

APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS MINERAIS NA PRODUÇÃO DE ASFALTO¹

*Roberto Carlos Ribeiro²
Julio Cesar Guedes Correia³
Peter Rudolf Seidl⁴*

Resumo

O desempenho dos pavimentos asfálticos depende amplamente das propriedades dos seus constituintes: agregados minerais e cimento asfáltico de petróleo (CAP). Os agregados minerais constituem cerca de 95% do peso das misturas asfálticas, tendo uma importante influência nas propriedades e no desempenho dessas misturas. O CAP corresponde ao menor percentual, mas é o responsável principal pela aglutinação dos agregados minerais. O objetivo deste estudo foi avaliar a possível utilização de resíduos de serrarias de rochas ornamentais em substituição total ou parcial aos agregados minerais, que requerem custos de extração, na composição do asfalto. Dessa maneira, pretende-se reduzir o custo de produção de asfalto e principalmente reduzir problemas ambientais causados pelos resíduos minerais. Para execução deste trabalho utilizou-se um CAP brasileiro e dois resíduos minerais graníticos. Um da região de Stº Antônio de Pádua-RJ e outro de Medeiros Neto-BA. Utilizou-se a metodologia descrita em PI 012385 para realização dos ensaios de adsorção e as análises química, mineralógica e de infravermelho foram realizadas pelo CETEM. Os resultados indicaram que os resíduos em questão apresentam alto poder de adsorção com o CAP, similar à de um agregado mineral padrão. Além disso, observou-se que o resíduo oriundo de Medeiros Neto apresentou melhor desempenho de adsorção a partir de 8mg/L de CAP, devido, possivelmente, as diferenças de composição mineralógica. Conclui-se que a produção de asfalto pode utilizar resíduos sólidos minerais em sua composição, em substituição aos agregados minerais, uma vez que ensaios de adsorção, análise química e mineralógica, bem como análises de infravermelho mostraram tal potencial.

Palavras-chave: Agregados minerais; Asfalto; Resíduos minerais; Reciclagem.

1. 60º Congresso Anual da ABM – 25-28 de Julho de 2005 - Belo Horizonte-MG.
2. Pro^º Eng Químico-M.Sc. Centro de Tecnologia Mineral/Escola de Química – UFRJ
3. Químico – D.Sc. – Centro de Tecnologia Mineral
4. Químico – PhD – Escola de Química da UFRJ

1 INTRODUÇÃO

Alguns países, como o Brasil, que dispõem de importantes recursos geológicos e onde a extração de rochas ornamentais encontra-se em acelerado desenvolvimento enfrentam sérios problemas com os resíduos sólidos provenientes da extração e beneficiamento das peças de granito. Esses resíduos sólidos contaminam diretamente os rios, poluem visualmente o ambiente e acarretam doenças pulmonares na população (Silva, 1998).

A retirada de blocos de granito para a produção de chapas, gera uma quantidade significativa de resíduos grosseiros, gerados pela quebra das peças durante o corte e resíduos finos que aparecem na forma de lama. Esta é geralmente constituída de água, de granalha, de cal e de rocha moída (aluminossilicatos, feldspato e quartzo), que após o processo são lançadas no meio ambiente. Após a evaporação da água, o pó resultante se espalha, contaminando o ar e os recursos hídricos, sendo que em alguns casos é canalizada diretamente para os rios e lagos (Farias, 1995).

Os problemas mencionados anteriormente vem despertando a atenção das autoridades ambientais, que vem multando e fechando serrarias e pedreiras que lançam estes resíduos no meio ambiente. A solução que as pedreiras e serrarias tiveram foi a retenção e agregação de valor econômico para seus resíduos, a fim de atender as exigências dos órgãos ambientais e poderem continuar funcionando.

A fina granulometria, composição pré-definida (granito moído, cal e granalha de ferro ou aço) e a inexistência de grãos mistos entre os três componentes básicos dos resíduos sólidos gerados impulsionaram estudos na viabilidade de utilização dos mesmos em diversos setores da indústria. (Silva, 1998).

Atualmente a Coordenação de Apoio Tecnológico (CATE) do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) vem atuando no beneficiamento e aproveitamento destes resíduos sólidos na região de Santo Antônio de Pádua e Medeiros Neto. Nessas regiões pode-se verificar uma alta concentração de pedreiras e serrarias de granito que paralelo à produção das rochas ornamentais, geram também toneladas de resíduos mensalmente.

Uma solução para este problema apresentada pelos pesquisadores da CATE foi a construção de unidades de tratamentos de efluentes (UTE), para o recolhimento dos resíduos e envio de água isenta de contaminantes para o meio ambiente, possibilitando a legalização das serrarias de acordo com as normas ambientais. O aproveitamento destes resíduos também foi estudado (PI 0205481-7) pelo grupo na produção de argamassas, tijolos e telhas, favorecendo economicamente as referidas serrarias (Carvalho *et al*, 2003).

Baseado na proposta de utilização de resíduos sólidos de serrarias apresentados anteriormente surge a idéia de utilização deste abundante resíduo mineral na produção de asfalto, que consome enormes quantidades de minerais em sua produção.

O asfalto utilizado em pavimentação é constituído, geralmente, por 95% de agregados minerais (geralmente britas de basalto e areia) e 5% de cimentos asfálticos de petróleo

(CAP). O CAP constitui a fração pesada da destilação do petróleo sendo classificado como um material termosensível utilizado principalmente em trabalhos de pavimentação, pois, além de suas propriedades aglutinantes e impermeabilizantes, possui características de flexibilidade e resistência à ação da maioria dos ácidos, sais e álcalis (Elphingstone, 1997 e Franquet, 1999).

Na pavimentação asfáltica o CAP tem função de ligante, ficando responsável pela aglutinação dos agregados minerais. Estes, por sua vez, são responsáveis por suportar o peso do tráfego e oferecer estabilidade mecânica ao pavimento. Dentre os agregados minerais mais utilizados podemos citar a areia, o pedregulho, a pedra britada, a escória e o filer (Ribeiro, 2003).

Baseado nisto, o objetivo deste trabalho é realizar ensaios preliminares a fim de verificar a possibilidade de utilização de resíduos minerais, com composição mineralógica uniforme (somente resíduos de granito) no processo de formação do asfalto. Dessa forma, pretende-se reduzir os custos da produção do asfalto e principalmente reduzir o impacto ambiental causado por esses resíduos sólidos reciclando-os como matéria-prima para fabricação de asfalto, evitando assim sua disposição final em aterro.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização deste trabalho, utilizou um resíduo do corte e beneficiamento de rochas ornamentais da região de Santo Antônio de Pádua – RJ e outro da região de Medeiros Neto-BA. Além disso, utilizou-se um CAP brasileiro.

2.1 Ensaios de Adsorção

Os ensaios de adsorção entre o resíduo e os diferentes Cimentos Asfálticos se basearam nas metodologias desenvolvidas por nosso grupo de pesquisas e estão descritas em PI 012384 e 012385, disponíveis no site www.cetem.gov.br. Segundo as mesmas, prepara-se uma solução 1% (p/v) de CAP em tolueno. Retiram-se 10 alíquotas para preparação das seguintes soluções: 0,02; 0,015; 0,0125; 0,01; 0,0075; 0,005; 0,0025; 0,0015; 0,001 e 0,0005%(p/v). Após a diluição, fez-se medidas de absorvância de cada CAP em ultravioleta visível das soluções citadas, em comprimento de onda fixo em 402nm.

Estudos semelhantes desenvolvidos por Gonzáles (1990) indicaram que o comprimento de 402 nm era o ideal e o que permitia a melhor leitura da adsorção entre cimentos asfálticos e seus constituintes com agregados minerais e foram comprovados por Ribeiro (2003).

O método consistiu em misturar 0,5 g de resíduo, previamente peneirados (#100) nas diferentes concentrações de CAP. Feito isso, os tubos foram agitados em shaker durante quatro horas com velocidade de 200 rpm. Cessada a agitação, as soluções foram centrifugadas por vinte minutos, a 3000 rpm. Em seguida, novas análises de absorvância foram feitas com os sobrenadantes e comparadas com os resultados

anteriores. O objetivo era o de se verificar a quantidade de cimento asfáltico de petróleo adsorvida no resíduo em questão.

2.2 Análise Química

Realizou-se a análise química do resíduo a fim de se verificar sua composição química e compará-la com os resultados obtidos com um agregado mineral basáltico, comumente utilizado em pavimentação e descrito em Ribeiro (2003). Essa análise foi realizada pela Coordenação de Análises Químicas do Centro de Tecnologia Mineral – CETEM.

2.3 Medidas de Infravermelho pelo Método de Reflectância Difusa

O equipamento utilizado neste ensaio foi um espectrômetro da marca Bomem, modelo MB102, com transformada de Fourier e detetor DTGS (alanina dopada com sulfato de triglicina deuterada) e janelas de iodeto de cério (CsI).

Para obtenção dos espectros seguiu-se a metodologia descrita em Monte (1998), onde 20mg do material em estudo (resíduo) foi misturado com 220 mg de KBr. A seguir, a mistura foi transferida para o recipiente do acessório de reflectância difusa. Foram realizadas 1000 varreduras para cada amostra a uma velocidade de 20 varreduras/min e resolução de 4 cm^{-1} . O espectro foi analisado no intervalo de frequência entre 4000 e 200 cm^{-1} . A câmara do espectrômetro foi purgada com nitrogênio, objetivando remover CO_2 e H_2O antes da obtenção dos espectros. A fins de comparação, repetiu-se o mesmo procedimento para um agregado mineral padrão.

2.4 Análise Mineralógica

As análise mineralógicas dos resíduos sólidos minerais foram realizadas no Centro de Tecnologia Mineral.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Ensaio de Adsorção

A Figura 1 apresenta os resultados de adsorção dos resíduos sólidos em estudo e de um agregado mineral padrão com o cimento asfáltico de petróleo. Pode-se verificar que ambos os resíduos sólidos apresentam potencialidade de adsorção com o CAP uma vez que seus resultados foram semelhantes ao da brita padrão apresentado (Ribeiro, 2003).

Pode-se verificar um aumento da adsorção de todos os resíduos sólidos, bem como da brita padrão, com o aumento da concentração de CAP, chegando-se a valores máximos em torno de 4,5 mg/g em concentrações em torno de 15 mg/L de CAP. Porém, o rejeito oriundo da região de Medeiros Neto – BA, apresentou este mesmo resultado de adsorção em concentrações menores de CAP (em torno de 10 mg/L), sendo, portanto o rejeito com maior potencialidade de utilização.

Resultados semelhantes foram obtidos por González (1987), quando estudou a adsorção de cimentos asfálticos de petróleo e seus constituintes em diferentes minerais, como calcita e feldspato. Esses resultados indicavam o alto poder de adsorção entre todos os minerais e o CAP.

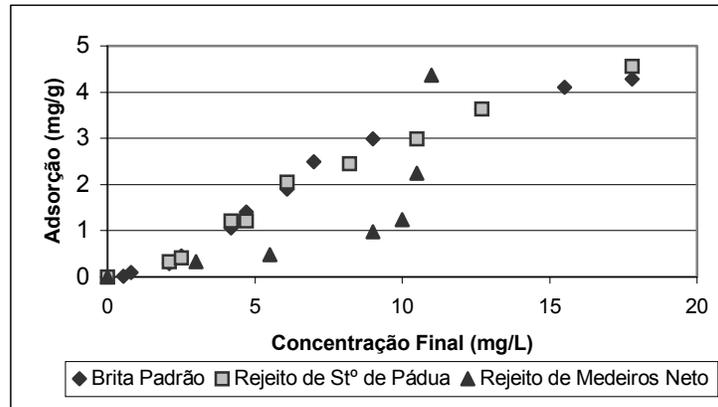


Figura 1. Adsorção de CAP em resíduos sólidos minerais e uma brita padrão.

3.2 Análise Química

Os resultados de análise química dos resíduos sólidos encontram-se ilustrados na Tabela 1. Em ambos os resíduos, pode-se verificar teores altos de sílica e alumina, similares ao do agregado mineral padrão. Pode-se observar também que as relações Si/Al são muito semelhantes, em todos os três agregados minerais, sendo seu valor em torno de 3,8, característico de um aluminossilicato (Abollino et al, 2003 e Farrah, 1977). Esses resultados corroboram a idéia de utilização destes resíduos sólidos na composição do asfalto, uma vez que suas composições são semelhantes a de um agregado basáltico padrão, segundo estudos de Ribeiro (2003).

Tabela 1. Resultados de Análise Química dos resíduos sólidos em estudo e de um agregado mineral padrão.

Composição (%)	Rejeito de Santo Antônio de Pádua - RJ	Rejeito de Medeiros Neto - BA	Agregado Mineral (Ribeiro, 2003)
SiO ₂	67,14	70,50	72,40
Al ₂ O ₃	14,92	18,00	16,54
K ₂ O	5,18	5,60	6,69
Na ₂ O	2,93	2,70	3,08
Fe ₂ O ₃	4,4	1,40	2,49
CaO	1,91	1,2	7,51
TiO ₂	0,73	0,03	3,17
MgO	0,73	0,10	2,91

3.3 Medidas de Infravermelho pelo Método de Reflectância Difusa

A Figura 2 a, b e c apresenta, respectivamente, os espectros de infravermelho dos resíduos sólidos de Santo Antônio de Pádua, Medeiros Neto e de um agregado mineral padrão. Pode-se verificar a extrema semelhança entre seus espectros confirmando os resultados obtidos pela análise química, indicando cada vez mais a potencialidade de utilização destes resíduos como possíveis insumos para produção de asfalto.

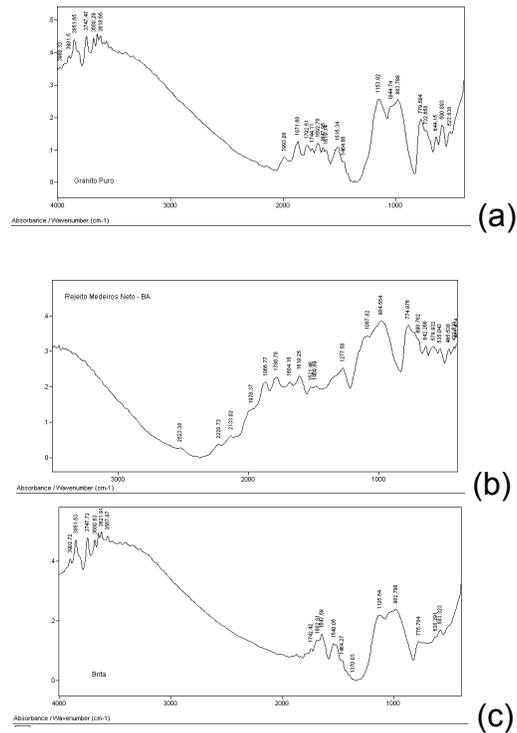


Figura 2 a, b e c. Espectros de Infravermelho (absorbância x comprimento de onda) dos resíduos sólidos minerais do RJ e BA e de um agregado mineral padrão.

3.4 Análise Mineralógica

Os resultados de análise química e adsorção com o CAP podem ser mais bem compreendidos quando se avalia a composição mineralógica dos minerais. De acordo com os resultados de composição mineralógica explicitada na Tabela 2, pode-se observar que mesmo sendo minerais de mesma composição mineralógica (quartzo, mica e feldspato), a diferença percentual desses elementos, afeta o processo de adsorção com o CAP.

Tabela 2. Composição Mineralógica dos resíduos sólidos oriundos do RJ e BA.

Minerais	RJ	BA
Quartzo	34,4 %	25 %
Microclínio	40,2 %	25 %
Plagioclásio	23,4 %	37 %
Mica	2,0 %	13 %

De acordo com os resultados de adsorção, verifica-se uma adsorção mais significativa do mineral oriundo da BA a partir de 8mg/L de CAP, chegando-se a valores máximos de adsorção em torno de 4,5mg/g em 10 mg/L de CAP. Com relação ao mineral oriundo do RJ, observa-se também este valor máximo de adsorção, porém somente em 18mg/L de CAP.

A melhor adsorção por parte do mineral oriundo da BA deve-se, possivelmente ao maior percentual de quartzo e feldspato microclínio (feldspato alcalino), bem como aos baixos teores de mica.

A mica corresponde aos pigmentos mais escuros encontrados no granito e são constituídos, essencialmente por Fe. Dessa forma, pode-se comprovar que os altos teores de mica no mineral do RJ estão relacionados com o alto percentual de Fe obtidos pela análise química.

4 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados preliminares obtidos pode-se concluir que os resíduos sólidos minerais graníticos das regiões em estudo apresentam potencialidade para utilização na produção de asfalto uma vez que seus resultados se assemelham a de um mineral padrão. Além disso, quando submetidos à adsorção com o CAP, ambos se mostraram com alto poder de adsorção. Porém, resultados mais concretos, que definam por completo, a utilização destes resíduos sólidos em pavimentação, só poderão ser obtidos após estudos de análise de resistência mecânica.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao Centro de Tecnologia Mineral e ao Programa de Recursos Humanos da ANP (PRH13) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ABOLLINO, O., ACETO, M., MALANDRINO, M., SARZANINI, C. AND MENTASTI, E., Adsorption of heavy metals on Na-Montmorillonite. Effect of pH and organic substances, Water Research, 37, 1619-1627, Italy, 2003.
- 2 CARVALHO, E. A., CAMPOS, A. R. e PEITER, C. C., Mitigação do Impacto Ambiental provocado por Efluentes de Serrarias de Rochas Ornamentais em Santo Antônio de Pádua, Relatório Técnico, CETEM, Rio de Janeiro, RJ, 2003.
- 3 ELPHINGSTONE, G. M., Adhesion and cohesion in asphalt – aggregate systems – Dissertation submitted to Texas A&M University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, 1997.
- 4 FARIAS, C. E. G. Mercado Nacional. Séries Estudos Econômicos Sobre Rochas, vol. 2, Fortaleza. 1995.

- 5 FARRAH, H. AND PICKERING, The Sorption of lead and cadmium species by clay minerals, Aust. J. Chem 30, 1417-1422, 1977.
- 6 FRANQUET, P. F., Adhesividad y activación, Carreteras 103, Septiembre, 1999.
- 7 GONZALES, G. e MIDDEA, A., Peptization of asphaltene by various oil soluble amphiphiles, Energy and Fuels, pp. 201-217, 1990.
- 8 MONTE, M. B. M., Propriedades de superfície do ouro e da pirita e sua separação por flotação, tese de doutorado, COPPE, UFRJ, 1998.
- 9 SILVA, S. A. C. Caracterização do Resíduo da Serragem de Blocos de Granito Estudo do Potencial de Aplicação na Fabricação de Argamassas de Assentamento e de Tijolos de Solo-Cimento. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES. 1998.
- 10 RIBEIRO, R. C. C., Interação entre Cimentos Asfálticos e seus Constituintes com Agregados Minerais na Formação do Asfalto, Tese de Mestrado, EQ – UFRJ, 2003.

RECOVERY OF MINERALS RESIDUES IN ASPHALT PRODUCTION

*Roberto Carlos Ribeiro
Julio Cesar Guedes Correia
Peter Rudolf Seidl*

Abstract

The performance of asphalt pavements depends mainly on the properties of their constituents: mineral aggregates and asphalt cement. The mineral aggregate represents about 95% of asphalt mixtures, which have a significant influence on the properties, and performance of these mixtures. Asphalt cement (AC) corresponds to the smaller fraction but it is the main responsible for adsorption on the mineral aggregates. The objective of this study was to evaluate the utilization of dimension stones solid waste in asphalt composition. Brazilian asphalt cement and dimension stone residues from Stº Antônio de Pádua-RJ State and Medeiros Neto-BA State were used in this work. The methodology was used described in PI 012385 for accomplishment of the rehearsals of adsorption and the analyses chemistry, mineralogical and of infrared they were accomplished by CETEM. The results indicated the adsorption power between residues and CAP, similar to the mineral aggregate. Besides, it was observed that the residue originating from of Medeiros Neto presented better acting of adsorption possibly starting from 8mg/L of CAP, due, the differences of mineralogical composition. It can be concluded that the asphalt production can use mineral residues in its composition, substituting the mineral aggregates, because adsorption experiments, chemical and mineralogical analysis, and infrared analysis showed such potential.

Key-words: Minerals aggregate; Asphalt; Minerals solid wastes; Recycling.