

III-025 - RECICLAGEM DE ISOLANTES TÉRMICOS PRESENTES EM DEFLETORES DE CALOR AUTOMOTIVOS

João Paulo Moretti ⁽¹⁾

Mestrando em Engenharia Civil e Ambiental pela Unesp e Engenheiro Ambiental pela Unesp-Sorocaba, Coordenador de Meio Ambiente na ElringKlinger do Brasil Ltda

Sandro Donnini Mancini

Engenheiro de Materiais pela Universidade Federal de São Carlos. Mestre em Engenharia de Materiais e Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais, ambos também pela UFSCar. Professor da Universidade Estadual Paulista – Unesp – Campus de Sorocaba.

Endereço⁽¹⁾: Av. Três de Março, 511. Altos da Boa Vista – Sorocaba – São Paulo - CEP: 18087-180 - Brasil - Tel: +55 (15) 3238-3400 - Fax: +55 (15) 3228-2842 - e-mail: engenheiomoretti@gmail.com

RESUMO

Os defletores de calor automotivos são constituídos de uma carcaça de aço aluminizado que envolve um isolante térmico, fisicamente bastante semelhante ao papel, entretanto com uma composição elevada de partes inorgânicas, chegando a cerca de 80% do material seco.

Esses materiais são utilizados para a proteção de vários componentes fundamentais nos veículos presentes em locais de temperaturas extremamente elevadas, tais como o bloco do motor e o sistema de exaustão de gases. Essa proteção garante a integridade de peças vitais, porém sensíveis ao calor, como por exemplo os circuitos eletro-eletrônicos.

Os produtos reciclados demonstraram um comportamento adequado quanto aos testes realizados, demonstrando que podem substituir o material original em suas atuais aplicações de deflação de calor em peças automotivas.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Industriais, Isolantes térmicos, Reciclagem, Defletores de Calor.

INTRODUÇÃO

Os defletores automotivos são componentes fundamentais nos veículos, por possuírem características de deflação do calor presente em locais de temperaturas extremamente elevadas nos veículos, tais como o bloco do motor e o sistema de exaustão de gases. Essas características garantem a integridade de peças vitais, porém sensíveis ao calor, como por exemplo, os circuitos eletro-eletrônicos.

Essa forma de tecnologia também é destinada ao abafamento acústico, sendo também extremamente importante para a estabilidade térmica dos motores, o que se mantém a eficiência de funcionamento. Garante ainda uma significativa redução das emissões, uma vez que se mantém o motor a elevadas temperaturas, garantindo a eficácia na conversão dos gases nos catalisadoras dos veículos, os quais também demandam elevadas temperaturas para seu correto funcionamento.

Considerando a necessidade de redução das emissões, a União Européia reforça os limites de emissões poluentes aplicáveis aos veículos rodoviários ligeiros, basicamente itens que se referem às emissões de materiais particulados e de óxidos de nitrogênio. Essa série de normas possui a sequência nomeada e enumerada pela série EURO, sendo a sua evolução acrescida de um índice, do qual hoje a mais exigente e aplicável ao mercado é a EURO6, tendo como apoio o conjunto de legislações destinado à comunidade européia (CE n.º 595/2009).

A tecnologia denominada Elrotherm® desenvolvida pelo fabricante ElringKlinger divide-se em várias linhas de produtos, destinadas a diversos níveis de aplicações e de exigência de mercado. A finalidade desse trabalho se aplica a reciclagem do material isolante térmico existente no modelo específico Elrotherm® ML, o qual garante uma deflação efetiva que chega a 93% de eficiência, chegando a temperaturas de trabalho acima de 1100° C. A Figura 1 apresenta modelo esquemático do defletor de calor comentado.

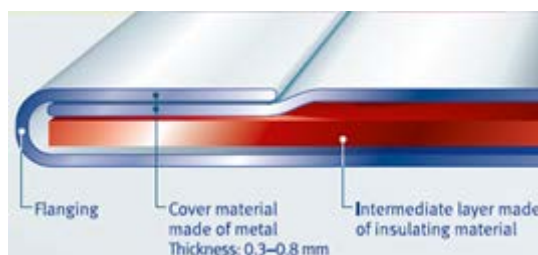


Figura 01: Representação da composição do defletor de calor, modelo Elrotherm® ML (Elrotherm® Shielding Systems, 2010).

As características de deflação de calor desse tipo de tecnologia consistem basicamente na combinação de suas estruturas, sendo que o modelo considerado para esse trabalho é constituído de duas camadas metálicas, fabricadas em aço aluminizado. Observa-se pela Figura 1 que, dentro dessa estrutura metálica, localiza-se um material cuja a trabalhabilidade é semelhante a do papel.

A Figura 2 demonstra as características de isolamento térmico do material Elrotherm® ML. Nota-se que as curvas representam dois tipos de material, sendo um deles o Elrotherm ML®, responsável por uma melhor deflação de calor e o outro material o Elrotherm SL®, destinado comumente para abafamento acústico. O início das curvas, à esquerda do gráfico, representa a temperatura na superfície aquecida, enquanto que ao evoluir para a direita representa a redução de temperatura. No eixo vertical encontra-se o distanciamento em milímetros da fonte, demonstrando que em aproximadamente 15mm é adicionado o defletor de calor, gerando um grande diferencial de temperatura.

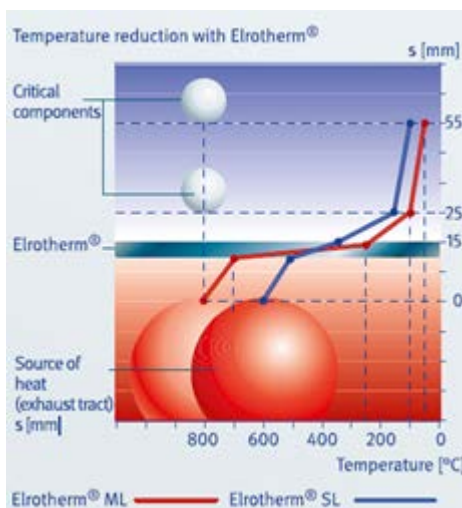


Figura 02: Isolação térmica realizada pelo material Elrotherm® ML em comparação a outra tecnologia Elrotherm do fabricante ElringKlinger (Elrotherm® Shielding Systems, 2010).

O objetivo deste trabalho foi o de apresentar estudos sobre a reciclagem do material isolante dos defletores de calor. Uma quantidade relativamente grande de resíduos sem qualquer tipo de uso são gerados do recorte de bobinas, gerando um desperdício da ordem de 30%, sendo normalmente dispostos em aterros de resíduos classe II-a, conhecidos como não inertes.

O desenvolvimento da reciclagem na indústria

Geralmente as pesquisas sobre a reciclagem de resíduos são limitadas para o desenvolvimento técnico e numa tendência mais atualizada, considerando e analisando os impactos ambientais dos processos. Todavia, os desenvolvimentos da reciclagem dos materiais são assumidos e assegurados caso, gere além dos objetivos ambientais esperados, benefícios sociais, tais como a movimentação da economia, geração de empregos, redução do volume utilizado em aterros, minimização das possibilidades de ocorrência de impactos ambientais e que considerem a saúde da população. A redução dos custos durante a gestão de resíduos e a geração de receita através do desenvolvimento do material reciclado é geralmente o argumento principal para incentivar os investimentos e trabalhos sobre o tema (JOHN&ÂNGULO, 2009)

O histórico da geração de resíduos por unidade de tempo, geralmente presentes nos indicadores industriais, são de extrema relevância para verificar uma necessidade possível de estrutura para o desenvolvimento dos projetos de reciclagem, a escala de produção a ser assumida e a possibilidade de crescimento da geração de resíduos durante o processo e as variações da produção (SANTOS, 2005).

Quando a geração de resíduos para um possível desenvolvimento é baixa, as possibilidades de negociações e desenvolvimento de processos se limitam pelo baixo retorno financeiro e pela necessidade de longo prazo armazenamento de uma dada batelada de produção do material reciclado. Entretanto, há também uma saída estratégica como agregados ou constituintes de compósitos, dos quais sempre vão necessitar de uma carga pequena de material, sendo que resultará num produto final oriundo de diversos resíduos em quantidades pequenas. Exemplos desses materiais são os compósitos de cimento com cinzas de alto-fornos, resíduos de borracha incorporados dentro de concreto, painéis de agregados de resíduos, plásticos com inclusão de fibras de diversos tipos de resíduos, conhecidos também como “madeira plástica”, etc. (NEWELL, 1998).

Os balanços de massa são fatores extremamente importantes a serem considerados, uma vez que podem existir diversos interferentes nos resíduos, tais como água, outros resíduos misturados, contaminantes dos processos, etc. A geração de resíduos em relação à produção pode ser uma alternativa segura para indicadores ambientais de resíduos, uma vez que se possuem valores possíveis de validação com a produção da empresa, bem como, uma forma segura de gerar estimativas através do cálculo de produção mensal, conhecido comumente também como *Forecast* (ROLDAN, 2004).

Os custos relativos à geração de resíduos e a economia na redução do consumo de matérias-primas formam uma soma de valores que auxilia para a proposição dos projetos de melhoria e demonstração de viabilidade dos itens propostos, obtendo fácil aprovação dos responsáveis da empresa, uma vez que o assunto meio ambiente na companhia torna-se sinônimo de lucros para a empresa.

De acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA, 2011), significativa parcela das empresas de um modo geral não possui os sistemas de contabilidade que beneficiem esse tipo de avaliação, o que dificulta em muito a tomada de decisão para a aprovação de diversos projetos ambientais lucrativos. Ainda de acordo com essa instituição, os custos ambientais podem chegar até a 20% dos custos totais e geralmente estão alocados em outros departamentos.

Diversos são os custos e lucros que não são computados devido a sua difícil contabilização. Esses valores geralmente são caracterizados dentro das licenças ambientais necessárias para o início dos processos ambientais de envio de resíduos, para a construção e operação de suas plantas, além de custos que interferem na imagem da empresa como ambientalmente ineficiente, tais como notícias jornalísticas que denunciam atividades irregulares realizadas pela empresa e propagandas negativas feita pela população da comunidade onde a empresa está instalada (TUKKER, 1994).

MATERIAIS E MÉTODOS

Dada a semelhança física do isolante térmico com o papel, buscou-se um processo de reciclagem semelhante ao da reciclagem de aparas de papéis. Foram utilizados pulper para desagregar o material em presença de água, telas para espalhamento do papel desagregado, forno de secagem e prensa hidráulica de 100 toneladas. Um esquema do processo está apresentado na Figura 3.

O pulper possuiu a função de desagregar o material em água até chegar ao ponto de se obter suas fibras em uma massa homogênea com e outros materiais existentes no papel. Essa massa foi disposta sobre uma tela de malha em nylon com 10 fios por centímetro quadrado, nas dimensões de 100cm X 40cm, já imersa em um tanque de água, o que auxiliava na disposição uniforme das fibras.

Retirou-se as telas do tanque de imersão com cuidado para que não houvesse movimentação das massas e assim determinando uma má formação do papel. Colocou-se as telas em um forno industrial durante 24h, a temperatura de 65°C até que houvesse sua secagem a 12% de umidade, com uma espessura aproximada de 1,6mm.

Após a secagem, desenformou-se os quadros, separou-se as folhas e estas foram submetidas à prensagem em prensa hidráulica de 100toneladas. Em uma folha específica realizou-se uma prensagem, em outra duas prensagens e outra folha, prensou-se quatro vezes, gerando um total de sete amostras com as características repetidas.

As folhas foram levadas para a prensa de corte e obteve-se o interior do defletor reciclado, destinando então às prensas de fechamento para a obtenção dos “Sanduíches” com o invólucro de aço e para as posteriores conformações.



Figura 03: Esquema representativo do processo de reciclagem de isolantes térmicos. Em (a) a representação de aparas de resíduos de isolante térmico, em (b) o pulper, (c) as telas para a disposição das fibras, (d) caixa com água para a melhor ordenação das fibras, (e) forno de secagem das telas, (f) material obtido, (g) prensagem, (h) recorte do material e em (i) o material retorna para o processo produtivo, ou seja, para o preenchimento de defletores de calor (j).

Realizadas as produções dos materiais, estes foram destinados para testes comumente realizados para o controle de qualidade de isoladores térmicos para defletores de calor, uma vez que se buscava para o reciclado a aplicação original. Os testes especificados pela norma interna da empresa são de espessura, densidade, compressibilidade, retorno, perda de massa por ignição e resistência mecânica por tração, sendo repetidas as análises compressibilidade, retorno e resistência a tração após 22 horas a 200°C e, obviamente, a análise de isolamento térmica. Foram medidas as propriedades das amostras: isolante original virgem (para comparação), isolante reciclado sem a etapa de prensagem, isolante reciclado prensado uma vez, isolante reciclado prensado duas vezes e isolante reciclado prensado quatro vezes. Os materiais reciclados que forneceram os melhores resultados em comparação com o original foram submetidos, juntamente com o isolante original, ao ensaio de isolamento térmica.

O teste de isolamento térmica foi realizado em equipamento desenvolvido e pela ElringKlinger da Alemanha, não existindo marca comercial desse produto. Este consiste de irradiadores de infravermelho que irão aquecer uma câmara que contém tanto a amostra quanto uma chapa de aço aluminizado adjacente à amostra. Termopares são alocados de modo a medir a exata temperatura próxima à irradiação e logo após a chapa metálica, de modo a verificar a eficiência do isolamento. A Figura 04 apresenta um esquema do ensaio de isolamento térmica, que foi elevado até aproximadamente a temperatura de 800°C.

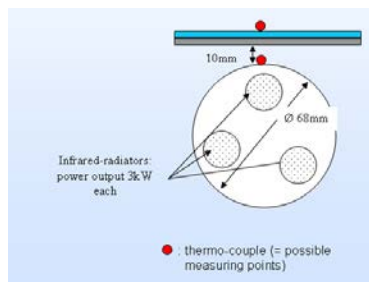


Figura 04: Esboço do sistema de aquecimento e alocação do termo-pares para o teste de isolamento térmica.

A determinação de compressibilidade e retorno do material foi realizada de acordo com a norma *Standard Test Method for Compressibility and Recovery of Gasket Materials*, (ASTM F-36, item K, 2003). Tal teste consiste em avaliar a capacidade de adaptação à conformação do material após solicitações de pressão e sua capacidade de recuperação após a prensagem sofrida.

Para a determinação da densidade do material, ou também denominada de densidade aparente, tomou-se como guia a norma *Statisk gaskets for flange connections – Part 2: Gaskets Made from Sheets* (DIN28090-2, 1995) a qual sugere a obtenção de um retalho de material com as dimensões de 100mmx100mm multiplicada pela espessura do material. A massa desse retalho, obtida após a secagem por duas horas a 60°C deve ser dividida pelo resultado da multiplicação entre as dimensões do material, sendo espessura, comprimento e largura.

Quanto a determinação da força máxima admissível de tração do material foi realizado de acordo com a norma *Standard Test Methods for Tension Testing of Nonmetallic Gasket Materials*, (ASTM F 152, 1995) onde se exerceu tração em amostras de dimensões de 25mm de largura, comprimento de 152mm e comprimento entre ferramentas de tração com a distância de 102mm numa máquina de tração, marca ZWICK/ ROELL, modelo ZMART PRO, onde foi obtida a força máxima de ruptura. O resultado esperado é a tensão exercida no material a qual se obtém através da divisão da tração máxima pela área da secção transversal do material em seu ponto de ruptura.

A norma DIN52911 *Ignition Loss* (DIN 52911, 2008) sugere para a determinação de perda por ignição aquecer uma quantidade conhecida de amostra a 600°C, durante o período de uma hora. Passado esse tempo, o material deve ser retirado e disposto para esfriar em um desidratador por um período de aproximadamente trinta minutos. As amostras devem ser medidas previamente, anotando-se suas três dimensões e calculando-se o volume. Pese antes do aquecimento o cadinho de forno, o qual em conjunto com a amostra, será levado a mufla, quando a temperatura do mesmo estiver estabilizada a 600°C.

A análise termogravimétrica se embasa na mudança de massa de uma substância conforme aquecida em função do tempo. Essa técnica é comumente empregada para a análise de polímeros e compósitos, para verificar o comportamento da substância ao longo do seu aquecimento e uma noção básica de sua composição devido a faixas de queima dos constituintes das amostras. A forma analítica utilizada foi basicamente o aquecimento gradual a uma taxa de 10°C/minuto em uma atmosfera inerte preenchida por gás nitrogênio. Após a estabilização da curva, libera-se a entrada de ar com oxigênio, o que determina a finalização da oxidação das amostras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 05 apresenta as curvas termogravimétricas para os materiais testados e demonstram grande semelhança com a do material original. A Tabela 1 apresenta parâmetros das curvas termogravimétricas obtidos para os materiais analisados.

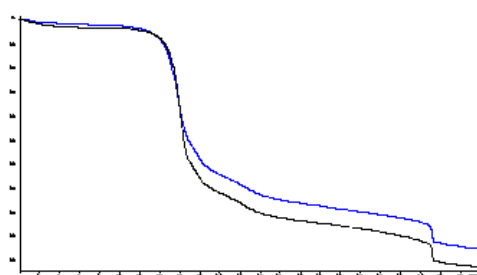


Figura 05: Curva termogravimétrica comparativa. A curva preta representa o material reciclado manualmente, enquanto a curva azul, o material original utilizado na planta brasileira.

Tabela 01: Tabela de comparação das etapas ocorridas durante a realização do ensaio termogravimétrico do material.

Faixa de Temperatura	Unidade	Classificação	Reciclado Manual	Original
35- 400°C em N ₂	%	Pequena quantidade de H ₂ O e fibras celulósicas	12,2	10,1
	°C		367	351
400-450°C em N ₂	%	Aditivo ou resina	2,2	3,4
	°C		400	374
450-800°C em N ₂	%	Resina de silicone?	3,8	3
	°C		497	513
Atmosfera de N ₂	%	Porcentagem pirolisada	81,7	83,4
A 800°C				
800-950°C	%	Porcentagem oxidada	2,2	2,5
Atmosfera acima de 950°C	%	Fibras inorgânicas, Impregnação	79,5	81,2

A Tabela 1 apresenta uma breve comparação entre o material reciclado manualmente e o material original utilizado no Brasil. O comportamento da degradação térmica do material reciclado ocorre de forma semelhante ao que ocorre com o material original. Conforme já comentado (Materiais e Métodos) até 800°C utilizou-se atmosfera de nitrogênio (N₂). Acima dessa temperatura, utilizou-se atmosfera ambiente para a finalização da oxidação da fração orgânica. Observam-se comportamentos térmicos bastante similares entre o original e o reciclado, com percentuais bastante próximos, atingindo cerca de 20% de perda de massa até 800°C (provavelmente orgânicos), sendo o restante estável mesmo acima de 950°C, o que caracteriza um alto teor de material inorgânico. Além de corroborar o comportamento térmico do material reciclado em comparação com o original, outro resultado interessante deste ensaio é o baixo teor de componentes orgânicos. O fato do resíduo do material original (assim como do virgem) ter conteúdo inorgânico de cerca de 80% não o credencia para uma queima com vistas à obtenção de energia, o que reforça ainda mais a necessidade da reciclagem aqui proposta.

As Figuras 06 a 09 apresentam os resultados dos ensaios de determinação de espessura, densidade, resistência à tração na ruptura após aquecimento a 100°C por 4 horas, resistência à tração na ruptura após aquecimento a 200°C por 22 horas e perda de massa por ignição, compressibilidade e retorno ocorridos no material. Nos gráficos também são apresentados, quando aplicava os limites mínimo e/ou máximo considerado pela empresa fabricante.

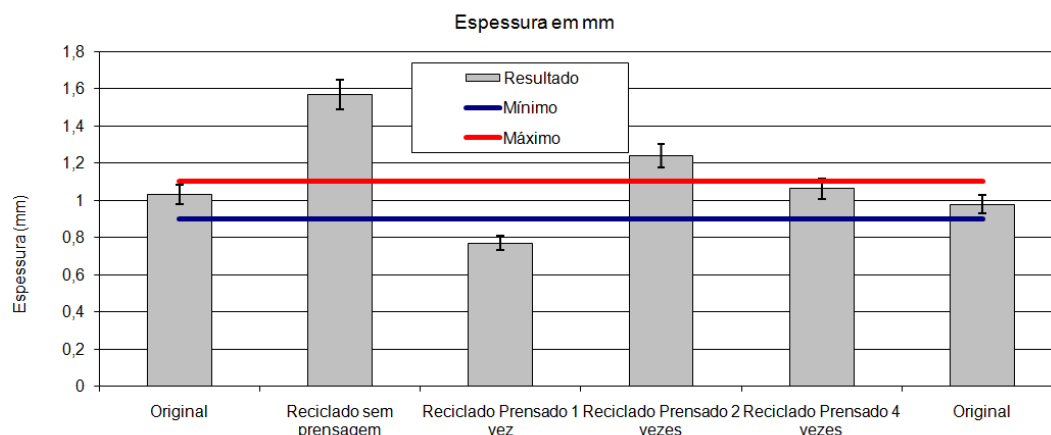


Figura06: Resultados das espessuras dos materiais avaliados e dos limites mínimo e máximo determinados por normalização interna do fabricante.

Através da Figura 06 pode-se notar que a espessura foi respeitada pelo material prensado por quatro vezes, entretanto a sua densidade aumenta significativamente, como pode ser notado no gráfico abaixo.

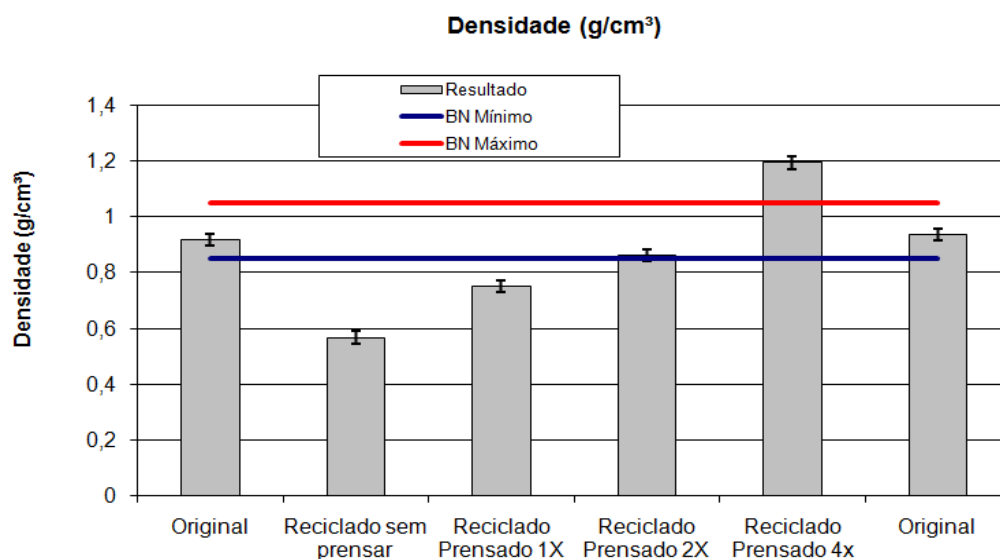


Figura 07: Densidades obtidas para cada processamento dos materiais e dos limites mínimo e máximo determinados por normalização interna do fabricante (BN)

O melhor resultado obtido para a densidade foi referente ao material reciclado manualmente e prensado por duas vezes, entretanto a espessura desse material não atendeu aos limites expostos pela norma do fabricante. Contudo a espessura pode ser atendida com modificações nos processos que assegurem a uma retirada mais cautelosa dos materiais dos equipamentos de produção.

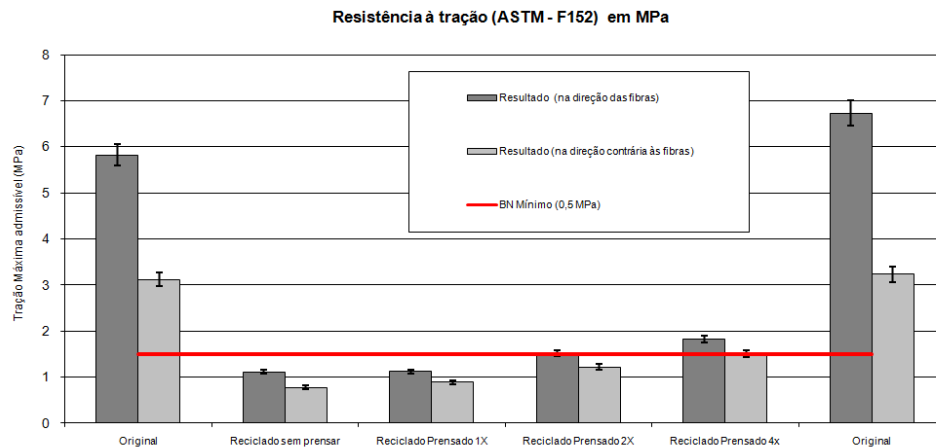


Figura 08: Resistência à tração na ruptura admitida pelos materiais após aquecimento a 100°C por 4 horas e o limite mínimo determinado por normalização interna do fabricante.

Para essa grandeza o material reciclado e prensado por quatro vezes demonstrou resistência acima do limite mínimo exposto, enquanto que o material prensado duas vezes demonstrou resistência próxima ao limite.

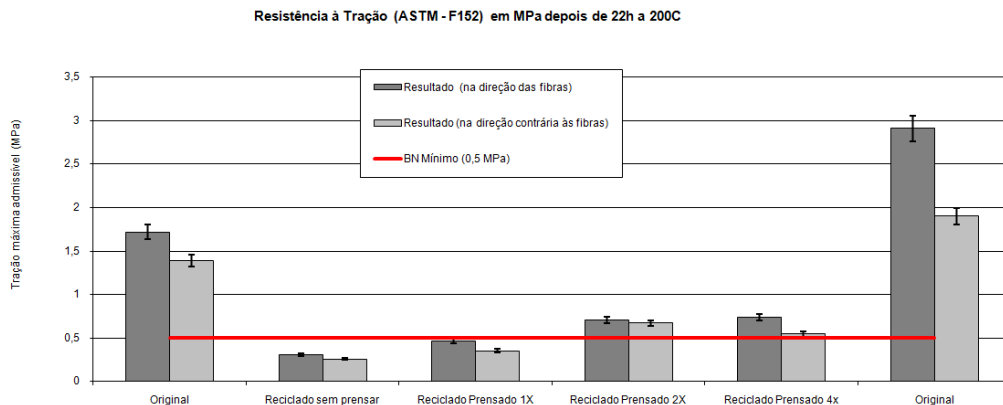


Figura 09: Resistência à tração na ruptura dos materiais após o aquecimento a 200°C durante 22 horas e o limite mínimo determinado por normalização interna do fabricante.

Após o longo período de aquecimento do material, nota-se uma redução significativa na resistência a tração do material, inclusive o limite mínimo reduz de 1,5MPa para 0,5MPa, entretanto, no limite do resultado, o material reciclado prensado 2 e 4 vezes demonstraram resistência superior a tração solicitada como limite mínimo do teste.

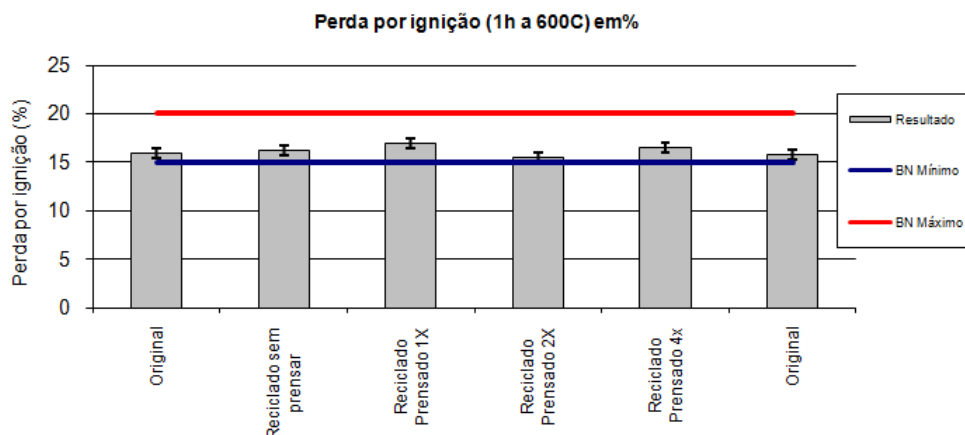


Figura 10: Perda de massa por ignição durante a queima a 600°C durante uma hora.

Para a análise de perda por ignição os resultados se apresentaram bastante parecidos, sendo outro indício de que o material não perde significativamente seus constituintes.

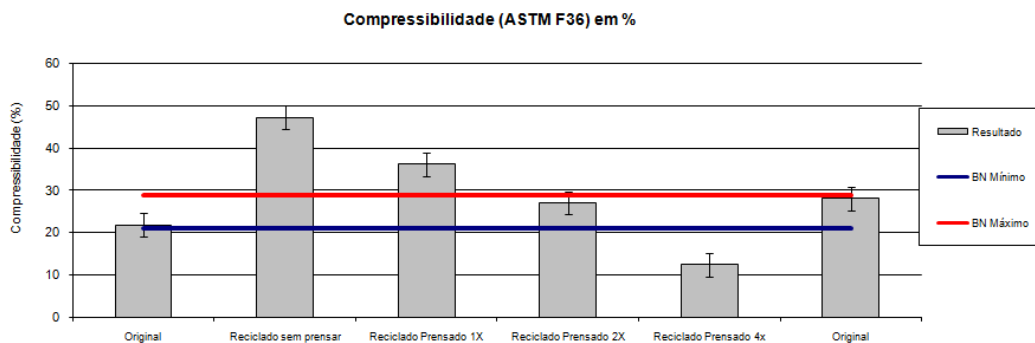


Figura 11: Compressibilidade medida em acordo com a norma ASTM F36, item K.

Em relação ao teste de compressibilidade pode-se notar que o mesmo tem um aumento significativo da resistência a penetração do material. Quanto maior a quantidade de vezes prensado, mais resistente o mesmo se apresenta a pressão, porém dentro dos valores expostos como limite pelo fabricante, somente o material prensado por duas vezes apresentou resultados positivos.

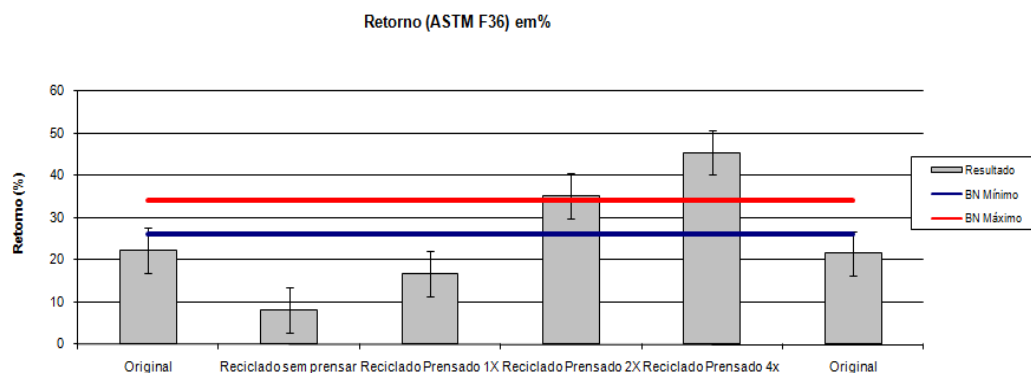


Figura 12: Retorno medido em acordo com a norma ASTM F36, item K.

A grandeza retorno representa um conceito contrário ao da compressibilidade, aumentando o retorno proporcionalmente a quantidade de vezes em que é prensado.

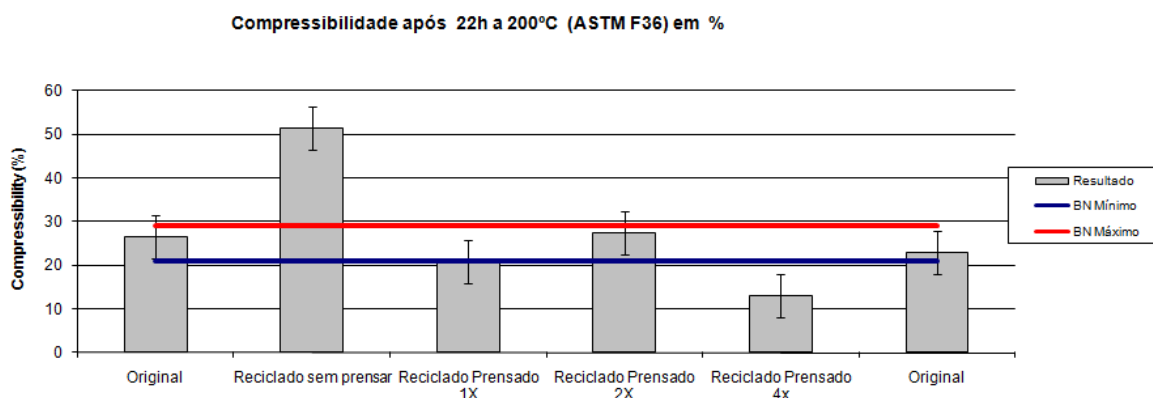


Figura 13: Compressibilidade medida após 22horas a 200°C.

A compressibilidade após vinte e duas horas a duzentos graus Celsius apresentou bom resultado também para o material prensado duas vezes.

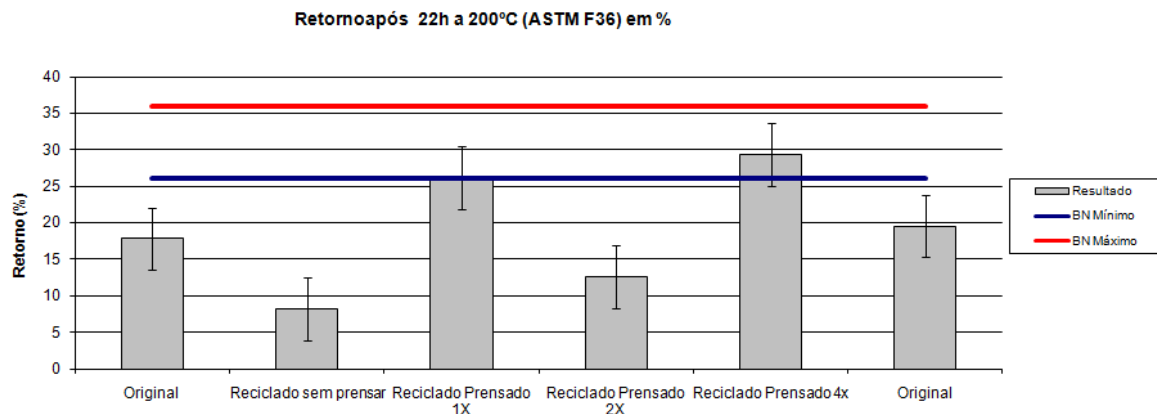


Figura 14: Retorno medido após 22 horas a 200°C.

Quanto ao retorno após vinte e duas horas a duzentos graus Celsius, o mesmo somente apresentou resultados positivos para o material prensado quatro vezes, ou para o limite máximo do erro no caso do material prensado uma vez. Entretanto, ao analisar o comportamento dos materiais originais, os mesmos se caracterizaram abaixo do limite mínimo exposto pelo fabricante e comparando ao prensado duas vezes, nota-se que o comportamento mais próximo aos materiais originais entre os reciclados, foi o prensado duas vezes.

Pode ser observado pelos gráficos de 6 a 15 que o material reciclado que melhor obedeceu aos limites do controle de qualidade da empresa fabricante de isolantes para defletores de calor é o material reciclado e prensado duas vezes. Entretanto a espessura não foi obtida de acordo com o solicitado por não se obter resistência suficiente para a sua retirada das telas enquanto úmido. Amostras desse material foram então submetidas a ensaio de isolamento térmico, junto de uma amostra de material original, cujos resultados são apresentados no gráfico abaixo.

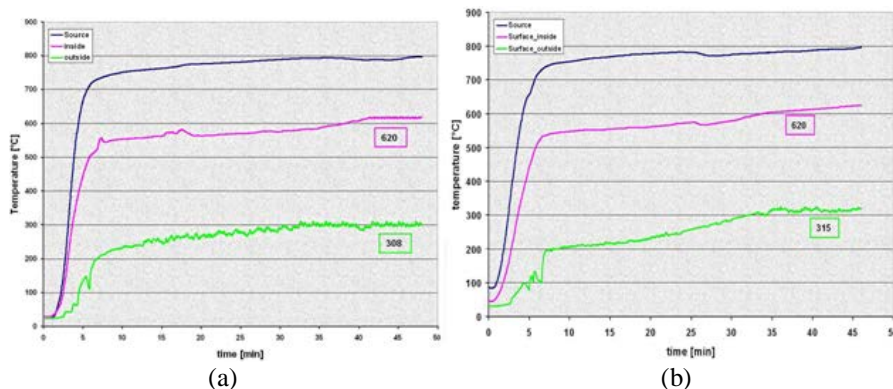


Figura 15: Curvas de aquecimento e de isolamento térmica (a) do material original e (b) do material reciclado manualmente. A linha em azul representa o aquecimento da fonte, a linha rosa representa a temperatura de superfície interna do defletor e a verde é referente a temperatura da superfície externa do defletor, ou seja, a temperatura após a deflação do calor.

Observa-se pelos gráficos dispostos em na figura acima, que tanto o material original quanto o reciclado foram extremamente efetivos em isolar uma fonte de calor de 800°C, pois as temperaturas máximas alcançadas foram de 308°C, material original, e 315°C no material reciclado manualmente. A pequena diferença na temperatura máxima alcançada pelos materiais é insignificante, principalmente ao se considerar que o material reciclado, ao menos graficamente, apresentou um comportamento melhor que o original em tempos intermediários de aquecimento.

CONCLUSÕES

O presente trabalho demonstrou de maneira simples a possibilidade de se obter um produto semelhante ao original a partir de aparas de isolante térmico que outrora seriam descartadas. O sistema de reciclagem deve ser aperfeiçoado e mecanizado em parte, o que vai diminuir influências externas e deve aumentar a reprodutibilidade dos resultados.

Referente aos parâmetros característicos do material, tais como espessura, densidade, resistência a tração, perda por ignição, compressibilidade e retorno, salvaguardando as comparações com as amostras dos materiais originais de lotes diferentes, o que melhor respondeu aos ensaios foi o material reciclado prensado por duas vezes.

Este mesmo material foi destinado aos ensaios de isolamento térmico e termogravimétrico, onde demonstrou resultados positivos quanto à capacidade de deflação de calor e no comportamento do material conforme a evolução da temperatura, comprovando a garantia da funcionalidade do material após sua reciclagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. American Society for Testing and Materials - ASTM F 152-95, Standard Test Methods for Tension Testing of Nonmetallic Gasket Materials, 1995.
2. American Society for Testing and Materials - ASTM F-36, item K, Standard Test Method for Compressibility and Recovery of Gasket Materials, 2003.
3. Deutsches Institut für Normung - DIN52911 Ignition Loss, 2008.
4. Deutsches Institut für Normung: DIN 28090-2, Statisk gaskets for flange connections – Part 2: Gaskets Made from Sheets, 1995.
5. Elrotherm® Shielding Systems. Thermal and Acoustic Protection for Engine and Unnderbody. <http://www.elringklinger.de/sites/default/files/katalog-abschirmsysteme-201009-en.pdf>. Acessado em 10/05/2011
6. ENVIRONMENTAL PROTECT AGENCY, 2011; disponível em: <http://www.epa.gov/aboutepa/ocfo.html> Acessado em 10/05/2011.
7. JOHN, V.M.; ÂNGULO, S.C. Metodologia para desenvolvimento de reciclagem de resíduos. Coletânea Habitare - vol. 4 - Utilização de Resíduos na Construção Habitacional, 2004.
8. NEWELL, Samuel A.; FIELD, Frank R. Explicit accounting methods for recycling in LCI, Resources, Conservation and Recycling, v. 22, Issues 1-2, p. 31-45, Mar. 1998.
9. ROLDAN, F.; MIYAKE, D.I. Mudanças de forecast na indústria automobilística: iniciativas para a estruturação dos processos de tomada de decisão e processamento da informação. Gest. Prod. [online]. vol.11, n.3, pp. 413-427. ISSN 0104-530X, 2004.
10. Regulamento da Comunidade Européia, (CE) n.º 595/2009; disponível em: http://europa.eu/legislation_summaries/environment/air_pollution/l28186_pt.htm. Acessado em 10/05/2011
11. TUKKER, A.; GIELEN, D. J. A concept for the environmental evaluation of waste management benefits. In: GOUMANS, J. J.; VAN DER SLOOT, H. A.; AALBERS, G. (Ed.). Environmental Aspects of Construction with Waste Materials. London: Elsevier, 1994.
12. SANTOS, C. Prevenção à Poluição Industrial: Identificação de Oportunidades, Análise dos Benefícios e Barreiras. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.