16
05	PRODUÇÃO DE PNEUS E A PROBLEMÁTICA DOS PNEUS INSERVÍVEIS	19
5.1	Pneu: sua origem.....	19
5.2	Pneu: sua estrutura e composição	21
5.3	Produção nacional de pneus	23
5.4	Destinação final dos pneus inservíveis no Brasil	26
5.4.1	Prazos e quantidades proporcionais para coleta e destinação final de pneumáticos inservíveis	29
5.4.2	Prazos e quantidade proporcionais para coleta e destinação final de pneumáticos inservíveis em relação a pneus reformados importados	29
06	REUTILIZAÇÃO PNEUS E RECICLAGEM DE PNEUS INSERVÍVEIS.....	32
6.1	Pneus usados e o processo de reformas	33
6.1.1	Recapagem	33
6.1.2	Recauchutagem.....	33
6.1.3	Remoldagem	34
6.2	Pneus inservíveis processos de reciclagem	35
6.2.1	Desvulcanização ou regeneração da borracha de pneus.....	35
6.2.2	Moagem dos pneus	37
6.2.2.1	Massa de borracha de uso diverso.....	37
6.2.2.2	Pavimentação asfáltica.....	37
6.2.3	Pirólise.....	38
6.2.4	O pneu como fonte de energia (coprocessamento).....	39
6.2.5	Outras formas de reciclagem do pneu inservível em sua forma inteira:	39
07	PNEUS INSERVÍVEIS NA COGERAÇÃO DE ENERGIA EM USINAS DE AÇÚCAR E ÁLCOOL.....	40
7.1	Estudo das características do bagaço de cana	40
7.2	Estudo das características do pneu inservível.....	43

7.3	Comparação entre o bagaço de cana e o pneu inservível.....	43
08	QUEIMA DE PNEUS INSERVÍVEIS EM CALDEIRAS COPROCESSAMENTO	44
8.1	Queima de Pneus em Cimenteiras e outras empresas	44
8.2	A queima de pneus inservíveis em caldeiras de usinas de açúcar e álcool coprocessamento	45
8.3	Vantagens do coprocessamento	46
8.4	Poluição.....	47
8.5	Filtros e sistema para limpeza de gases resultantes da queima de borracha	47
8.5.1	Filtro retentor de partículas.....	47
8.5.2	Sistema de lavagem de gases de combustão:	48
8.5.3	Sistema de pré-aquecimento.....	48
09	MATÉRIA PRIMA:	48
9.1	Processamento da Matéria prima.....	49
9.2	Quantidade a ser utilizada.....	49
9.3	Fatores econômicos	50
10	CONCLUSÃO	53
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

LISTA DE FIGURAS, GRÁFICOS E TABELAS.

Item	Assunto	Pag.
Figura 01	Composição do pneu	21
Gráfico 01	Vendas e produção de pneus no Brasil	25
Gráfico 02	Canais de vendas em 2012	25
Gráfico 03	Fabricas de pneus no Brasil	26
Tabela 01	Composição química média de um pneu	21
Tabela 02	Comparação dos materiais contidos em pneus	22
Tabela 03	Evolução no número de pneus fabricados no Brasil nos últimos anos	24
Tabela 04	Destinação final em relação ao produzido segundo a resolução Conama.	29
Tabela 05	Destinação final em relação ao importado para reforma segundo a resolução Conama.	30
Tabela 06	Poder calorífico superior do bagaço (PCS) x umidade.	42
Tabela 07	Comparação dos materiais contidos em pneus	43
Tabela 08	Comparativo Bagaço de cana e pneu com seu poder calorifico:	44

RESUMO

Hoje com o aumento vertiginoso da utilização dos pneus, aumentando da mesma forma a geração dos pneus inservíveis, com a política de sustentabilidade que devemos adotar, conciliando a necessidade de cogeração de energia elétrica na usina, este trabalho tem como finalidade a utilização desta borracha em conjunto com o bagaço de cana, aumentando a período de cogeração desta forma conciliando a redução do passivo ambiental com um aumento na receita da cogeração.

Palavras-chave: pneus inservíveis; cogeração; sustentabilidade cogeração de energia, setor sucroenergético, biomassa.

ABSTRACT:

Today with increase soaring of tires utilization, increasing likewise the generation of scrap tires, with the sustainability policy that we should adopt, reconciling the need cogeneration of electric power in the plant, this work aims the utilization this rubber in conjunction with the sugarcane bagasse, increasing the period cogeneration and thereby reconciling the reduction of the environmental liability with an increase in the revenue of the cogeneration.

Key words: waste tires; cogeneration; sustainability, energy cogeneration, sugarcane industry, biomass.

1. INTRODUÇÃO

Têm-se hoje muitas questões socioambientais, mas a maior delas com certeza é o descarte dos resíduos tanto residenciais como industriais, existe várias políticas a serem utilizadas, tal como a do 5R (Reduzir, Reutilizar, Recuperar, Renovar e Reciclar) que é bem difundida.

Mas em uma visão não só ambientalista, mas também empresarial tem-se que achar inovações que possam fazer dos resíduos um gerador de receita, não a nível de reciclagem comumente vista, comprar sucata e revender, mas com uma abordagem mais empresarial - industrial

É difícil ter-se uma reciclagem, ou seja, um investimento em meio ambiente, sem que o grupo investidor conseguir aliar a isto uma vantagem econômica, ou pelo menos um empate no investimento, ficando com o investidor o lucro mesmo que seja um lucro em termos promocionais.

Para justificar esta pesquisa tem-se que além de estar dando destino final a um produto que ficaria na natureza por tempo indeterminado, estar-se utilizando ele como combustível para caldeira.

Espera-se poder comprovar neste trabalho que além de ser uma atitude ecológica é também um projeto economicamente viável.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Tem-se como objetivo deste estudo demonstrar não só uma ideia inovadora como também as leis ambientais para suporte desta ideia, tecnologias a serem utilizadas e parcerias que se pode formar para viabilização do projeto.

Para entender melhor tem-se que visualizar os problemas gerados por pneus inservíveis, composição, degradação volume de pneus inservíveis produzidos no Brasil.

Levantar através de pesquisa bibliográfica quais as opções possíveis para a correta utilização dos pneus inservíveis sob o ponto de vista de um combustível coadjuvante ao bagaço da cana, conciliando um menor impacto ambiental.

2.2- Específicos

- 2.2.1 Estudar-se a problemática da reciclagem de pneus do ponto de vista teórico, técnico e mercadológico;
- 2.2.2 Entender Leis e normas que regulamentam a questão do descarte final de pneus no Brasil e em Santa Catarina;
- 2.2.3 Verificar-se alternativas possíveis de reaproveitamento de pneus inservíveis;
- 2.2.4 Conhecer Informações a respeito da questão da destinação final de pneus inservíveis no Brasil;
- 2.2.5 Conhecer Formas de processamento destrutivo de pneus inservíveis;
- 2.2.6 Conhecer Caldeiras com fins específicos para queima;
- 2.2.7 Conhecer Sistema de lavagem de gases de caldeira;
- 2.2.8 Estudar preliminarmente da viabilidade econômica.

3. METODOLOGIA

Realizou-se pesquisas sobre a questão dos resíduos sólidos direcionando-se aos pneus inservíveis, sua disposição final, além de se estudar quase todas as formas possíveis de reaproveitamento e reciclagem dos mesmos.

Foi realizado levantamento bibliográfico em diversas fontes de pesquisa - livros, periódicos e *sítes* a respeito de preservação ambiental; desenvolvimento sustentável, geração e disposição de resíduos sólidos – direcionado aos pneus inservíveis, as iniciativas que vêm sendo adotadas a respeito da reciclagem e reaproveitamento dos pneus inservíveis.

Nesta pesquisa procurou-se casos de sucesso na utilização dos mesmos para diversas finalidades, com a intenção de mostrar que há soluções possíveis para este grave impasse ambiental, com enfoque na queima controlada por parte das indústrias, com o reaproveitamento do poder calorífico para geração de vapor ou em fornos de secagem.

4. REVISÃO DA LITERATURA

4.1 Problemática:

A disposição final dos resíduos sólidos no mundo é uma questão preocupante, pois ela depende de um empenho muito grande por parte da sociedade para tentar solucioná-la, não deve ser considerada uma tarefa a ser resolvida apenas pelo poder público, deve haver uma conscientização com o engajamento de toda população.

Mas se não tivermos uma política de reciclagem muito bem baseada, isto está fadado ao fracasso, analisando em termos Brasil.

Dois casos de reciclagem que podemos afirmar com certeza tem um grande sucesso é a reciclagem do Alumínio das latas e de rejeitos (sucatas) da indústria e a da reutilização das Garrafas de PET, não em função de consciência e nem de ambientalista de plantão, mas de um interesse financeiro, já que é sustento ou fonte de renda extra para muitas pessoas.

Com esta visão devemos caminhar em um paralelo com os pneus inservíveis bem como outras matérias que possam ser usados como combustível alternativo.

Segundo Teixeira (2005), o desenvolvimento para o bem-estar e o conforto humano que se criou a partir da Revolução Industrial, levou a um aumento considerável de material descartado, “ocasionando um aumento da quantidade de resíduos gerados e não utilizados pelo homem, muitos deles trazendo riscos ao meio ambiente e a saúde humana”.

Os pneus foram inventados em 1845, depois que o norte-americano Charles Goodyear descobriu casualmente o processo de vulcanização da borracha, quando deixou cair borracha e enxofre no fogão.

Tornaram-se então substitutos das rodas de madeira e ferro, usadas em carroças e carruagens. A borracha além de ser mais resistente e durável, absorve melhor o impacto das rodas com o solo, o que tornou o transporte mais confortável e funcional.

A maior parte dos pneus hoje é feita de 10% de borracha natural (látex), 30% de petróleo (borracha sintética) e 60% de aço e tecidos (tipo lona), que servem para fortalecer ainda mais a estrutura.

Além de termos uma conscientização em termos de reutilização de produtos, no caso as recauchutagens de pneus, hoje amplamente utilizada em caminhões, e muito pouco em carros de passeio, não podem depender somente disto para a disposição destes pneus inservíveis.

A prática da recapagem (reposição da banda de rodagem desgastada pelo uso), adotada mundialmente, surgiu da possibilidade de se reaproveitar com total segurança a carcaça, projetada pelos principais fabricantes de forma a suportar diversas sobrevidas. Somente no Brasil esse mercado movimenta um volume de 7,6 milhões de pneus de carga reformados por ano. Segundo dados da Associação Brasileira do Segmento de Reforma de Pneus (ABR), o País é o segundo maior mercado mundial neste segmento, atrás apenas dos Estados Unidos. De acordo com a entidade, o setor movimenta anualmente cerca de R\$ 4 bilhões, possui 1.300 reformadoras comerciais, 18 fornecedores de matéria-prima e gera mais de 40.000 mil empregos diretos. Hoje, mais de 2/3 dos pneus de carga em uso são reformados, gerando uma economia de aproximadamente R\$ 5,6 bilhões/ano para o setor de transportes. (<http://www.brasilcaminhoneiro.com.br/V4/tecnologias/>)

O descarte final do pneu inservível traz sérios prejuízos à cidade, seja na forma inadequada do descarte; armazenamento; depósito de água que pode ser foco para doenças como a dengue; ou a eliminação através de queima a céu aberto que contamina o solo e o ar; ou a criação de depósitos clandestinos; e é por isso a importância se conhecer mais profundamente as formas viáveis tanto ecologicamente como economicamente, de aproveitamento dos pneus inservíveis, como maneira de diminuir o descarte inadequado dos mesmos.

Para isso, este trabalho pretende identificar e estudar formas possíveis de se utilizar os pneus inservíveis como combustível em caldeiras, de forma racional e economicamente viável.

Para isso, estudaremos formas, leis ambientais metodologias e sistemas para tornar isto viável, bem como experiências bem sucedidas em outros segmentos.

4.2 Desenvolvimento sustentável: reciclagem como alternativa de preservação ambiental

Inserção da problemática de preservação ambiental na discussão do crescimento econômico:

Não o modo de produção moderno, que vem sendo constantemente otimizada, mas a sociedade capitalista e consumista vem sendo analisado e observado por muitos estudiosos nas últimas décadas.

A questão que envolve a preservação ambiental e o crescimento econômico começou a ganhar destaque na década de setenta quando alguns cientistas reunidos no chamado Clube de Roma apontaram através de um relatório a degradação ambiental que vinha ocorrendo em função da utilização dos recursos naturais que naquela época eram considerados inesgotáveis.

Com o relatório intitulado - *Limites do Crescimento* (1972), publicação encabeçada pelo cientista Dennis L. Meadows que trabalhou em conjunto com outros pesquisadores surge à tentativa de conscientizar a população mundial que o meio ambiente é um bem que deve ser preservado para que as futuras gerações também tenham acesso a ele (MONTIBELLER, 2001).

A realização da Conferência de Estocolmo foi outro grande acontecimento em 1972.

As alarmantes previsões deste relatório fomentaram debates em toda parte do globo, em especial nos países em que a filosofia do produzir sempre mais, para sustentar as mordomias do progresso técnico e desenvolvimento econômico não podia ser freada. Pode-se imaginar o porquê de tanta discussão, uma vez que entre muitas considerações, o relatório do Clube de Roma abordava situações tais como:

Se as atuais tendências de crescimento da população mundial – industrialização, poluição, produção de alimentos e diminuição de recursos naturais – continuarem imutáveis, os limites do crescimento neste planeta serão alcançados algum dia dentro dos próximos cem anos. O resultado mais provável será um declínio súbito e incontrolável, tanto da população quanto da capacidade industrial;

É possível modificar estas tendências de crescimento e formar uma condição de estabilidade ecológica e econômica que se possa manter até um futuro remoto. O estado de equilíbrio global poderá ser planejado de tal modo que as necessidades materiais básicas de cada pessoa na Terra sejam satisfeitas, e que cada pessoa tenha igual oportunidade de realizar seu potencial humano individual;

Se a população do mundo decidir empenhar-se em obter este segundo resultado, em vez de lutar pelo primeiro, quanto mais cedo ela começar a trabalhar para alcançá-lo, maiores serão suas possibilidades de êxito.

4.3 Do desenvolvimento sustentável

Segundo Brüseke (1998), em 1974, Ignacy Sachs, expandiu o conceito de ecodesenvolvimento, formulando os princípios básicos desta nova visão do desenvolvimento. Para Sachs, seis aspectos importantes estão envolvidos por este conceito, são eles:

- a) Satisfação das necessidades básicas;
- b) A solidariedade com as futuras gerações;
- c) O envolvimento e participação de toda população;
- d) A preservação dos recursos naturais e do meio ambiente em geral;
- e) A elaboração de um sistema social garantindo emprego, segurança social e respeito a outras culturas;
- f) Programas de educação.

4.4 Consolidação da defesa ambiental e do tema desenvolvimento sustentável

Sendo assim, é sugerido pela comissão do relatório que o problema ambiental deva ser tratado como um assunto global. Segundo este documento, essa busca pela sustentabilidade vai dar um novo rumo nas relações internacionais destes países,

criando uma maneira mais eqüitativa do fluxo de capital, comércio e tecnologia. A “estratégia do desenvolvimento sustentável visa promover a harmonia entre os seres humanos e entre a humanidade e a natureza” (NOSSO FUTURO COMUM, 1991).

Esta estratégia, segundo Nosso Futuro Comum, abrange os seguintes aspectos:

- a) Um sistema político que assegure a efetiva participação dos cidadãos nos processos decisórios;
- b) Um sistema econômico capaz de gerar excedentes e *know-how* técnico em bases confiáveis e constantes;
- c) Um sistema social que possa resolver as tensões causadas por um desenvolvimento não equilibrado;
- d) Um sistema de produção que respeite a obrigação de preservar a base ecológica e busque constantemente novas soluções;
- e) Um sistema internacional que estimule padrões sustentáveis de comércio e financiamento;
- f) Um sistema administrativo flexível e capaz de se autocorriger.

A Conferência Rio 92 retratou a proporção que o problema da preservação ambiental havia alcançado, uma vez que nesse final de século, “esta questão ultrapassa os limites das ações isoladas e localizadas, para se constituir em uma preocupação de toda humanidade”. A partir dos anos 90 a comunidade fica mais alerta para a necessidade e consciência da importância em se manter o equilíbrio ambiental (VALLE, 1995).

A partir deste marco da década de noventa, a Rio 92 a cultura que se propagou foi à questão do “pensar global, e agir local”, ou seja, todos deveriam cumprir seu dever de casa no que tange as questões de meio ambiente.

4.5 Desenvolvimento sustentável e reciclagem de materiais

Na década de noventa começam a surgir normas ambientais para regular e delimitar a responsabilidade das empresas em termos de utilização dos recursos naturais, bem como o tratamento dos resíduos gerados em seus processos produtivos.

No cenário empresarial surgem novas ferramentas e conceitos que envolvem a problemática ambiental – sistema de gestão ambiental; certificação ambiental; métodos de tratamento de resíduos, entre outros.

Por sua vez, as pessoas começam a observar melhor o problema relacionado ao lixo, a disposição final do mesmo e também começam a conviver com alternativas de destinação e reaproveitamento dos resíduos que antes eram descartados definitivamente. Esta conjunção de fatores ajudou na criação de novas alternativas de redução, reaproveitamento ou reciclagem de resíduos, a questão da reciclagem surge como uma das possibilidades de contribuição para a preservação ambiental e o desenvolvimento sustentável.

Atualmente já existem “avanços científicos e tecnológicos que têm conduzido à redução do desperdício, à reciclagem de materiais, o melhor aproveitamento dos insumos e à eliminação e substituição de matérias-primas escassas ou poluidoras por outras de melhor rendimento” (SABEDOT, 2006).

4.6 Resíduos sólidos e processo de reciclagem

É importante saber que sua classificação se dá quanto às características físicas, à sua composição, à sua origem, além de serem separados por classes devido aos riscos apresentados em seu manuseio. O resíduo sólido pode ser classificado conforme disposição a seguir:

- a) Por sua composição química: matéria orgânica e matéria inorgânica;
- b) Por sua natureza física: seco e molhado;
- c) Pelos riscos potenciais à saúde pública e ao meio ambiente: perigosos, não inertes e inertes;

- d) Quanto a sua origem: domiciliar, comercial, de varrição e feiras livres, de serviços de saúde e hospitalar, de aeroportos e terminais rodoviários e ferroviários, industriais, agrícolas e entulhos.

No Brasil, a classificação e conceituação dos resíduos são regulamentadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da norma NBR 10004/87- RESÍDUOS SÓLIDOS, que classifica os resíduos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que sejam manuseados e destinados adequadamente (ABNT, NBR 10004/87).

Também estão incluídos nesta norma, resíduos de lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, (gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição), bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água (ABNT, NBR 10004/87).

Além disso, todo resíduo apresenta certo grau de periculosidade, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, e isto pode significar risco a saúde pública - provocando ou acentuando, de forma significativa, um aumento de mortalidade ou incidência de doenças, e/ou; risco ao meio ambiente - quando o manuseio ou o destino deste é feito de forma inadequada. É a Resolução nº5 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que trata da destinação final dos resíduos sólidos, define normas mínimas para sistema de gerenciamento, de tratamento e a disposição final dos mesmos.

Quanto à periculosidade, as classes de resíduos adotadas no Brasil são as seguintes:

- a) **Resíduos classe I (Perigosos):** Apresentam periculosidade ou uma das seguintes características: Inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. Ex: baterias, produtos químicos;
- b) **Resíduos classe II (Não-inertes):** Não se enquadram como resíduos classe I - Perigosos ou resíduos classe III - Inertes e podem ter as seguintes propriedades: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água. Ex: matéria orgânica e papel;

- c) **Resíduos classe III (Inertes):** Não têm constituinte algum solubilizado em concentração superior ao padrão de potabilidade de águas. Ex: rochas, tijolos, vidros, certos plásticos e borrachas que não são decompostos prontamente.

Além dos resíduos se dividirem por várias características e graus de periculosidade, há ainda processos diferentes de tratamento e disposição final para o resíduo urbano e os resíduos sólidos industriais. No caso do primeiro, as técnicas mais apresentadas como soluções são:

- a) **Aterro sanitário:** compactação e aterramento do lixo com tratamento dos afluentes líquidos e gasosos decorrentes;
- b) **Compostagem:** Nas diversas formas possíveis, que constitui-se na decomposição aeróbica do lixo orgânico – separado em casa ou em usina – para servir de adubo na agricultura;
- c) **Reciclagem:** reaproveitamento do material orgânico do lixo destinado à venda para setores da indústria;
- d) **Incineração:** queima do lixo em alta temperatura, indicado principalmente para o lixo hospitalar;
- e) **Coleta seletiva:** triagem domiciliar do lixo destinado à reciclagem e compostagem.

Como se pode verificar, esta questão trata dos resíduos sólidos urbanos, no caso dos resíduos gerados pela indústria outros processos envolvem seu tratamento e destinação final. No entanto algumas questões são comuns a todo e qualquer tipo de resíduo sólido, tais como – logística e formas adequadas para seu transporte; utilização de veículos e equipamentos apropriados para tal fim; locais apropriados para deposição.

Já no caso dos resíduos sólidos industriais, por serem muito variados, pois se originam de diversos ramos da indústria – metalurgia, química, petroquímica, alimentícia, etc, a responsabilidade da disposição final dos mesmos é do gerador do resíduo, pois a grande maioria deles se classifica como resíduo classe I – perigosos.

Entre estes resíduos podem estar cinza, lodos, óleos, resíduos alcalinos ou ácidos, plásticos, papéis, madeiras, fibras, metais, borrachas, vidros, etc (LORA, 2000).

Estes resíduos industriais, que é o caso dos pneus inservíveis, objeto principal de estudo deste trabalho, requerem das empresas o gerenciamento e diretrizes para a disposição final ou tentativa de diminuição da emissão dos mesmos; Segundo Lora (2000):

Este trabalho se concentrará na questão do gerenciamento dos pneus inservíveis, verificando como as empresas fabricantes estão trabalhando a destinação final dos mesmos. Assim como, levantar a legislação brasileira quanto a esta questão.

5. PRODUÇÃO DE PNEUS E A PROBLEMÁTICA DOS PNEUS INSERVÍVEIS

Estudando a questão do descarte final dos pneus que não possuem mais nenhuma possibilidade de reaproveitamento, ou seja, que não servem mais para reutilização na recauchutagem ou recapagem, classificados inservíveis. Abordaremos aspectos relacionados a composição dos pneus, os materiais que envolvem a fabricação deste artefato, assim como a dificuldade de sua reciclagem.

5.1 Pneu: sua origem

Em 1839, Charles Goodyear descobriu casualmente o processo de vulcanização da borracha, com isso em 1845 aproveitando-se desta descoberta, R. W. Thomson criou o pneu de borracha. Durante décadas muitas experiências foram sendo realizadas para o melhoramento das propriedades da borracha natural. A partir da Primeira Guerra Mundial, na Alemanha foi criada uma nova tecnologia para a fabricação da borracha sintética, uma vez que até este período os pneus dependiam em sua totalidade da matéria-prima borracha natural para sua confecção. (RAMOS, 2005).

A partir desta inovação e descoberta dos pneus de borracha, em virtude da resistência, durabilidade e conforto para transporte de cargas e pessoas, a

fabricação e venda de pneus no mundo foram crescendo vertiginosamente, uma vez que o novo processo incorporou qualidades e propriedades mais atrativas à borracha tais como – resistência à abrasão, elasticidade, durabilidade, entre outras (RAMOS, 2005).

Atualmente além da borracha sintética, os pneus têm vários componentes, por ser um produto que tem como objetivo um longo tempo de vida útil, pois são “projetados e fabricados para durar em situações físicas, químicas e térmicas extremas, apresenta uma estrutura complexa, com o objetivo de atribuir-lhes as características necessárias ao seu desempenho e segurança, confeccionado para serem indestrutíveis” (KAMIMURA, 2002).

Um pneu é composto com diferentes materiais tais como: estrutura em aço, náilon, fibra de aramida, Rayon, fibra de vidro/poliéster; borracha natural e sintética, além de diversos tipos de polímeros; reforçados químicos como carbono preto, sílica e resinas; antidegradantes (ceras de parafina antioxidantes e inibidoras da ação do gás ozônio); promotores de adesão (sais de cobalto, banhos metálicos nos arames e resinas); agentes de cura (aceleradores de cura, ativadores, enxofre) e produtos auxiliares (PIRELLI BRASIL, 2007).

Eles ainda podem ser classificados de acordo com sua carcaça em dois grupos: radiais e convencionais (ou diagonais). Grandes partes dos pneus utilizados em carros e caminhões são os radiais porque “aliado aos reforços estruturais e novos desenhos da banda de rodagem oferecem maior resistência, durabilidade, aderência e estabilidade que os convencionais”. Em função disso, mesmo com um custo superior ao tradicional, os pneus radiais representam 97% da produção mundial de pneus de passeio, e 45% de participação na produção de pneus de caminhões e ônibus. (BNDES, 1998).

5.2 Pneu: sua estrutura e composição

Para entendermos melhor o pneu vamos ver sua estrutura

O pneu é basicamente formado por quatro partes (FAPEMIG, 2003):

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, dispostas no sentido diagonal uma das outras, nos chamados pneus convencionais ou diagonais, ou na forma radial, nos pneus ditos radiais. Os pneus radiais ainda contam com uma estrutura adicional de lonas, chamadas de cintura, que estabilizam a carcaça radial. Essas lonas são constituídas de aço.

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 rolagem - 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.

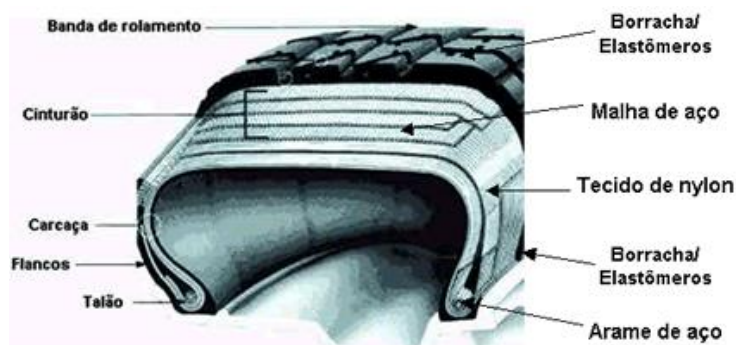


Figura 01 - Composição do pneu (ANDRIETTA, 2002)

Tabela 01 - Composição química média de um pneu

Elemento / Composto	%
Carbono	70,0
Hidrogênio	7,0
Óxido de Zinco	1,2
Enxofre	1,3
Ferro	15,0
Outros	5,5

Fonte: (ANDRIETTA, 2002)

Tabela 02 - Comparação dos materiais contidos em pneus (ANDRIETTA, 2002).

Elemento / Composto	Automóvel	Caminhão
Material	%	%
Borracha / Elastômeros	48	45
Negro de fumo	22	22
Aço	15	25
Tecido de nylon	5	-
Óxido de Zinco	1	2
Enxofre	1	1
Aditivos	8	5
Peso médio por unidade	9 kg	70 kg
Peso médio extraído do site Reciclar é preciso		

No gráfico acima estão apresentadas as matérias-primas utilizadas para fabricação de um pneu radial, percebe-se a grande quantidade de materiais misturados neste processo, mas a borracha predomina com mais de 40% de participação, um pneu de passeio. Outro dado interessante na pesquisa feita pelo BNDES, é que dos 15 milhões de toneladas de borracha (natural e sintética) consumidas anualmente no mundo, em torno de 9 milhões se destinam à fabricação de pneumáticos.

No caso do Brasil, do total da borracha consumida, mais de 50% destina-se a fabricação de pneus, em 1996, o consumo total foi de aproximadamente 465 mil toneladas de borracha, sendo que deste total 25% era natural e 75% sintética. Outro dado importante, é que as principais borrachas utilizadas no processo são Borracha Natural (NR), Borracha de Estireno-Butadieno (SBR) e Borracha Polibutadieno (BR) (BNDES, 1998).

Ainda conforme o gráfico acima convém se observar à participação considerável de 28% do componente – negro de fumo. Ele é incorporado à borracha para aumentar a resistência mecânica dos pneus, e é considerado o grande problema para a indústria de pneus, uma vez que dificulta imensamente a reciclagem dos pneus

usados, e está presente em percentuais semelhantes tanto em pneus de automóveis como os de caminhão.

Por sua vez a borracha tem maior participação nos pneus automotivos 48% contra os 45% dos pneus de caminhão, no caso do aço sua proporção fica em 15% nos automóveis, contra 25% em caminhões; outro dado interessante é que no pneu automotivo encontra-se (5%) de material têxtil, no pneu de caminhão não temos a incorporação deste material (BRESSI *apud* KAMIMURA, 2002).

A quantidade de produtos incorporados na confecção de um pneu acontece em função de sua estrutura, uma vez que este artefato é composto por várias partes: banda de rodagem, cintas de aço, talão, carcaça de lona, parede lateral ou flanco.

Na figura conforme o corte feito no pneu pode-se notar mais precisamente todas as partes que compõem um pneu radial de veículo de passeio.

Nota-se o grande desafio ambiental que se tem em mãos no que tange a questão do descarte final dos pneus pelo alto grau de complexidade da composição dos mesmos, uma vez que diariamente são fabricados e ao mesmo tempo descartados milhões de pneus no mundo, além disso, um pneu descartado na natureza leva em torno de 600 anos para decompor. (www.anip.com.br)

5.3 Produção nacional de pneus

O pneu tornou-se um artefato imprescindível e fundamental na sociedade moderna, por agilizar, dar comodidade e segurança no transporte de cargas e passageiros, por isso nas últimas décadas a demanda mundial vem crescendo vertiginosamente.

A demanda nacional por pneus deriva do mercado de reposição e o mercado das montadoras. A frota mundial de veículos forma o mercado de reposição devido à necessidade de troca de pneus em função do desgaste com o passar do tempo, no caso o mercado das montadoras acontece em função de cada novo veículo de passeio demandar cinco novos pneus.

Para os pneus de passeio, a demanda é de 60% para reposição e 40% para veículos novos, enquanto no caso de pneus para ônibus e caminhões esta relação é da ordem de 85% reposição e 15% veículos novos. É desta forma que se estima a produção anual dos pneumáticos.

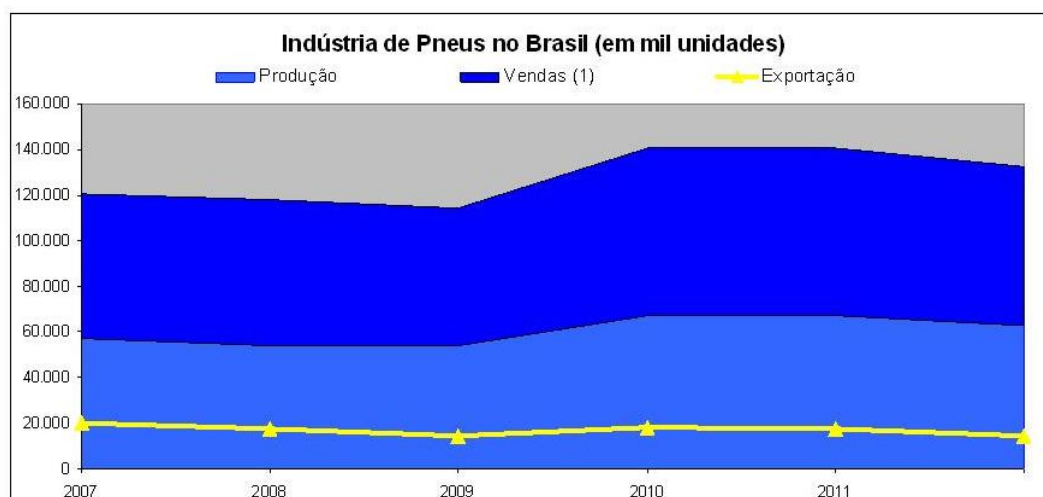
OBS: Os pneus de veículos de passeio duram cerca de 50 mil km. Os fabricantes não recomendam a recauchutagem. Os pneus de caminhões e ônibus rodam mais de 100 mil km, sendo possível fazer, em geral, pelo menos 3 recauchutagens (BNDES, 1998).

Tabela 03 - Evolução no número de pneus fabricados no Brasil nos últimos anos

Ano	Volume de Produção: (unidades de pneus)	Volume de Vendas: (produção + importação por associados da ANIP)	Volume de Exportação:
2012	62,7 milhões	67,9 milhões	13,2 milhões
2011	66,9 milhões	72,9 milhões	17,4 milhões
2010	67,3 milhões	73,0 milhões	18,1 milhões (dado ANIP)
2009	54,1 milhões	60,2 milhões	14,5 milhões (dado ANIP) - 18 milhões (dado SECEX)
2008	59,7 milhões	64,3 milhões	17,8 milhões
2007	57,3 milhões	63,1 milhões	19,8 milhões

(fonte: www.anip.com.br)

Gráfico 01 – Vendas e produção de pneus no Brasil (fonte: www.anip.com.br)



(1) Produção + Importação pelos associados da ANIP

Gráfico 02 – Canais de vendas em 2012 (fonte: www.anip.com.br)

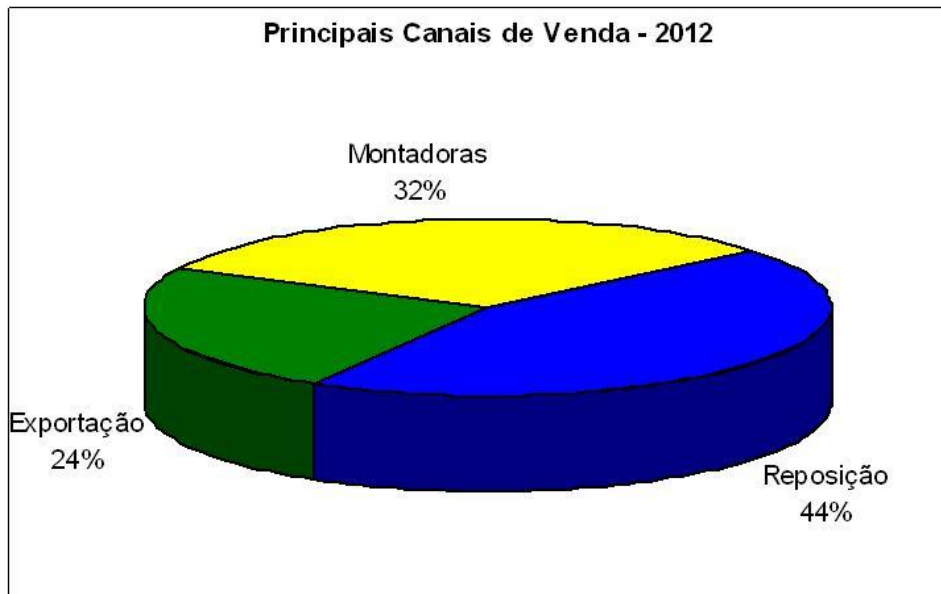


Gráfico 03 – Fabricas de pneus no Brasil (fonte: www.anip.com.br)



5.4 Destinação final dos pneus inservíveis no Brasil – Resolução CONAMA 258/99 e 301/02

Devido à problemática que tem sido para qualquer país a disposição final de resíduos sólidos, no caso em estudo os pneus inservíveis, as leis e normas que regulamentem atividades ligadas a este segmento auxiliam no processo de controle e gerenciamento deste assunto.

Vários países, assim como o Brasil, estão implantando instrumentos que buscam viabilizar o gerenciamento de pneumáticos inservíveis, tendo como exemplo a Diretiva 91/157/CEE, da Comunidade Europeia e das Normas Diretivas de Aterros na Irlanda, programas que buscam a redução na fonte com o propósito de recuperar esse produto, assim como a reutilização e reciclagem dos pneumáticos, quando transformado em inservível, por meio de adoção de alternativas tecnológicas existentes e em caráter experimental.

Em razão do grande problema e cuidado que está situação requer, no Brasil, a Política Nacional do Meio Ambiente, Lei n. 6.938/81, em seu art. 8º delega competência ao Conselho Nacional do Meio Ambiente como órgão legislador brasileiro para este assunto, sendo este responsável também pela edição de atos jurídicos e normativos, com força de lei; decidir recursos administrativos em última instância; exigir estudos/documentos que complementem deferimento de licenças ambientais na realização do Estudo de Impacto Ambiental – EIA; além disso, atribuir competência ao IBAMA para licenciamento, fiscalização e controle ambiental (MACHADO *apud* CIMINO, ZANTA, 2005).

Sendo de responsabilidade do CONAMA a edição de normas, a respeito da questão dos pneumáticos inservíveis, em 26 de agosto de 1999 foi publicada a RESOLUÇÃO CONAMA 258/99 que trata deste assunto, sendo complementada pela RESOLUÇÃO CONAMA 301/02, tratando da destinação final deste resíduo sólido, as duas resoluções foram regulamentadas pela Instrução Normativa nº 8/02 do IBAMA.

A instrução normativa nº08/02 do IBAMA institui os procedimentos que devem ser adotados pelos responsáveis para o cumprimento da Resolução CONAMA 258/99, trata de questões quanto ao cadastramento, processadores, destinadores e

destinação final ambientalmente correta; e, determina as respectivas equivalências em peso de pneus para bicicletas e veículos automotores (BRASIL, 2002).

A primeira questão que a Resolução 258/99 trata é da responsabilidade das empresas fabricantes e importadoras de pneumáticos sobre a coleta e destinação final adequada dos pneus inservíveis existentes no território nacional. Esta norma foi elaborada pelo CONAMA com a intenção de diminuir o passivo ambiental criado pelos depósitos clandestinos e formas inadequadas de destinação final dos pneus descartados.

Conforme lembra Cimino e Zanta (2005,) “face aos impactos ambientais gerados pelo descarte inadequado de pneus, há que se buscar o seu gerenciamento ambientalmente adequado, desde o acondicionamento até a destinação final”, além disso, devem-se buscar alternativas que visem o uso de novas tecnologias de reutilização na sua forma inteira, e de reciclagem das partes que compõem o pneu inservível.

Diante desta nova necessidade de administração da coleta e destinação final deste rejeito de borracha - o pneu inservível, o CONAMA teve a preocupação de esclarecer e classificar os pneus pelo seu estado de uso, sendo assim as Resoluções 258/99 e 301/02 faz a seguinte classificação:

- I. **pneu ou pneumático:** todo artefato inflável, constituído basicamente por borracha e materiais de reforço utilizados para rodagem de veículos;
- II. **pneu ou pneumático novo:** aquele que nunca foi utilizado para rodagem sob qualquer forma, enquadrando-se, para efeito de importação, no código 4011 da Tarifa Externa Comum – TEC;
- III. **pneu ou pneumático reformado:** todo pneumático que foi submetido a algum tipo de processo industrial com o fim específico de aumentar sua vida útil de rodagem em meios de transporte, tais como recapagem, recauchutagem ou remoldagem, enquadrando-se, para efeitos de importações, no código 4012.10 da TEC;
- IV. **pneu ou pneumático inservível:** aquele que não mais se presta a processo de reforma que permita condição de rodagem adicional.

A partir da vigência da Resolução 258/99 em janeiro de 2002, este órgão federal impôs às empresas adoção de novas medidas no tratamento final do pneu inservível no tocante a coleta e destinação, dando as mesmas, tempo para cumprirem de forma gradual as novas determinações que têm força de lei. Sendo assim, estipulou metas a partir do ano de 2002, que seriam revistas pelo IBAMA no ano de 2005. Estas metas estão apresentadas conforme o Tabela abaixo:

5.4.1 Prazos e quantidades proporcionais para coleta e destinação final de pneumáticos inservíveis

Tabela 04 – Destinação final em relação ao produzido segundo a resolução Conama. **Fonte:** (CIMINO, ZANTA, 2005, p. 301)

Prazos a partir de	Pneus Novos Nacionais	Pneus Novos Importados	Pneus Inservíveis
Janeiro/2002	4 unidades	4 unidades*	1 unidade
Janeiro/2003	2 unidades	2 unidades*	1 unidade
Janeiro/2004	1 unidade	1 unidade	1 unidade
Janeiro/2005	4 unidades	4 unidades	5 unidades

*Quantidades válidas para pneus novos ou reformados

O que se percebe com as metas estipuladas acima, que somente com a entrada em vigor das resoluções do CONAMA é que diversas ações foram sendo tomada a respeito de uma solução quanto ao problema do descarte final do pneu inservível, nota-se também a grande responsabilidade que o governo passou a cobrar das empresas nesta questão ambiental.

Outra questão abordada pelo CONAMA, em suas resoluções, é a preocupação relacionada ao fato da entrada crescente no Brasil de pneus reformados vindos de outros países, sendo assim, foram estipuladas metas aos importadores deste tipo de produto, determinando as seguintes exigências:

5.4.2 Prazos e quantidade proporcionais para coleta e destinação final de pneumáticos inservíveis em relação a pneus reformados importados

Com estas medidas, o governo brasileiro não apenas delegou obrigações aos fabricantes e importadores, mas também criou instrumentos para acompanhamento pelo IBAMA das práticas adotadas pelas empresas no que tange esta questão.

No entanto, em Janeiro de 2002, com o início da vigência das metas estabelecidas para coleta/destinação final proporcionais às quantidades produzidas e/ou importadas, incluindo aquelas que acompanhavam os veículos importados, surgiu um impasse no tocante a esta meta e a definida para o ano 2003, uma vez que a resolução não descrevia claramente em quais condições deveriam estar o estado do pneu importado. Com isso, abriu-se precedente para as importadoras, “que fizeram uso de liminares e mandados de segurança, sob a alegação de que tanto quem fabricava, quanto quem importava pneus novos, usados ou reformados, estaria dentro da lei”. (BRESSAN *apud* CIMINO, 2004).

Tabela 05 – Destinação final em relação ao importado para reforma segundo a resolução Conama.

Prazos a partir de	Pneus Reformados Importados	Pneus Inservíveis
Janeiro/2004	4 unidades	5 unidades
Janeiro/2005	3 unidades	4 unidades

Esta brecha na Resolução 258/99 possibilitou o ingresso de pneus importados - tanto novos reformados ou usados. Mas, com a publicação da Resolução 301/02 de 21/03/2002, houve alterações nos dispositivos da resolução anterior, reafirmando a obrigatoriedade da destinação final adequada de pneus novos ou reformado importados, e estende a co-responsabilidade a reformadores e carcaceiros, “com a intenção de manter a proibição de importação de pneumáticos usados, em conformidade com as Resoluções CONAMA 23/96 e 235/98”. É importante destacar, que a importação de pneus novos ou usados ocorreu até a entrada em vigor a partir de 1º de janeiro de 2004 da Resolução 301/02 (CIMINO, 2004).

É interessante destacar que a partir destas resoluções, ações institucionais foram sendo criadas pelas empresas em parceria com as associações de pneumáticos em âmbito nacional - a Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP), aliada a Associação Brasileira dos Fabricantes, Distribuidores e Importadores de pneus de bicicletas, peças e acessórios (ABRIDUPI), pelos fabricantes, e a Associação Brasileira da Indústria de Pneus Remoldados (ABIP), representante dos importadores, houve um maior engajamento entre os responsáveis diretos e estas entidades representativas (CIMINO, ZANTA, 2005).

Entre as demais questões abordadas na Resolução 258/99, o CONAMA afirma que tanto as empresas importadoras (de novos ou remoldados), como as fabricantes (pneus novos), deverão prestar contas ao IBAMA quanto à destinação final dos pneus inservíveis, pois conforme seu artigo 9º fica terminantemente proibido o descarte desse resíduo sólido nos aterros sanitários; no mar; em terrenos baldios ou alagadiços; margens de vias públicas; em cursos d' água e em praias; ou ainda a queima a céu aberto.

A queima a céu aberto de pneus contamina o ar com uma fumaça altamente tóxica composta de carbono, dióxido de enxofre e outros poluentes atmosféricos, e polui o solo por liberar em torno de dez litros de óleo que se infiltra e contamina o lençol freático da região; não deve ser enterrado, pois eles absorvem gases liberados na decomposição de outros resíduos e devido sua baixa compressibilidade podem inchar e estourar a cobertura dos aterros; além disso, se forem abandonados ou estocados em depósitos inadequados servem de local para procriação de mosquitos e pequenos roedores responsáveis pela transmissão de diversas doenças (CIMINO, ZANTA, 2005, p. 300).

Para evitar os tipos de problemas previstos acima, a Resolução 258/99, prevê que as empresas deverão criar pontos de coleta, locais para processamento dos pneus inservíveis, e formas adequadas de armazenagem, tudo isso deverá estar de acordo com a legislação ambiental vigente no país.

A partir destas novas diretrizes em relação à questão da gestão dos resíduos pneumáticos inservíveis, ações institucionais foram adotadas pela entidade representativa desta indústria a ANIP (representante de 14 empresas do setor),

desenvolvendo ações estratégicas no que se refere à questão da coleta e tratamento dos pneus inservíveis.

A ANIP implantou através de convênio uma estrutura composta por mais de 4.000 postos de coleta, junto às revendas de pneus no território nacional; 77 eco pontos em 75 municípios brasileiros; 1 ponto de coleta em São Sebastião (SP); e, centros de recolhimento e trituração de pneus inservíveis na cidade de Jundiaí/SP e João Pessoa/PB em parceria com Cimentos Portugueses – CIMPOR, e a ABRIDIPI, e em Sorocaba em parceria com a empresa BORCOL (LUSTWERK; FAPEMIG; RIOS *apud* CIMINO, 2005, p. 302).

Com a vigência das Resoluções do CONAMA 258/99 e 301/02, pode-se perceber uma crescente preocupação por parte dos governos estaduais e municipais na criação de leis fortalecendo a solução da questão dos pneumáticos inservíveis em suas regiões.

São exemplos destas atuações os decretos criados nos seguintes estados:

Decreto n.6.215/2002/SC – regulamentando a lei n.12.375/02; Decreto n.23.941/2002/PE – regulamentando a lei n.12.008/01; Resolução SMA/SS e Lei n.13.316 – município de SP e Decreto n.6.215/2002/SP; Projeto Lei n.46/13L/2002 – Novo Hamburgo (RS).

6.0 REUTILIZAÇÃO PNEUS E RECICLAGEM DE PNEUS INSERVÍVEIS

Devido ao grande problema que se tornou à disposição final dos pneus inservíveis, algumas alternativas foram sendo criadas para que este resíduo possa ser utilizado como matéria prima para um novo produto, ou que o mesmo fosse utilizado como outras funções que não mais a do transporte. Sendo assim, várias tecnologias vêm sendo desenvolvidas para dar suporte a essas novas opções de uso dos pneus inservíveis.

O processo de reforma de pneus auxilia no prolongamento do tempo de vida útil deste produto, e como este item é um dos mais caros para os proprietários de

veículos, tem sido grande a procura por esta opção de serviço antes da troca definitiva do pneu.

Vamos verificar agora alguns processos de reforma de pneus e reciclagem de inservíveis:

6.1 Pneus usados e o processo de reforma

Os processos industriais existentes para a reforma de pneus são: recapagem, recauchutagem e remoldagem. Abaixo segue maiores detalhes sobre estes processos:

6.1.1 Recapagem – A prática da recapagem (reposição da banda de rodagem desgastada pelo uso), adotada mundialmente, surgiu da possibilidade de se reaproveitar com total segurança a carcaça, projetada de forma a suportar diversas sobrevidas. Somente no Brasil esse mercado movimenta um volume de 7,6 milhões de pneus de carga reformados por ano contra 4 milhões de pneus novos”. Deste total, 75% dos pneus recapados são usados no transporte rodoviário de carga, 12% são pneus de movimentação de carga própria e os demais se referem aos pneus de transporte de passageiros.

Segundo dados da Associação Brasileira do Segmento de Reforma de Pneus (ABR), o País é o segundo maior mercado mundial neste segmento, atrás apenas dos Estados Unidos. De acordo com a entidade, o setor movimenta anualmente cerca de R\$ 4 bilhões, possui 1.300 reformadoras comerciais, 18 fornecedores de matéria-prima e gera mais de 40.000 mil empregos diretos. Hoje, mais de 2/3 dos pneus de carga em uso são reformados, gerando uma economia de aproximadamente R\$ 5,6 bilhões/ano para o setor de transportes (<http://www.frotacia.com.br/2011/>).

Fazendo uma comparação: “são necessários 90 litros de petróleo para fabricar um pneu novo e apenas 27 litros para recapar um pneu. Uma recapagem dobra a vida do pneu, e dependendo da utilização, um pneu pode ser recapado mais de uma vez” (RECAUCHUTA BRASIL).

6.1.2 Recauchutagem – é a reconstrução do pneu através da substituição da banda de rodagem e dos ombros. Consiste na remoção da banda de rodagem desgastada da carcaça do pneu para que através de um novo processo de vulcanização se coloque uma nova banda de rodagem.

É importante frisar que o pneu para ser recauchutado deve apresentar requisitos tais como: ausência de cortes e deformações e que a banda de rodagem não esteja totalmente desgastada, que ainda apresente os sulcos responsáveis pela aderência do pneu ao solo. Além disso, ele poderá ser recauchutado no máximo cinco vezes, depois disso o pneu tem seu desempenho prejudicado (GERALDO *apud* KAMIMURA, 2002, p.

A recauchutagem, assim como a recapagem, está diretamente relacionada ao mercado de pneus de transporte de cargas e passageiros. No Brasil, 70% da frota de transporte de cargas e passageiros têm seus pneus recauchutados, em termos gerais as empresas utilizam estes pneus somente nos eixos traseiros dos caminhões e ônibus por motivo de segurança.

Este processo não é utilizado para veículo de passeio por não ser vantajoso em termo de custo em comparativo de um pneu novo.

6.1.3 Remoldagem - é outro processo de reutilização dos pneus classificados como reformáveis, sendo reconstruído o pneu através da substituição da banda de rodagem e, dos ombros e de toda a superfície dos seus flancos, conforme está determinado na Resolução CONAMA 258/99 (KAMIMURA, 2002, p. 54).

A remoldagem é um processo que se assemelha à recauchutagem, a diferença se dá em função da remoção da banda de rodagem e das partes laterais dos pneus, sendo assim, todo pneu recebe uma nova camada de borracha e passa por um novo processo de vulcanização. “Os pneus remoldados pelo fato de utilizarem carcaças usadas como matéria-prima, não são pneus novos, mas sim novos produtos feitos a partir de pneus usados” (AMBIENTE BRASIL, 2004).

No Brasil desde 1991 é proibida a importação de produtos usados, e com relação à importação de pneus usados está proibição está claramente definida na Resolução CONAMA 301/02, no entanto, as empresas remoldadoras vêm conseguindo importar os pneus usados de outros países através de liminares, sob a argumentação de que são pneus que tem uma carcaça em melhores condições para a remoldagem do que as nacionais (REVISTA JORNAUTO, ANIP).

A ANIP alerta que em 2005, foram importados 10 milhões e 500 mil pneus usados, vindos dos EUA e de diversos países da Europa e Ásia, só que deste total apenas 4 milhões foram utilizados para remoldagem, o restante foi comercializado como pneu meia vida, a preços abaixo do mercado.

Nestes tipos de reutilização do pneu, todos eles geram resíduo de borracha proveniente da remoção da banda de rodagem, ficando desta forma um pequeno passivo ambiental.

6.2 Pneus inservíveis processos de reciclagem:

No Brasil, conforme Sandroni e Pacheco (2005), o passivo ambiental gerado pelos pneus usados deve acumular aproximadamente 100 milhões de carcaças, 40% desta quantidade é gerada pelo estado de São Paulo. “As tecnologias mais comuns para dar destino aos pneus descartados são a recauchutagem, a regeneração, a reciclagem energética, a pirólise, a composição asfáltica, além de diversas formas de reutilização”.

Analisando os vários mercados consumidores para reutilização da borracha dos pneus inservíveis, apenas dois apresentam um número significativo na utilização deste resíduo: o energético e o de misturas asfálticas (cada tonelada de mistura utiliza de 2 a 6 pneus) (BERTOLLO, et al., 2000).

A reinserção da borracha do pneu como matéria-prima para novos produtos, seja na forma inteira (fornos de cimenteiras) ou triturado (granulado para misturas asfálticas) entre outras utilizações, depende de investimentos dos fabricantes em técnicas de manufatura; pesquisa de materiais; estudo sobre formas de reinserção deste resíduo na cadeia produtiva.

6.2.1 Desvulcanização ou regeneração da borracha de pneus

“O processo de recuperação e regeneração dos pneus exige a separação da borracha vulcanizada de outros componentes (como metais e tecidos, por exemplo)”. O arame e a malha de aço são recuperados como sucata de ferro qualificada, o tecido de nylon é recuperado e utilizado como reforço em embalagens de papelão (BOLSA DE RECICLAGEM FIEP, 2001); (BONENTE, 2005).

No Brasil existem empresas que através de reações químicas calor e pressão produzem a desvulcanização ou regeneração da borracha modifica os resíduos, os tornando mais plásticos e prontos para receber um novo processo de vulcanização.

Mesmo assim, eles não ficam com as mesmas propriedades da borracha crua, por isso são misturados na borracha na confecção de novos artefatos – tapetes, pisos industriais, quadras esportivas, sinalizadores de trânsito, rodízios para móveis, rodos domésticos, tiras para indústria de estofados, câmaras de ar, etc (BONENTE, 2005); (BOLSA DE RECICLAGEM FIEP, 2001).

Para entender melhor como ocorre à regeneração da borracha de pneus, abaixo estão relacionados às fases que envolvem este processo:

- 1º - O pneu é picado em pedaços;
- 2º - São colocados em um tanque com solvente para que inche a borracha e se torne quebradiça;
- 3º - Os pedaços de borracha são pressionados para que se desprendam da malha de aço e do tecido de nylon;
- 4º - Um sistema de eletroímãs separa a borracha, o aço e o nylon;
- 5º - A borracha então é moída e separada por um sistema de peneiras e bombas de alta pressão;
- 6º - Passam para um reator ou autoclave onde ocorre a desvulcanização da borracha, recuperando em torno de 75% de suas propriedades originais;

7º - Esta borracha vai para um tanque de secagem para recuperação do solvente que retorna ao processo (RT SERVIÇO DE RESPOSTAS TÉCNICAS, 2006).

6.2.2 Moagem dos pneus

Hoje temos máquinas para fazer a moagem do pneu (banda de rodagem) com método criogênico e temperatura ambiente, a fim de se obter um pó fino o bastante para ser incorporado em novas massas de borracha a título de carga nobre, ou em pavimentação asfáltica.

6.2.2.1 Massa de borracha de uso diverso.

Existe a utilização de uma porcentagem deste pó em mantas de borracha para confecção de solado, peças de borracha não técnica e até mesmo estudos para incorporar uma quantidade em novos pneus.

6.2.2.2 Pavimentação asfáltica

Este mesmo pó pode ser utilizado em compostagem da mata asfáltica, hoje já em aplicações em vários trechos de estradas pelo país.

Nas obras de pavimentação, a borracha de pneus pode ser inserida nos materiais asfálticos através de dois processos: úmido (*wet process*) e seco (*dry process*) (KAMIMURA, 2002, p.16).

a) **Processo Úmido:** “são adicionadas partículas finas de borracha ao cimento asfáltico, produzindo um novo tipo de ligante denominado asfalto-borracha” (BERTOLLO, 2000). A borracha moída representa de 5 a 25% do peso total do ligante, e é incorporada ao ligante asfáltico antes de se adicionar o agregado asfalto-borracha. (KAMIMURA, 2000);

b) **Processo Seco:** “partículas maiores de borracha substituem parte dos agregados pétreos. Após a adição do ligante, formam um produto denominado “concreto

asfáltico modificado com adição de borracha” (BERTOLLO, 2000). A borracha moída represente cerca de 1% a 3% do peso total da mistura, é incorporada ao agregado-borracha, antes de se adicionar o ligante asfáltico (em substituição a uma pequena parte dos agregados finos) (KAMIMURA, 2000).

No Brasil, apenas a partir de 1995 se iniciou a incorporação do processo do asfalto borracha, e o Grupo Greca Asfaltos, possui três fábricas que estão estrategicamente localizadas: em Araucária no Paraná, em Guarulhos São Paulo, e em Esteio – Rio Grande do Sul, para produzir e atender o consumo de asfalto borracha – ou asfalto ecológico, denominado por esta empresa de ECOFLEX. “O asfalto ecológico tem um custo maior quando comparado com o asfalto convencional, ‘mas este custo a mais é plenamente justificável perante o seu benefício” (MORILHA, GRECA, 2003).

Esta incorporação das partículas finas de borracha ao cimento asfáltico, através do processo seco, também vem sendo pesquisada pelo Departamento de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos – USP, onde várias pesquisas e estudos de avaliação são efetuados (BERTOLLO, 2000).

6.2.3 Pirólise – produção de óleo e gás

A pirólise é o processo de aquecimento dos pneus a uma temperatura superior a 1000°C, em um ambiente com teor de oxigênio ou muito baixo ou muito alto e com pressão abaixo da atmosfera. Neste processo, apesar do superaquecimento da borracha, a mesma não entra em combustão. “Sob temperaturas e pressão apropriadas a fração de óleo existente em algumas associações orgânicas são liberadas na forma líquida enquanto outras frações são liberadas na forma de gases voláteis” (SALINI, 2000).

O óleo obtido após condensação e decantação é usado na indústria química ou serve como substituto do petróleo em algumas petroquímicas. “O gás que é um combustível por excelência, é consumido dentro da própria indústria. Uma vez gerado, aquece a caldeira onde ocorre a pirólise, gerando mais gás para reaquerê-la” (SANDRONI, PACHECO, 2005).

Um dos exemplos da utilização da pirólise no Brasil ocorre na usina de São Mateus do Sul no estado do Paraná, na subsidiária PETROSIX da PETROBRÁS, que desde 1998, criou e desenvolveu uma tecnologia de pirólise para produzir óleo e gases combustíveis, feitos da mistura de xisto betuminoso e pneus descartados. “A empresa mistura 5% de pneus picotados a 95% de xisto betuminoso em seu processo de pirólise, que resulta em derivados do petróleo. A cada 100 quilos de pneus a produtora consegue extrair 50 quilos de óleo” (LOJUDICE, 2002).

A destinação final do pneu através da empresa PETROSIX (pirólise), é mais vantajosa para os produtores, por apresentar custo menor, uma vez que a empresa PETROSIX, cobra R\$50 pela destruição de 1 tonelada de pneus, enquanto as cimenteiras cobram em torno de US\$100. (LOJUDICE, 2002).

6.2.4 O pneu como fonte de energia (coprocessamento)

A prática do uso do pneu como fonte de energia vem sendo utilizada desde 1975, tem sua origem na *Dickerhoff Cement*, em Frankfurt – Alemanha, é conhecida como TDF – *Tire Derived Fuel*. Nos EUA, o TDF é o maior mercado para os pneus inservíveis, consumindo em torno de 115 milhões de pneus por ano. A utilização do pneu em sua forma inteira é muito melhor, pois há a economia de energia que seria necessária para sua trituração (KAMIMURA, 2002, p. 65).

No Brasil, uma parceria firmada entre a ANIP e a CIMPOR, utilizam inservíveis coletados como combustível alternativo via co-processamento em energia em fornos de cimenteiras do Grupo CIMPOR.

6.2.5 Outras alternativas de reciclagem do pneu inservível em sua forma inteira:

Existem varias utilizações para os pneus inservíveis mais de pequeno consumo em relação ao produzido, a seguir alguns exemplos:

- ✓ Obras de drenagem

- ✓ Muros de arrimo/contenção
- ✓ Limitação Território Esportivo
- ✓ Construção de barragens
- ✓ Recifes artificiais
- ✓ Quebra-mares
- ✓ Contenção de erosão do solo
- ✓ Enchimento de Aterros
- ✓ Armazenagem de água para gramados
- ✓ Reforço de aterros
- ✓ Compostagem
- ✓ Construção de casas com pneus inteiros "*Earthship*"
- ✓ Parques infantis e playground
- ✓ Galerias de águas pluviais
- ✓ Vasos e móveis feitos com pneus

7.0 PNEUS INSERVÍVEIS NA COGERAÇÃO DE ENERGIA EM USINAS DE AÇÚCAR E ÁLCOOL

Para iniciarmos este tópico vamos primeiramente avaliar as diferenças entre a borracha de pneus inservíveis com o bagaço da cana.

7.1 Estudo das características do bagaço de cana

A composição química típica do bagaço varia muito pouco, e sua propriedade mais importante sob o ponto de vista da produção de vapor, é a umidade. Para HUGOT (1977), um trabalho insatisfatório das moendas fornece um bagaço com 50% de umidade e um trabalho muito bom, um bagaço com 45%.

“Certas usinas do Havá e de Formosa assinalaram umidade de cerca de 38%. Porém são índices excepcionais. Mesmo com uma moenda moderna, é muito difícil chegar a menos de 4%.” (HUGOT, 1977, p.948).

HUGOT (1977) fornece índices de umidade entre 45 e 50%, sendo comum à utilização de 48% como padrão para efeitos de cálculos.

Além da umidade, o bagaço contém ainda a fibra, constituída principalmente de celulose e os sólidos solúveis, constituídos principalmente por açúcares e impureza. Estes se apresentam na faixa de 2 a 4%, que somados a umidade fornece a porcentagem de fibra. (HUGOT, 1977).

A umidade contida nesta fibra influenciará diretamente no poder de queima deste bagaço, e conseqüentemente no seu consumo, portanto, as análises laboratoriais são necessárias para a mensuração desse valor e outros componentes que eventualmente se façam presentes.

O Poder Calorífico de combustíveis é definido como a quantidade de energia interna contida no combustível, sendo que quanto mais alto for o poder calorífico, maior será a energia contida. Um combustível é constituído, sobretudo de hidrogênio e carbono, tendo o hidrogênio o poder calorífico de 28.700 Kcal/kg enquanto que o carbono é de 8.140 Kcal/kg, por isso, quanto mais rico em hidrogênio for o combustível maior

será o seu poder calorífico. Existem dois tipos de poder calorífico, a saber, o poder calorífico superior (PCS) e o poder calorífico inferior (PCI).

O PCS é a quantidade de calor produzida por 1 kg de combustível, quando este entra em combustão, em excesso de ar, e os gases da descarga são resfriados de modo que o vapor de água neles seja condensado. No bagaço é o calor de combustão total.

O poder calorífico inferior (PCI) é a quantidade de calor que pode produzir 1 kg de combustível, quando este entra em combustão com excesso de ar e gases de descarga são resfriados até o ponto de ebulição da água, evitando assim que a água contida na combustão seja condensada. Como a temperatura dos gases de combustão é muito elevada nos motores endotérmicos, à água contida neles se encontra sempre no estado de vapor, portanto, o que deve ser considerado é o poder calorífico inferior e não o superior.

A Tabela abaixo mostra os resultados obtidos na análise do poder calorífico superior em cada nível de umidade e, como esperado, nota-se considerável acréscimo com a diminuição da umidade.

Passando a umidade de 50% para 0% consegue-se um incremento energético da ordem de 92%, sendo que 60% são conseguidos reduzindo a umidade para 20%. Então, pode-se dizer que o bagaço de cana-de-açúcar com umidade em torno de 20% é mais viável de ser utilizado para o aproveitamento energético. Processos de secagem são onerosos e para produção de um bagaço mais seco, o consumo de energia para sua produção pode inviabilizar o processo.

Tabela 06 - Poder calorífico superior do bagaço (PCS) x umidade.

Poder calorífico Superior (kcal/kg)	Umidade (%)
4360	0
3985	10
3641	20
3145	30
2275	50

(informação www.abepro.org.br).

Para nossos comparativos iremos trabalhar com o PCI do bagaço a 50% de umidade é 1.700 Kcal/Kg (www.mma.gov.br/port/conama)

7.2 Estudo das características do pneu inservível

Tabela 07 - Comparação dos materiais contidos em pneus (Andrietta, 2002).

Elemento / Composto	Automóvel	Caminhão
Material	%	%
Borracha / Elastômeros	48	45
Negro de fumo	22	22
Aço	15	25
Tecido de nylon	5	-
Óxido de Zinco	1	2
Enxofre	1	1
Aditivos	8	5
Peso médio por unidade	9 kg	70 kg
Peso médio extraído do site Reciclar é preciso		

- pneu tipo passeio tem 16,32% de aço _ PCI = 7.814 kcal/kg

- pneu tipo carga tem 32,8% de aço _ PCI = 6.275 kcal/kg

Fonte: <http://www.peamb.eng.uerj.br/>

7.3 Comparação entre o bagaço de cana e o pneu inservível

Considerações:

Neste caso, o pneu é considerado um combustível. Ele possui um excelente poder calorífico que permite se aproximar do carvão. É certo que, 14 toneladas de pneus usados correspondem a 14 toneladas de carvão ou 10 toneladas de óleo combustível (Holcin, 1998).

A incineração, com a recuperação calorífica do resíduo (pneus inservíveis), é chamada de incineração com valorização energética.

A valorização energética consiste, durante a queima do pneu, na recuperação direta da energia produzida, seja por fornecimento de vapor ou produção de eletricidade.

Tabela 08 - Comparativo Bagaço de cana e pneu com seu poder calorífico:

	PCI - kcal/Kg	Diferença percentual
Bagaço de cana 50% de unidade	1.700	100%
Pneu inservível automóvel	7.814	459,64%
Pneu inservível carga	6.275	369,12%

Devemos levar em consideração que temos este resultado, mesmo que o pneu de automóvel possua em média 15% de aço, e no de carga 25% de aço.

8.0 QUEIMA DE PNEUS INSERVÍVEIS EM CALDEIRAS COPROCESSAMENTO

8.1 Queima de Pneus em Cimenteiras e outras empresas:

No Brasil, das 65 unidades cimenteiras destinadas à moagem e fabricação do cimento, 32 estão licenciadas por órgãos ambientais estaduais para realizar o coprocessamento e quatro aguardam certificação. A geração anual de resíduos industriais é estimada em 2,7 milhões de toneladas. A indústria de cimento coprocessa cerca de 800 mil toneladas por ano, correspondendo a aproximadamente 30% do total. A expectativa é que esse volume possa chegar a 1,5 milhões de toneladas.

São dispostos no mundo dois bilhões de pneus usados por ano, dos quais 20% são coprocessados. A comunidade europeia coprocessa cerca de 110 milhões de pneus por ano, os Estados Unidos cerca de 75 milhões de um total de 280 milhões, enquanto que no Brasil, em 2005, cerca de 17 milhões de pneus foram coprocessados em fornos de cimento. Fonte: www.abcp.org.br

É importante destacar que as cimenteiras cobram em média, R\$ 100 por tonelada de pneu destruído, emitindo um certificado para as empresas apresentarem aos órgãos ambientais de fiscalização, comprovando a destinação final do pneu inservível conforme prevê a legislação (CIMINO e ZANTA, 2005, p. 302); (LOJUDICE, 2002).

Além das cimenteiras, as fábricas de papel e celulose, e as usinas termoelétricas utilizam em suas caldeiras a carcaça inteira dos pneus, uma vez que cada quilograma de pneu libera entre 8,3 a 8,5 quilowatts por hora de energia, isto representa um acréscimo de 30% de energia extraída em 1 quilo de madeira ou carvão (KAMIMURA, 2002, p. 65).

Mas, segundo Tunes (*apud* Kamimura 2002), “o melhor método para queimar pneus sem que ocorra problema com a fumaça negra e poluente é o coprocessador, ou seja, a queima de resíduos industriais em fornos de cimento”, uma vez que a queima de resíduos industriais a 1700°C transforma quimicamente as substâncias perigosas, e nos fornos das cimenteiras, estes resíduos são usados para gerar energia, e, as cinzas resultantes são incorporadas ao cimento e ficam encapsuladas em concentrações aceitáveis.

A utilização dos pneus inservíveis nos fornos das cimenteiras oferece as seguintes vantagens: elimina totalmente o pneu descartado; não produz resíduo; utiliza grandes volumes de pneus descartados; conserva os recursos naturais de combustível fóssil; não requer nenhum pré-processo; sua queima produz menos emissões do que a queima do carvão e possui amparo legal (CIMINO, 2004); (KAMIMURA, 2002).

Entre as empresas que investiram nesta tecnologia está a brasileira Votorantim Cimentos que através do Cimento Rio Branco em Rio Branco do Sul (PR), tem a capacidade para eliminar mais de 20 mil t/ano de pneus.

8.2 A queima de pneus inservíveis em caldeiras de usinas de açúcar e álcool coprocessamento

As caldeiras podem trabalhar com óleo mineral BPF, lenha, bagaço e pneus inservíveis. Os pneus inservíveis estão sendo utilizados como combustível para caldeiras desde 2003. O consumo médio é de 150 mil pneus usados por mês^[*].

O processo utiliza 5% em massa de pneus inservíveis triturados e 95% em massa do bagaço da cana-de-açúcar, o poder calorífico da mistura chega em torno de 2150

kcal/kg, gerando vapor de baixa-pressão. A alimentação nas caldeiras é feita através de silos dosadores de pneus triturados e bagaço de cana-de-açúcar^[*].

Em 2004 foram queimados em caldeiras 1,8 milhões de pneus usados no Brasil. Não foi divulgada a quantidade de pneus inservíveis utilizados como combustível em caldeiras no período de 2005 e 2006. O custo para a queima dos pneus usados nas caldeiras é de cerca de US\$ 14 por tonelada. (fontes: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282008000200007)

*Cocamar Cooperativa Agroindustrial Maringá – Disponível em: <<http://www.cocamar.com.br>>, acesso em: 15 de novembro de 2013.

8.3 Vantagens do coprocessamento

O mercado dispõe de algumas alternativas de destinação de resíduos e passivos ambientais. Entre essas, o coprocessamento ainda é a que reúne os melhores benefícios econômicos e ambientais. Veja por que:

- a. Eliminação definitiva, técnica e ambientalmente segura dos resíduos;
- b. Substituição de recursos energéticos não-renováveis por fontes alternativas de energia;
- c. Preservação de jazidas já que parte dos resíduos substitui a matéria-prima;
- d. Contribuição à saúde pública pela destruição total dos resíduos e no combate a focos de doença, como, por exemplo, aos mosquitos da dengue hospedados nos pneus velhos;
- e. Geração de novos empregos.

Fonte: www.abcp.org.br

8.4 Poluição

A queima de pneus para aquecer caldeiras é regulamentada por Resolução do Conama. Ela determina que a fumaça emanada se enquadre no padrão I da escala de Reingelmann para a totalidade de fumaças. Os principais usuários de pneus em caldeiras são as indústrias de papel e celulose e de produtos alimentícios, e em fornos rotativos são as fábricas de cimento, que podem usar até a carcaça inteira e aproveitam alguns óxidos contidos nos metais dos pneus radiais. A queima a céu aberto, que libera emissões gasosas e gera fumaça negra de forte odor, nas quais estará presente o dióxido de enxofre, é proibida em vários países, inclusive no Brasil. (Fonte <http://www.cempre.org.br/>)

8.5 Filtros e sistema para limpeza de gases resultantes da queima de borracha

A seguir verifica-se alguns sistemas que podem ser utilizado na filtração dos gases resultantes da combustão do pneu.

8.5.1 Filtro retentor de partículas

Filtro retentor de partículas poluentes para queima de borracha e demais combustíveis, composto de dois corpos metálicos entrepostos entre si de modo que o corpo inferior em forma de bacia seja acrescido de óleo mineral ou sintético elou biodegradável e o corpo superior composto por uma câmara interna pela qual a fumaça transita e é liberada pela aresta que circunda o encaixe das duas partes. A presente invenção contempla a indústria que se utiliza de fornos e caldeiras, a indústria automobilística no uso do filtro nos escapamentos dos veículos automotores e a construção civil. Sistema patenteado por Edmundo Georges Ghabril (BR/RS)

8.5.2 Sistema de lavagem de gases de combustão:

Os lavadores de gases são destinados à limpeza de gases, normalmente via úmida, indicados para abater vapores ácidos, tóxicos, corrosivos, particulados também para controle de odores e despoluição ambiental.

Neste processo encontra-se gases tóxicos e contaminantes, gerados na própria combustão, devido à elevada temperatura dos gases utiliza-se um resfriador de gases com coluna de spray com o objetivo de adequar o fluxo gasoso à temperatura do equipamento.

8.5.3 Sistema de pré-aquecimento

O sistema de resfriamento e exaustão pode ser acoplado a radiadores, com a finalidade de fazer uma pré-secagem do bagaço de cana através da reutilização parcial dos gases de combustão, aumentando desta forma o poder calorífico do bagaço, como vimos no Tabela 06.

Como visto nesta explanação tem-se sistemas com capacidade para limpeza e desodorização dos gases, tornando um processo que pode se enquadrar nas exigências da lei conforme a resolução do CONAMA.

9.0 MATÉRIA PRIMA:

Tendo-se em vista a utilização de pneumáticos pelas frotas da usina, este seria o início do processo, todos os pneus descartados dos carros de passeio, caminhões, transbordo e máquinas agrícolas poderão servir de combustível na caldeira.

Parcerias com prefeituras e transportadoras para queima dos inservíveis gerados por estas empresas e entidades.

9.1 Processamento da Matéria prima

O processamento inicial do pneu inservível visa a retirada do talão do pneu, constitui cerca de 70 a 80% do aço utilizado no pneu, como ele é um material vendável, se tornaria uma fonte de renda e também uma menor carga na geração de cinzas e adequação da caldeira.

Este processo é feito através de uma máquina hidráulica de fácil produção ou aquisição no mercado.

A segunda etapa é a picotagem da carcaça sem o talão, através de picotador industrial, tem a função de triturar o pneu em pedaços com diâmetro máximo de 50 mm, esta etapa tem a função de uma melhor estocagem e também controle na utilização.

9.2 Quantidade a ser utilizada.

Conforme pesquisa realizada a quantidade inicial para ser utilizada seria de 5% sobre o bagaço de cana.

Com esta porcentagem estaremos utilizando em torno de 10% de borracha em relação à fibra.

Tendo-se em vista uma usina que consome 20.000 ton/dia de cana a 13% de fibra gera 5.600 ton de bagaço com cerca de 50% de umidade, estaria trabalhando com 280 ton/dia de pneus inservíveis.

Esta mistura chega a um poder calorífico aproximado de 2.150 kcal/kg, contra os 1.700 kcal/kg do bagaço, isto representa um aumento de 26,5% no poder calorífico do combustível, resultando também uma melhora na eficiência energética da caldeira.

9.3 Fatores econômicos:

Para uma turbina de contra pressão de 67 Bar temos a relação de 3,00 TB/MW e para uma turbina de condensação a razão é de 2,50 TB/MW.

Levando-se em consideração que o poder calorífico do bagaço de cana é de 1.700 Kcal/Kg, para a mistura com 5% teríamos uma redução aproximada de 26,5% de bagaço, ou seja, teríamos 2,37 Toneladas de mistura/MW no primeiro caso e 1,98 Toneladas de mistura/MW.

Vamos adotar TBD (toneladas de bagaço dia) e TMD (95% de bagaço + 5% de pneus inservíveis), para simplificar iremos usar valores arredondados.

Primeiro caso: Caldeira de contra pressão

Somente bagaço consumo diário:

$$5.600 \text{ Tb} / 3 \text{ TBD/MW} = 1.866,7 \text{ MWh} (77,8 \text{ MW})$$

Bagaço + Pneu inservível mesma tonelagem

$$(5.340 \text{ TBD} + 260 \text{ Tonelada de pneu dia}) / 2,37 \text{ TMD/MW} = 2.362,9 \text{ MWh} (98,5 \text{ MW})$$

Bagaço + Pneu inservível – mantendo o nível de cogeração

$$(4.202,8 \text{ TBD} + 221,2 \text{ Tonelada de pneu dia}) / 2,37 \text{ TMD/MW} = 1.866,7 \text{ MWh}$$

Economia de 1.397,2 toneladas de bagaço por dia.

Considerando uma safra de 200 dias teríamos uma economia de 279.440 toneladas, sendo que para a mistura (95% de bagaço e 5% de pneu) teríamos no total 294.147,4 toneladas da mistura.

Com este volume a usina iria ter que cogerar mais 66 dias por safra.

Levando-se em consideração 66 dias com uma produção diária de 1866,7 MWh, estimando um consumo na entressafra de 20% seria exportado 1493,3 MWh, a um valor sem incentivos de R\$ 100,00, totalizando um faturamento adicional de R\$ 9.856.000,00.

Não se considerou nestes cálculos a economia do não pagamento de energia para a concessionária durante estes 66 dias de cogeração, que em situação normal e pago, nem os custos fixos que seriam diluídos.

Segundo caso - Caldeira de condensação

Somente bagaço consumo diário:

$$5.600 \text{ Tb} / 2,5 \text{ TBD/MW} = 2.240,0 \text{ MWh (93,3 MW)}$$

Bagaço + Pneu inservível mesma tonelagem

$$(5.340 \text{ TBD} + 260 \text{ Tonelada de pneu dia}) / 1,98 \text{ TMD/MW} = 2.828,3 \text{ MWh (117,8 MW)}$$

Bagaço + Pneu inservível – mantendo o nível de cogeração

$$(4.213,4 \text{ TBD} + 221,8 \text{ Tonelada de pneu dia}) / 1,98 \text{ TMD/MW} = 2.240,0 \text{ MWh}$$

Economia de 1.386,6 toneladas de bagaço por dia.

Considerando-se uma safra de 200 dias teríamos uma economia de 277.312 toneladas, sendo que para a mistura (95% de bagaço e 5% de pneu) teríamos no total 291.907,4 toneladas da mistura.

Com este volume a usina iria ter que cogerar mais 66 dias por safra.

Levando-se em consideração 66 dias com uma produção diária de 2.240 MWh, estimando um consumo na entressafra de 20%, seria exportado 1.792 MWh, a um valor sem incentivos de R\$ 100,00, totalizando um faturamento adicional de R\$ 11.827.200,00.

Neste caso também não foi considerada a economia do não pagamento de energia para a concessionária durante estes 66 dias de cogeração, que em situação normal e pago nem os custos fixos que seriam diluídos.

Verifica-se também a vantagem da caldeira de condensação, tendo um coeficiente menor, gera mais energia por tonelada de bagaço conseqüentemente um maior ganho final.

Nos dois casos tem-se uma média de consumo de pneus inservíveis de 221,5 toneladas por dia, no período de uma safra estendida de 266 dias, totalizaria uma queima de 58.919 toneladas.

Transformando isto em pneus de caminhões (70 Kg) teríamos um volume aproximado de 841.700 pneus destruídos por ano, no caso da retirada do aço para venda como sucata, considerando 10 Kg por pneus daria 8.417.000 kg aço contido no talão destes pneus.

Devemos levar em consideração o destino final, que como vimos anteriormente a usina poderia receber R\$ 50,00 por tonelada neste caso gerando uma receita de R\$ 2.845.950,00 por safra.

CONCLUSÃO

Em primeiro lugar destaca-se a grande importância que tem a Resolução CONAMA 258/99 que é fundamental para se nortear a questão dos pneus inservíveis no Brasil, colocando a responsabilidade sobre toda a cadeia produtiva, desta forma houve o engajamento dos fabricantes de pneus, da ANIP (Associação Nacional das Indústrias de Pneumáticos) junto com os órgãos ambientais a nível municipal, estadual e federal.

O que se recente, é que não houve uma maior participação do estado, no que tange a divulgação em campanhas setoriais para este problema ambiental, talvez se o estado tivesse se empenhado mais em divulgar os problemas gerados por estes pneus inservíveis teríamos uma maior consciência do público sobre isto.

Como temos um país com dimensões continental, têm-se relativamente poucos ecopontos de coleta, todos eles implantados pela iniciativa privada, bem como pontos para destruição e reutilização dos mesmos.

A melhor alternativa é que esta sendo mais estudada pelas empresas pneumáticas, e a introdução de pneus verdes, que são pneus com menor taxa de rolamento fazendo desta forma um pneu de vida útil maior e com menor consumo de combustível, bem como pneus com aditivos especiais a base de milho em substituição a borracha sintética, fazendo um pneu com vida de degradação em torno de 50 anos.

Seria necessário também um maior incentivo por parte do estado, através de incentivos para a reciclagem ou na cogeração a partir deste combustível alternativo.

Há vários processos que podem ser utilizados para se obter uma queima limpa dos pneus inservíveis, bem como modificações nas caldeiras para utilização neste processo, até mesmo, caldeira específica para isso.

O intuito desta monografia foi demonstrar as implicações segundo os órgãos públicos bem como a viabilidade econômica para tal.

Uma usina que hoje trabalha apenas 200 dias por mês, deixando de produzir durante a entressafra acaba por ter seu custo fixo elevado em função da ociosidade provocada pela entressafra.

Deve-se ter consciência que quanto mais dias à usina conseguir produzir menores serão seus custos, aumentando desta forma seu faturamento e consequentemente seu lucro.

BIBLIOGRAFIA

AGÊNCIA BRASIL – ABR. **Fabricantes e Ibama fecham contabilidade sobre destinação de pneus.** AGÊNCIA BRASIL– ABR, Brasília, 25 out. 2002. Disponível em http://radiobras.gov.br/ct/2002/materia_251002_1.htm

ALMEIDA, M.C. **Estudo do Ciclo de Vida do Pneu Automotivo e oportunidade para disposição final de pneus inservíveis.** In: KAMIMURA, Eliane. **Potencial dos resíduos de borracha de pneus pela indústria da construção civil.** Dissertação de Mestrado De Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2002.

AMBIENTE BRASIL. **Importação de pneus para remoldagem e reutilização no Brasil é discutida no Senado.** [s.l.], Maio 2004. Disponível em: <http://www.ambientebrasil.com.br/noticias/index.php3?action=ler&id=14765>.

ANDRIETTA, Antônio J. **Pneus e meio ambiente: um grande problema requer uma grande solução.** Out. 2002. Disponível em <http://www.reciclarepreciso.hpg.ig.com.br/recipneus.htm>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: resíduos sólidos.** Rio de Janeiro: set. 1987.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PNEUMÁTICOS. São Paulo. **ANIP em números.** Disponível em: <www.anip.com.br>.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE RECICLAGEM DE PNEUS E ARTEFATOS DE BORRACHAS (AREBOP). **Aproveitamento de pneus na construção civil.** Ago. 2005. Disponível em: www.arebop.org.br.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). **Pneus.** Brasília. Jun. 1998. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/relato/pneus.pdf>>.

BARBIERI, J.C. **Desenvolvimento e Meio Ambiente: as estratégias de mudanças da agenda 21,** Petrópolis, RJ: Vozes, 1997.

BERTOLLO, Sandra Ap. Margarido, et al. **Pavimentação asfáltica: uma alternativa para a reutilização de pneus usados.** Rio de Janeiro. Revista Limpeza Pública nº 54, jan.2000. Disponível em: <http://www.revistaocarreteiro.com.br/ano2000/Edicao316/reciclagem.htm>.

BETINI, Bartira. **Onze mil toneladas de lixo foram retiradas do Tietê desde 2002.** Diário de São Paulo, São Paulo, 2002. Disponível em: <http://www.iace.org.br/manchete02.htm>.

BOCK, Lia. Cadeiras feitas com pneus. São Paulo, 10 abr. 2007. Disponível em: http://www.blogdoplaneta.globolog.com.br/archive_2007_05_08_8.html.

BOLSA DE RECICLAGEM DO SISTEMA FIEP. **Como é o processo de reciclagem de pneus.** Boletim Informativo. Ano I, n.3, JUL/AGO/2001. Disponível em:

<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=residuos/index.php3&c.../pneus.htm>.

BONENTE, Luciana Aires Imbiriba Di Maio, et al. **Transformação de Pneus Inservíveis em dormente ferroviário:** proposta de pesquisa tecnológica. Laboratório de Estudos e Simulação de Sistemas Metro-Ferrovíarios COPPE-UFRJ, 2005. Disponível em: http://www.itcp.coppe.ufrj.br/Dormente_pneus_inserviveis.pdf>

BRAGA, Florindo dos Santos. **Alternativas para o tratamento e destinação final de resíduos oleosos – um enfoque ambiental (estudos preliminares).** Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. [s.l.], [2004?]. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/sibesa6/cxxvii.pdf>.

BRASIL – Ministério do Meio Ambiente, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. **INSTRUÇÃO NORMATIVA N.8**, de 15 de maio de 2002, DOU n.95, seção I, de 20 de maio de 2002, Brasília, DF. In: Base de Dados de Informações Documentárias, 2002. Disponível em: <http://www2.ibama.gov.br>.

BRASIL. Congresso. Senado. **PROJETO DE LEI DO SENADO (PLS) Nº 216/2003** Disponível em: http://www.senado.gov.br/web/senador/valdirraupp/Parecer_ao_PLS21603xCMA.doc.

CANAL DE TRANSPORTES. **Reciclagem vai além dos pneus.** São Paulo, Informe COMPI. Infralog. 10/06/2005. Ano 4, n. 157. Disponível em <http://www.fiescnet.com.br>.

CASTELO, Carla. FERREIRA, Filipe. **Pneus usados:** de problema ambiental a piso de estradas. [s.l.], 2007. Disponível em: <http://sic.sapo.pt/online/blogs/terraalerta?month=052007>.

CIMINO, Marly Alvarez. **Gerenciamento de pneumáticos inservíveis:** análise crítica de procedimentos operacionais e tecnologias para minimização adotadas no território nacional. 2004. Dissertação de Mestrado. UFSCar São Carlos (SP). Disponível em: http://www.btdt.ufscar.br/tde_arquivos/11/TDE-2004-11-24T14:36:19Z-247/Publico/DissMAC.pdf.

CIMINO, Marly Alvarez. ZANTA, Viviana Maria. **Gerenciamento de pneumáticos inservíveis (GPI):** análise crítica de ações institucionais e tecnologias para minimização. Artigo Técnico – Engenharia Sanitária Ambiental. Vol. 10. n.4. out/dez/2005, p.299-306. Disponível em: http://www.artigocientifico.com.br/uploads/artc_1142630549_95.pdf.

DANTAS. Iuri. **OMC deixa Brasil Barrar Pneu Reformado.** Folha de São Paulo: São Paulo, 13 jun. 2007. Caderno Dinheiro, p. B5.

DPASCHOAL passa a fornecer pneus usados para Goóc. Artigo publicado em 07 mar. 2007. Disponível em: www.intellog.com.br/artigosnoticias/go.asp?ID=250516-48k.

GALLACI, Fábio. **As alternativas para a reciclagem de pneus.** Agência Anhanguera. São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.web-resol.org/arquivoNot/Reciclagem%20de%20pneus%20velhos.htm>>.

GOLDENSTEIN, Marcelo. **Panorama Da Indústria De Pneus No Brasil: Ciclo De Investimento, Novos Competidores E A Questão Do Descarte De Pneus Inservíveis.** BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n.25, p. 107-130, mar.2007. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/conhecimento/bnset/set2504.pdf> . Acesso em: mar/2014.

GRANULADO CRIOGÊNICO. *Site* Oficial da Empresa Recipneu. Disponível em: <<http://www.recipneu.com/pt/realizacoes.html>>.

GUTIERRES, Marcelo. **O uso de pneus descartados em aterros reforçados.** Agência USP de Notícias. São Paulo, 20/03/2003 - Boletim nº 1154. Disponível em <http://www.usp.br/agen/bols/2003/rede1154.htm#primdestaq>.

HALLIDAY, Humberto Coelho. **Desafios Logísticos da Coleta e Transporte de Resíduos:** um estudo de caso do Município do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: UFRJ/CPPEAD. Dissertação (Mestrado em Administração).

HANSEN, Carla. **Reciclagem De Pneus Inservíveis.** Associação Nacional das Empresas de Reciclagem de Pneus e Artefatos de Borracha. Abr. 2007. Disponível em: www.maxpressnet.com.br/noticia-printer.asp?TIPO=PA&SQ=260241.

INSTITUTO DE PERMACULTURA E ECOVILAS DA MATA ATLÂNTICA (IPEMA). **Algumas técnicas e materiais alternativos:** materiais reciclados. Brasil. Disponível em: <http://www.ipemabrasil.org.br/ecomateriais.htm>.

KAMIMURA, Eliane. **Potencial dos resíduos de borracha de pneus pela indústria da construção civil.** 2004. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis.

LOJUDICE, Marcelo. **Companhias Investem Para Reciclar Pneus. Valor Econômico.** Jun. 2002. Disponível em: http://www.sebraesc.com.br/novos_destques/Oportunidade.

LORA, Electo Silva. **Prevenção e controle da poluição nos setores energético, industrial e de transporte.** Brasília (DF): ANEEL, 2000.

MARTINS, Haroldo A F. **A Utilização Da Borracha De Pneus Na Pavimentação Asfáltica.** 2004. Trabalho de Conclusão de Curso Universidade Anhembi Morumbi no âmbito do Curso de Engenharia Civil com ênfase Ambiental. São Paulo. Disponível em: http://cursos.anhembi.br/uam/disc/tcc_2004/cd/15%20a%20utilizacao%20da%20borrach.pdf.

MORILHA, Armando Jr. GRECA, Marcos Rogério. **Asfalto Borracha – ECOFLEX.** São Paulo. Ago. 2003. Disponível em http://www.iep.org.br/lit/apostila_asfalto_borracha.doc.

PEREIRA, Lauero Charlet. TOCCHETTO, Marta Regina Lopes. **Resíduos: “É preciso inverter a pirâmide – reduzir a geração”**. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=residuos/index.php3.../residuos.htm>>.

PINHEIRO, Jorge Henrique Magalhães. **Incorporação de borracha de pneu em misturas asfálticas de diferentes granulometrias (Processos Úmidos e Seco)**. 2004. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004. 166 fl. Disponível em <http://www.det.ufc.br/petran/teses/DissertacaoJorgePinheiro2004.pdf>.

PIRELLI. **Pneus, informações técnicas**. Disponível em: <<http://www.pirelli.com.br/pr/pneumatici/infotek/index.htm>>.

PIRELLI. **XAPURI – Iniciativa Permite Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <http://www.pirelli.com.br/web/company/social-responsibility/social/xapuri/default.page>.

PROJETO JOÃO DE BARRO BOM –PLAC. **Três em um: projeto de casas populares com pneus em Santa Cruz do Sul**. Santa Cruz do Sul (RS), Nov. 2002, edição 36. Disponível em: <http://cidadesdaobrasil.com.br/cgicn/news.cgi?cl=099105100097100101098114&arecod=6&newcod=120>.

REVISTA FATOR BRASIL. **Numa boa dos pneus aos pés: Goóc e DPASCHOAL fazem parceria pela sustentabilidade ambiental**. São Paulo, 06 mar. 2007. Disponível em: < http://www.revistafatorbrasil.com.br/ver_noticia.php?not=5937>.

REVISTA JORNAUTO. ANIP Diz Não À Importação De Pneus Usados. Edição 153.Seção Panorama, p. 35. Disponível em:<http://anip.c.../main_content.aspx?scp_id=173&scm=391&sys_menu_id=395&subscm=39>.

SABEDOT, Sydney. **A sustentabilidade dos recursos naturais não-renováveis**. P.107-121. In: PENNA, Rejane (org.). **Conhecimento, sustentabilidade e desenvolvimento regional**. Canoas: Unilasale, 2006.

SALINI, Réus Bortolotto. **Utilização de borracha reciclada de pneus em misturas asfálticas**. Dissertação de Mestrado, 2000, 120 p. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SANDRONI, Mariana. PACHECO, Elen B.A V. **O Destino Dos Pneus Inservíveis**. 2005. Disponível em: < <http://www.niead.ufrj.br/artigoelen.htm>>. Acesso em: mar/2014.

SANTA CATARINA (Estado). **LEI ESTADUAL N.12.375/2002**, de 16 de julho de 2002. Dispõe Sobre A Coleta, O Recolhimento E O Destino Final De Pneus Descartáveis e Adota Outras Providências. **DECRETO LEI N. 6.215**, de 27 de dezembro de 2002. MINISTÉRIO PÚBLICO DE SANTA CATARINA. Disponível em:<<http://ww.mp.sc.gov.br>>.

SETOR RECICLAGEM. **Playground De Pneus.** Disponível em:
<<http://www.setorreciclagem.com.br/modules.php?name=gallery>>..

SUGIMOTO, Luiz. **Tese propõe metodologia para descarte de pneus.** São Paulo, 2004. Jornal da UNICAMP, Edição 244, 15 a 21 mar. 2007. Disponível em:
<http://www.unicamp.br/unicamp_hoje/ju/marco2004/ju244pag11.html>.

Tecnologias utilizadas para a reutilização, reciclagem e valorização energética de pneus no Brasil fontes:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282008000200007
*Cocamar Cooperativa Agroindustrial.

TEIXEIRA, Antonio Carlos. **Lixo ou rejeitos reaproveitáveis?** São Paulo, 2005. Disponível em:
<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=residuos/index.p../lixo_rejetis_o.htm>.

USP NOTÍCIAS. **Pneus São Alternativas Para Recuperar Áreas Degradadas Pela Erosão.** São Paulo, 07 jun. 2005. REVISTA USP NOTÍCIAS. Disponível em:
<http://www.usp.br/agen/repgs/2005/pags/113.htm>..