

III-045 - RECICLAGEM DE PNEUS INSERVÍVEIS: ESTUDO COMPARATIVO DE MÉTODOS E QUANTIFICAÇÃO PARA A CIDADE DO NATAL-RN

Carlos Eduardo Mota Lopes⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Química na Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Bolsista da Base de Pesquisa de Aplicação da Engenharia Ambiental na Preservação de Recursos Naturais no RN e do curso superior de Tecnologia em Meio Ambiente do CEFET - RN

Carlos Enrique de Medeiros Jerônimo

Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Química da UFRN. Engenheiro Químico pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Pesquisador do GPRESOL-RN.

Adrielle Noronha

Aluna do Curso superior de Tecnologia em Meio Ambiente do CEFET-RN.

Gustavo Magalhães Cezar

Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Química da UFRN. Engenheiro Químico pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Pesquisador do GPRESOL-RN.

Aristides Felipe Santiago Júnior

Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Química da UFRN. Engenheiro Químico pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Pesquisador do GPRESOL-RN.

Valeska Gois Oliveira

Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Química da UFRN. Engenheira Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Henio Normando de Souza Melo

Professor do Departamento de Engenharia Química/UFRN. Doutor em Engenharia Ambiental (INSA/Toulouse-França).

Endereço⁽¹⁾: Rua Professor Gerson Dumaresq, 259, Capim Macio. Natal – RN CEP.: 59082-330 - Email: carloosedumota@bol.com.br & henio@eq.ufrn.br

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi quantificar o número de pneus inservíveis descartados mensalmente na cidade do Natal, capital do Rio Grande do Norte, assim como, demonstrar os principais problemas que o acúmulo desse material em locais inadequados acarretam ao meio ambiente e a saúde pública. Subsidiando dados para trabalhos futuros em reciclagem e reaproveitamento industrial. Foi realizado um levantamento em borracharias, locais de comércio de pneus e outros estabelecimentos do ramo de pneumáticos, utilizando-se a metodologia de entrevistas com aplicação de questionário, em amostragem deliberada e sistemática. O resultado obtido foi de 20.449,80 mil pneus descartados mensalmente. Este número foi comparado ao valor resultante do cálculo realizado com base na frota de veículos existente em Natal, em que cerca de 21.808,33 mil pneus, de automóveis e camionetas, são renovadas mensalmente. A diferença observada entre os dois métodos de avaliação - cerca de 6% - situa-se dentro da margem de erro estatístico admissível. Entretanto, sugere-se que parte dessa diferença esteja relacionada aos pneus que são reaproveitados em processos de reciclagem existentes.

PALAVRAS-CHAVE: Pneus, Métodos de Quantificação, Reciclagem e Resíduos Sólidos.



INTRODUÇÃO

A maioria das cidades brasileira enfrenta problemas relacionados à falta de tratamento e de destino adequado para os resíduos sólidos. A utilização de aterros sanitários ainda é muito pequena e na maioria das vezes esses locais não são projetados e operados de forma eficiente. Os pneus representam apenas um dos tipos de resíduos que agravam esta situação, sua baixa compressibilidade e a lenta degradação são de alta avaria nos aterros.

A disposição destes materiais em locais apropriados e de fácil acesso à reciclagem, é a solução mais fácil a curto e médio prazo para minimizar tal problema. Para estes projetos, um dos principais parâmetros a se conhecer é o número de pneus inservíveis que a localidade produz, pois subsidia parâmetros para o dimensionamento das unidades de reaproveitamento, dentre outras vantagens.

Com isso, o presente trabalho objetivou quantificar o número de pneus inservíveis descartado mensalmente na cidade do Natal, capital do Rio Grande do Norte. Assim como, demonstrar os principais problemas que o acúmulo desse material em locais inadequados vem acarretando ao meio ambiente e a saúde pública. Tendo em vista, conferir a estes montantes soluções viáveis para sua redução e reaproveitamento, principalmente na forma de energia para indústrias de cimento, cerâmicas etc.

DADOS GERAIS

Definição de Pneus

A resolução número 258 do CONAMA considera pneus ou pneumáticos “todo artefato, inflamável, constituído basicamente por borracha e material de reforço utilizado para rodagem em veículos”. Como pneu novo a resolução define aquele que nunca foi utilizado para rodagem; como pneu reformado aquele que foi submetido a algum tipo de processo industrial com fim específico de aumentar a sua vida útil de rodagem em meios de transporte e como inservível aquele que não mais presta a processo de reforma.

Composição Química

Inventada em 1839 pelo americano Charles Goodyear, a vulcanização permitiu a obtenção da borracha de alta resistência usada nos pneus dos veículos automotores. A vulcanização é o processo químico destinado a melhorar as propriedades físicas da borracha natural ou sintética. A borracha adquire, assim, maior força tênsil e resistência à dilatação e à abrasão, e torna-se elástica a uma variedade maior de temperatura. A forma mais simples de provocar a vulcanização consiste em aquecer a borracha com enxofre. Modernamente, empregam-se temperaturas entre 140° e 180°C, e acrescentam-se em geral negro-de-fumo e óxido de zinco ao enxofre, que aprimoram a qualidade da borracha.

Segundo Souza (2000) a banda de rodagem é composta de 83% de carbono, 7% de hidrogênio, 2,3% de oxigênio e 6% de cinzas minerais. Além da borracha, os pneus apresentam em sua composição arames de aço, utilizado como estrutura de reforço, e tecido de náilon ou poliéster.

Legislação

O conselho nacional do meio ambiente – CONAMA – através da resolução N^o 258 de 26 de agosto de 1999 no seu ART.1^o determina que as empresas fabricantes e as importadoras de pneus ficam obrigadas a coletar e dar destinação final, ambientalmente adequada, aos pneus inservíveis existentes no território nacional a partir de 2002.

Descarte e Reciclagem de Pneus Inservíveis

O Brasil produz cerca de 40 milhões de pneus por ano (Souza, 2000) – 26,5 de carros de passeio, 3,7 utilitários leves, 3,8 motos e 6,0 milhões de ônibus e caminhões - 20 milhões são comprados todos os anos para substituir os velhos, 15 milhões são reformados anualmente. Algumas estimativas indicam que são gerados 35 milhões de carcaça de pneus anualmente (Fiori, 1998), e que existem mais de 100 milhões abandonados em todo o país, estes geram cerca de 300 mil toneladas de sucata (Sato, 1999). Uma estimativa geral apresenta como 800 milhões de pneus produzidos desde 1939 (Tommasini, 1999). Na Figura 1 é representada a distribuição do número de pneus segundo a classe de veículos e o tipo de operação a qual são submetidos.

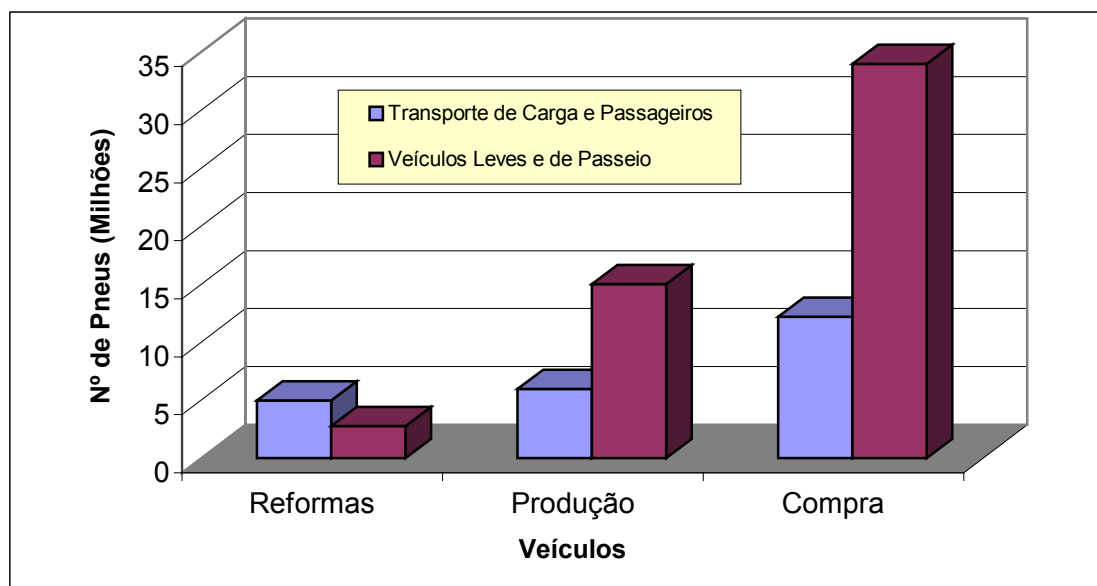


Figura 1 – Número de Pneus Anualmente Consumidos de acordo com o Tipo de Serviço Efetuado.

A maioria dos pneus descartados pode ser facilmente encontrados em: aterros sanitários, lixões, mares, margens de rios, beira de estradas, fundos de vales e terrenos baldios, entre outros locais inadequados, um exemplo disso é ilustrado na Figura 2. Estes tipos de armazenamento podem acarretar problemas ao meio ambiente e a saúde pública, alguns exemplos são:

- Os pneus ocupam muito espaço e são de difícil compactação;
- Tornam o ambiente favorável à reprodução de insetos e roedores;
- Obstruem os canais de rios, causando enchentes;
- A queima a céu aberto gera uma fumaça negra de forte odor e de difícil controle;
- Podem causar acidentes automobilísticos;
- Sua composição química afeta a comunidade aquática;
- Impacto visual;
- Poluem o ar, a água e o solo



Figura 2 – Ilustração da Deposição Inadequada de Pneus ao Meio Ambiente.

Os pneus velhos que não mais servem para uso ainda podem ser reaproveitados por processos de reciclagem, que na maioria das vezes necessita de conhecimentos específicos na área ambiental e de engenharia que bem trabalhados geram lucros, empregos, economia energética e evitam o acúmulo desse material em locais impróprios já referidos. Alguns desses processos são mostrados na Tabela 1 e na Figura 3.

Tabela 1 – Processos de Reciclagem de Pneus Ambientalmente Corretos

RECAUCHUTAGEM	APLICAÇÕES FÍSICAS	APLICAÇÃO QUÍMICA	INCINERAÇÃO CONTROLADA
Prolongar a vida útil do pneu	Asfalto	Tapetes de automóveis	Produção de energia
	Compostagem	Revestimentos de quadras e academias	
	Pára – choque	Cortinas	
	Drenagem de gases em aterros	Borrachas de vedação	
	Produtos artesanais	Botas	
	Recifes artificiais	Solados de sapato	
	Construção civil	Pisos industriais	
	Contenção de margens de rios		
	Quebra – mares		
	Controle de erosão		



Figura 3 – Reaproveitamento de Pneus: Recauchutagem e Ambientação

Os processos de incineração, no entanto, merecem um destaque especial, pois podem ter um papel importante na geração de energia em algumas indústrias, dentre as quais: a de cimento e as cerâmicas, isso devido ao controle dos poluentes gasosos serem mais controlados nos processos produtivos destas atividades. Na indústria do cimento, por exemplo, o resíduo da incineração se mistura ao próprio produto, já tendo um descarte direto. A quantificação do montante de pneus torna-se essencial para o dimensionamento dos fornos, da validação da viabilidade da mudança para o uso de tal material, dentre outros fatores econômicos envolvidos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Na identificação do universo de estabelecimentos existentes em Natal, que atuam no ramo de pneumáticos, utilizou-se o cadastro imobiliário da prefeitura municipal, código: 1.22.007-1 atividade de condicionamento de pneumáticos, de 30/12/2000 e código: 2.10.084-3 atividade de comércio de varejo de pneumáticos e câmaras de ar de 30/12/2000. Além das borracharias existentes na cidade. Nesse levantamento adotou-se entrevista com aplicação de questionário como instrumento para quantificar o descarte de pneus usados. Nas borracharias e demais serviços, os dados foram levantados entre janeiro e setembro de 2001, completou-se o levantamento incluindo os estabelecimentos comerciais.

Procurou-se avaliar quantitativamente os serviços realizados mensalmente, descarte mensal e destino dado aos pneus.

Método Estatístico

A definição da amostragem foi o de escolha sistemática e deliberada, selecionando-se os estabelecimentos que compunham as duas listas dos cadastros e borracharias citadas, segundo regra sistemática. Estas listas

formaram uma única listagem enumerada de 1 a 252. Definiu-se o tamanho da amostra (n) como sendo 30 e o número de estabelecimentos relacionados (N). Para a escolha sistemática dos estabelecimentos avaliados, foi adotado intervalo de três vezes a constante K , sendo K o número inteiro mais próximo de N/n . Assim os estabelecimentos escolhidos corresponderam à seguinte seqüência: $3k, 3k+k, 3k+2k, 3k+3k+\dots+3k+nk$. Quando não foi possível obter os dados do estabelecimento selecionado escolhe-se entre os dois estabelecimentos anteriores, esgotadas essas duas possibilidades, a seqüência adotada foi: $3k+(n+1)k, 3k+(n+2)k, \dots$ Até $3k+(n+5)k$. (Giroldo et al, 2000).

Método Através da Frota de Veículos

Como parâmetro de comparação, adotou-se o cálculo estimativo de descarte de pneus utilizando-se dados da frota de veículos existentes em Natal, fornecidos pelo departamento nacional de trânsito – DETRAN.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Pode-se estimar o descarte mensal de pneus tendo-se conhecimento da frota de veículos e estabelecendo-se o tempo de vida útil médio para os diferentes tipos de pneus. Em levantamento de dados sobre a frota de veículos realizado pelo DETRAN – Departamento de Trânsito da Segurança Pública do Rio Grande do Norte, em Dezembro de 2000 – observou-se que o automóvel (passeio) representava 70,85% dos 164.823 veículos que circulam na cidade de Natal, conforme apresentado na Tabela 2. Somado a camioneta, o percentual sobe para 79,39%. Levando-se em consideração que esses veículos contribuem com a quase totalidade dos pneus descartados devido a sua predominância e a maior dificuldade de reciclagem, pode-se calcular o descarte de pneus a partir das seguintes premissas: A frota de automóvel e camioneta, em Natal, é de 130.850 veículos e a durabilidade média do pneu novo de automóvel e de camioneta é de um ano. Considerando-se a possibilidade de uma recapagem, a durabilidade total do pneu, antes de ser descartado, é de dois anos. Em dois anos, portanto, os 130.850 veículos estariam descartando 523.400 pneus, isto representa um descarte mensal de cerca de 21.808,33 pneus de automóvel e camionetas, no município de Natal.

Tabela 2 - Frota de veículos de Natal-RN

CLASS E	TIPO DE VEÍCULOS	CAPITA L	%
1	AUTOMÓVEL	116.775	70,85
2	CAMIONETA	14.075	8,54
3	CAMIONETE	845	0,51
4	CAMINHÕES	5.955	3,61
5	REBOQUE/SEMI-REBOQUE	2.771	1,68
6	ÔNIBUS/MICRO-ÔNIBUS	2.744	1,66
7	SIDE-CAR	3	0,00
8	MOTOCICLETAS	21.570	13,09
9	MÁQUINAS	81	0,05
10	UTILITÁRIOS	4	0,00
	TOTAL	164.823	100,00

FONTE: Setor de estatística - DETRAN-RN

CAMIONETA: Veículo misto para o transporte de carga e passageiros

CAMIONETE: Veículo de carga para o transporte de peso bruto até 3500Kg

No levantamento físico realizado foi observado que entre os locais relacionados ocorre grande variação na quantidade de pneus descartados, que está relacionada ao tipo de serviço prestado pelos estabelecimentos. As borracharias são mais numerosas e, normalmente, realizam apenas consertos de pneus, que geralmente são prestados pelo proprietário ou por mais um ajudante, o que limita o número de atendimentos e, conseqüentemente, aumenta a quantidade de pneus descartados.

Algumas borracharias e outros estabelecimentos do ramo, como aqueles que fazem o balanceamento de veículos comercializam pneus novos ou recauchutados, mantendo um padrão maior de serviços e de descarte de pneus. Na outra extremidade, estão as grandes lojas de vendas de pneus novos.

As recauchutadoras mantêm um padrão médio de descarte, com raras exceções, pelo fato de selecionarem, previamente, ao comprarem pneus para serem recauchutados. A frequência de descarte de pneus estratificada em 5 classes, Tabela 3, evidencia que a maior parte dos estabelecimentos pesquisados, representados pela classe 1, descarta até 50 Pneus/mês. Um número menor de estabelecimentos descarta entre 50 e 150 Pneus/mês e apenas 3 dos estabelecimentos pesquisados descartam acima de 200 Pneus/mês.

O descarte segue o padrão de distribuição normal, Figura 4, havendo grande concentração de dados no início do histograma de distribuição. Isso explica, em parte, o elevado desvio padrão obtido. Entretanto considerando que a amostragem realizada representou proporcionalmente os estabelecimentos envolvidos com os serviços e venda de pneus, tomaremos a média como medida da tendência central representativa para o cálculo da quantidade de pneus descartada em Natal. Assim, tendo como referência o ano de 2000, e, sendo a média de descarte obtida pela amostragem de 78 estabelecimentos igual a 81,15; os 252 estabelecimentos do ramo de serviços e vendas de pneus descartam mensalmente cerca de 20.449,80 mil pneus. O intervalo de confiança, estabelecido ao nível de 95%, indica que o descarte está numa faixa de valores entre 13.286 e 26.548 pneus/mês.

Tabela 3 – Frequência de descarte de pneus em Natal - RN

CLASSES	DESCARTE	TOTAL
Classe 1	Até 50 pneus/mês	134
Classe 2	De 50 a 80 pneus/mês	77
Classe 3	De 80 a 100 pneus/mês	25
Classe 4	De 100 a 200 pneus/mês	13
Classe 5	Acima de 200 pneus/mês	3

Os pneus descartados são, em sua maior parte, os pneus radiais de automóvel e camionetas, uma vez que os convencionais e os radiais de caminhão estão sendo reaproveitados, total ou parcialmente, na região de Natal. As formas de recuperação e de reciclagem de pneus existentes atualmente na cidade conferem uma dinâmica complexa ao fluxo de vida dos pneus, antes de serem depositados em lixões ou outros locais impróprios, passam por borracharias, balanceadoras, lojas de venda de usados etc. Em qualquer dessas etapas, poderão ser considerados inservíveis, sendo descartados ou reciclados, originando diferentes produtos.

Esta complexidade dificulta uma avaliação precisa do descarte de pneus através de levantamentos nos locais de vendas e serviços. A quantidade de pneus usados, calculada sobre a frota atual de veículos (21.808,33 mil pneus) está bastante próxima do valor obtido através do levantamento feito nos estabelecimentos do ramo (20.449,80 mil pneus). Esta proximidade é ainda maior quando se considera que parte dos pneus novos vendidos no comércio – cerca de 10% - são pneus convencionais, que são reaproveitados através de processos de reciclagem já existentes na cidade. Assim, parte dos 21.808,33 mil pneus novos que estariam sendo descartados mensalmente, poderão estar sendo reaproveitados pelas empresas existentes atualmente, aproximando os valores de descarte obtido pelos dois métodos de avaliação.

Os dados obtidos neste trabalho estão condizentes, em ordem de grandeza, com os apresentados por Jerônimo et al (2001), utilizando um modelo matemático de estimativa linear para o número de pneus inservíveis. Porém, neste modelo matemático a estimativa da taxa de reciclagem de pneus apresentou uma discrepância aos dados reais coletados, pois no modelo esta foi levantada com base na média brasileira de reciclagem de pneus, fato que diverge da realidade Natalense.

CONCLUSÕES

Em Natal, perto de 20.449.80 mil pneus são descartados mensalmente. A maioria em locais impróprios devido a falta de uma coleta específica desse material, assim como a falta de esclarecimento da população sobre os problemas que esses pneus podem acarretar. A estimativa de renovação de pneus é de 21.808,33 mil, se considerarmos apenas os pneus de veículos tipo passeio e utilitários de menor porte. É provável que a



diferença entre esses dois valores seja devido, em parte, às formas de reciclagem e reaproveitamentos existentes, atualmente, para os pneus radiais de automóvel, conforme verificado nos locais pesquisados, dessa forma, há necessidade de buscar soluções para evitar que essa grande quantidade de pneus, mais de 260 mil unidades/ano, continue sendo depositada em locais impróprios, acarretando os mais diversos problemas ambientais e de saúde pública, diminuindo a perspectiva para um desenvolvimento sustentável. Portanto, há que se buscar atividades viáveis para redução e reaproveitamento desse produto, evitando estes problemas que na maioria das vezes são de difícil controle. Dentre esses, o reaproveitamento energético industrial torna-se uma das principais saídas, além disso, com este trabalho tem-se o subsídio básico, que é a disponibilidade de matéria-prima para tal.

BIBLIOGRAFIA

1. DETRAN-RN. (www.detran-rn.com.br).
2. EWARDINGER, M; *Recycling technology: new generation or tire processing*. Biocycle, v.37, n-1, p. 40-2, 1996.
3. FIORI, J. *Petrobrás tira óleo de pneu usado cooperando com o combate a dengue*. Limpeza pública, n-47, p.3-6, 1998.
4. HELZER,SC: s. *Environmental and economical aspect of metal reclaimed front waste tires*. In: International conference recycled. 2 ., 1994.
5. HOLST, O; STENBERG, B; CHRISANSSON, M . *Biotechnological possibilities for waste tire-rubber treatment*. Biodegradation, v.9, n. 3-4, p. 301-310, 1998.
6. JANG, J. W; YOO,T. S; IWASAKI,;. *Discarded tire recycling practices In the united state, Japan and Korea*. Resources conservation and recycling, v.22, p. 1-14, 1998.
7. JERÔNIMO, C. E. M. et al. *Modelo Matemático para Estimativa do Número Acumulado de Pneus Inservíveis: "Simulação para o Estado do Rio Grande do Norte"*. In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Anais (Cd-rom). João Pessoa-PB. 2001.
8. LONGSDON, G.: *Agony and ecstasy of tire recycling*. Biocycle, v.31, n.7, p. 44-45, 1998.
9. MARTINS, F.: *Brasil terá que reciclar pneus em cinco anos*. Gazeta do povo, Curitiba, 28 abril. 1999. P.13.
10. MELO, N.V. *Pneus e o mosquito da dengue*, limpeza pública, n.47,p. 31-32, 1998.
11. SOUZA, F. A. *Utilização de pneus pós-consumo como combustível em fornos de cimento*. RESOTEC. 2000. (www.holdercim.com.br)
12. TORANZOZ, F. I.: *Estatística*. São Paulo: mestre jou, 1969. 381.
13. WAGNER, J.P; CARVALHO, S. *A toxic species emissions front controlled combustion of select rubber and plastic consumer products polymer plastics technology and engineering*.