

# **DESENVOLVIMENTO DE UM COMPÓSITO DE RESÍDUO DE INDUSTRIAL E CAP PARA REPARO EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS UTILIZANDO AQUECIMENTO POR MICRO-ONDAS**

MARÍLIA BRYKALSKI<sup>1</sup>; LEONARDO ANDRADE COSTA<sup>1</sup>; MONICA REGINA GARCEZ<sup>2</sup>; ANTONIO SHIGUEAKI TAKIMI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – marilia.bry@gmail.com

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – leoancosta@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul - garcez.mr@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul - antonio.takimi@gmail.com

## **1. INTRODUÇÃO**

A alta produção, aliado ao progresso tecnológico, é apontado como uma das razões para o aumento da poluição. No entanto, o avanço tecnológico pode se tornar um agente defensor para o crescimento sustentável, aplicando-se soluções científicas e inovadoras. Existem inúmeras oportunidades que podem ser criados para desenvolver soluções úteis e necessárias de forma sustentável também ao meio ambiente. Estas oportunidades podem incluir o desenvolvimento de novos produtos, o uso de novas tecnologias e funções em diferentes áreas. (GORE, 2006)

Há mais de um século, o asfalto tem sido utilizado como revestimento para pavimentos flexíveis. No entanto, nas últimas décadas, a estrutura das estradas construídas com asfalto convencional se deteriorou mais rápido do que o esperado. Entre os motivos estão o aumento do tráfego, a quantidade de carga transportada por caminhão e eixo, ou ainda, um problema muito rotineiro, a manutenção ineficiente, sem preparação adequada ou materiais resistentes. (NETO, PARDINI, 2006) O processo comum e mais usual é o de depositar a mistura de asfalto, sem a adequada retirada de água acumulada ou materiais que impeçam a fixação no local de reparo. Em seguida realiza-se o mesmo processo para o próximo buraco, sem se preocupar com a real fixação do material depositado. Ressalta-se a baixa durabilidade, uma vez que é relatado que possivelmente será necessário fazer novamente o reparo nos mesmos buracos muito em breve (NEGRÃO, 2006).

O asfalto modificado por meio da incorporação de outros materiais, podendo ocorrer através de processos mecânicos ou por misturas envolvendo reação química, tornam possível o aprimoramento das características do asfalto, transformando-se em um composto com propriedades melhores que o asfalto original. Quando o compósito é elaborado a partir de resíduos de indústrias, o qual seria somente descartado em aterros, sem utilidade, o compósito se torna também um atrativo para o meio ambiente, devido ao fator de sustentabilidade. (NEGRÃO, 2006)

O resíduo proveniente do processo de retífica de uma indústria do ramo da cutelaria, pode se tornar uma atrativa matéria-prima para aplicação em recuperação de pavimentos na forma reparos cicatrizantes. O material aqui estudado, composto em maior parte por limalha de aço carbono, quando incorporado ao cimento asfáltico de petróleo e submetido à radiação por micro-ondas, pode ser aquecida até alta temperatura, gerando um pavimento capaz de cicatrizar pequenas trincas e ser recuperada *in-situ*.

## 2. METODOLOGIA

A fim de verificar as características estruturais, comportamento térmico e morfologia dos resíduos, foram usadas as seguintes técnicas de caracterização: difração de raios X, fluorescência de raios X, microscopia eletrônica de varredura (SEM) e análise térmica (TGA). Devido ao ponto de fulgor do betume iniciar em 235°C, as amostras com esse material foram avaliadas até 200°C. Essa temperatura está dentro da faixa permitida pelo EAPA – *European Asphalt Pavement Association* - o qual prevê que as misturas betuminosas podem ocorrer de 120°C a 190°C. O resíduo é tratado previamente através de secagem em estufa por 24 horas a 100°C e desaglomerado primeiramente na peneira de 40 mesh e em seguida em 100 mesh. A mistura do compósito formado por resíduo e betume foi realizada de modo manual, sendo fracionado em amostras de 50 gramas de betume em 0, 5, 10, 15, 20, 25 e 30% de resíduo para cada amostra de compósito.

Para estudar o comportamento das amostras através de aquecimento por microondas, foi utilizado um aparelho de micro-ondas doméstico, onde as medições de temperatura das amostras foram realizadas sequencialmente a cada 10 segundos, em um tempo total de ensaio de 60 segundos. Em todos os casos, foi utilizada potência máxima (1,2 KW) para o aquecimento das amostras, as medidas de temperatura foram feitas com um termômetro por infravermelho. O betume utilizado para formar o composto com o resíduo é Cimento Asfáltico de Petróleo - CAP, tipo 50/70. Para verificar a alteração da viscosidade em função da temperatura foi utilizado um viscosímetro rotacional Brookfield. Para este teste foi escolhida a amostra com 15% de resíduo, conforme resultado mais promissor verificado no aquecimento por micro-ondas.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O difratograma da Figura 1 mostra um único pico de difração de raios-x aproximadamente em 45°, sendo este relacionado com a família dos planos (110) da estrutura Cúbica de Corpo Centrado do Fe.

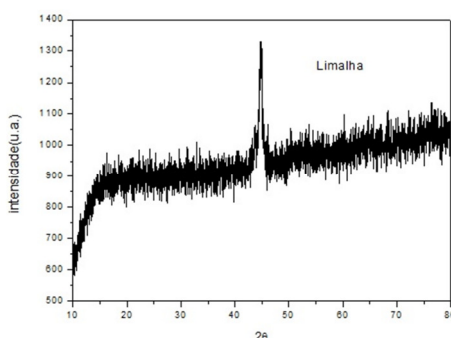


Figura 1 :Difração de Raio-X da limalha de aço carbono

A tabela 1 mostra que o ferro é o material predominante como o principal componente do resíduo estudado, e o Al sendo proveniente do material abrasivo utilizado no processo.

Tabela 1: Análise EDX do resíduo estudado

Resultados Quantitativos	
Fe	85,87%
Al	13,23%
Mn	0,60%
Cr	0,60%
Ca	0,08%

Na análise termogravimétrica até 200 °C, observou-se que, independente da adição do resíduo ao betume, não há variação de massa detectável até a temperatura do ensaio, como mostra a Figura 2 (a) e (b). Já para a amostra do resíduo em pó, verificou-se considerável acréscimo de massa em temperaturas superiores a 400 °C devido à oxidação do Fe acima dessa temperatura, conforme ilustra a Figuras 2 (c).

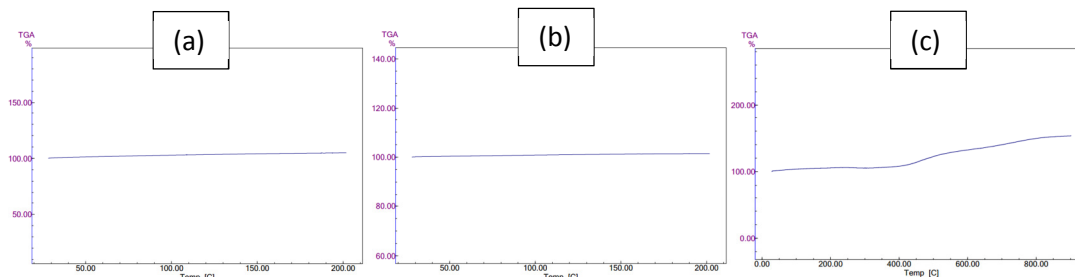


Figura 2: Análise TGA: betume sem resíduo (a); betume com resíduo (b) e somente resíduo (c)

A morfologia das partículas do resíduo apresenta-se na forma de filamentos com diâmetros e comprimento variados devido a sua origem (processo de retífica de metais). A morfologia superficial das partículas pode ser melhor visualizada na Figura 2 (a) e (b).

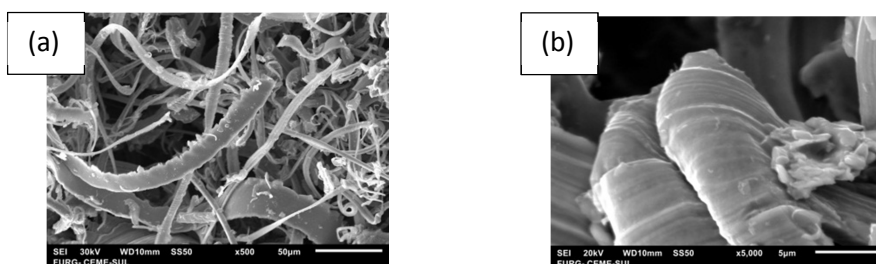


Figura 2: MEV – Resíduo de limalha de aço carbono em aproximação de 100x(a) e 5.000x (b)

No compósito formado por 15% de resíduo no betume apresenta a melhor relação entre temperatura máxima de aquecimento e quantidade de resíduo incorporado, atingindo a temperatura máxima de 136,3 °C ao final dos 60 segundos de aquecimento com micro-ondas, conforme mostra a Figura 3.

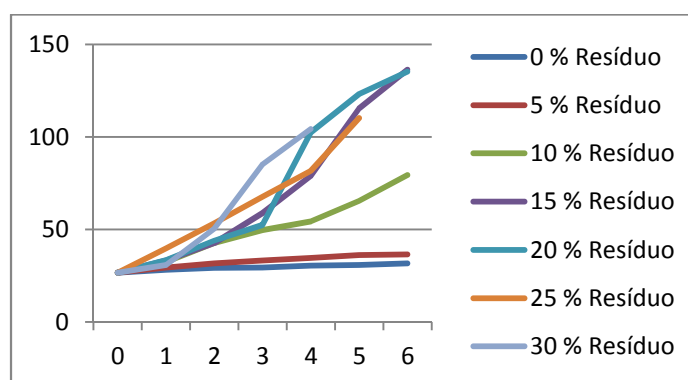


Figura 3: Aquecimento das amostras em micro-ondas

Abaixo a Figura 4 (a) mostra o ensaio sendo realizado na temperatura de 135 °C. A Figura 4 (b) mostra as curvas de viscosidade x temperatura do compósito e do betume original, onde o compósito apresentou valores de viscosidade superiores ao do betume original na temperatura de 135 °C.

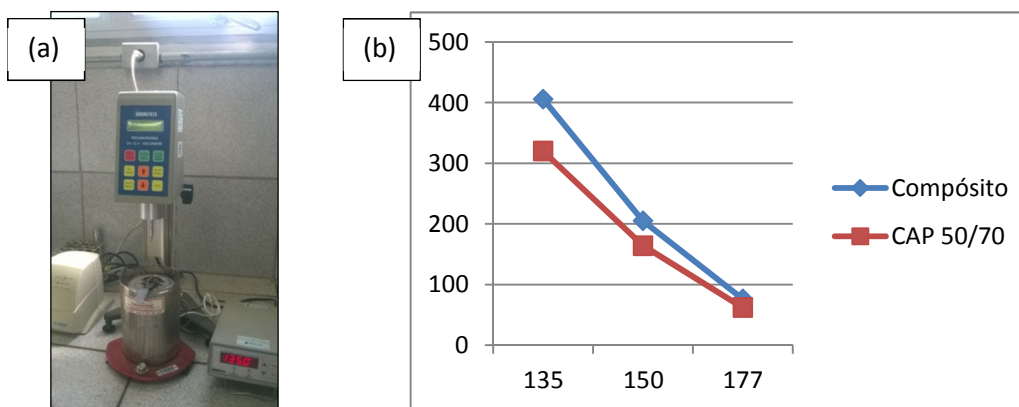


Figura 3: Ensaio Brookfield: (a)Amostra em análise; (b) comparação das viscosidades Brookfield

Caso o resultado detectado de viscosidade desse ensaio fosse menor que o CAP 50/70 sem adição de resíduo, o material não seria adequado para o uso em pavimentação. Isso implicaria diretamente na necessidade de adição de outros materiais que promovessem o aumento de viscosidade, conforme método previsto em norma ASTM D4402.

#### 4. Conclusões

Através dos resultados obtidos, podemos concluir que o resíduo de cutelaria pode ser utilizado para a fabricação de compósito com betume, que apresenta a capacidade de ser aquecido através de radiação micro ondas. A termogravimetria permitiu concluir que a adição do resíduo metálico não provoca a degradação do betume utilizado, dentro das condições analisadas neste trabalho.

A máxima temperatura obtida, independe do teor de carga metálica, foi de 136,3, suficiente para a manipulação do material no processo de fabricação do pavimento. No ensaio de viscosidade Brookfield o compósito mostrou-se mais viscoso e, conseqüentemente, mais resistente, tornando-o propício o uso desse compósito para aplicação com reparos em rodovias, visto que o ligante asfáltico mais viscoso proporciona uma película de espessura maior sobre os agregados.

#### 5. Referências bibliográficas

- ASTM D4402:2002 Standard Test Method for Viscosity Determinations of Unfilled Asphalts Using the Brookfield Thermosel Apparatus. American Society for Testing and Materials
- GOPE, Albert. An inconvenient truth: the planetary emergency of global warming and what we can do about it. New York, N. Y.:Rodale Press, 2006.
- NEGRÃO, D. P. Estudo de asfaltos modificados por polímeros do tipo RET para aplicações em pavimentos. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 2006.
- NETO, F. L.; PARDINI, L. C. Compósitos estruturais –Ciência e tecnologia. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.
- ZANKO, L. Evaluate and Develop Innovative Pavement Repair and Patching: Taconite-Based Repair Options. 24th Annual Transportation Research Conference. May 22-23, 2013, Saint Paul, Minnesota.