

ANÁLISE DE MISTURAS ASFÁLTICAS TIPO CAUQ COM ADIÇÃO DE RESÍDUO DE BORRACHA

Luan Picinin Sartori*

Gislaine Luvizão**

Resumo

Com os grandes problemas ambientais ocorridos no mundo todo, buscam-se cada vez mais alternativas para o reaproveitamento de resíduos e de materiais que, inicialmente, seriam descartados por não terem mais serventia. Uma fonte de reaproveitamento é utilizar o resíduo da recauchutagem de pneus como adição em misturas asfálticas à quente, que é o foco desta pesquisa. Os agregados e o ligante asfáltico utilizados na mistura foram submetidos a ensaios de caracterização, conforme as normas vigentes. Efetuou-se uma mistura padrão com 20% de brita I, 25% de pedrisco e 55% de pó de pedra. A partir desse traço padrão, adicionaram-se porcentagens de resíduo de borracha de 1 a 3%, variando 0,5% para cada traço. Todos os traços atenderam aos valores exigidos por normas e referências nos ensaios de estabilidade, vazios do agregado mineral, relação betume vazios e volume de vazios. Como todos os teores atenderam aos requisitos, a escolha do teor de resíduo e do teor de ligante foi baseada no menor consumo de ligante, para que essa mistura seja a mais econômica. Optou-se, então, por um teor de ligante de 6,15% e de resíduo de 1% que apresentou VV de 4,9%, VAM de 19,45%, RBV de 75% e uma estabilidade de 700 kgf. Deve-se ressaltar, também, que a escolha visou a reutilização de materiais inservíveis, porém, o traço com menor teor ótimo de ligante e a maior estabilidade foi o sem adição de resíduo.

Palavras-chave: Resíduo de borracha. CAUQ. Processo seco. Estrada.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, há uma enorme iniciativa para melhorar o meio ambiente e diminuir o impacto causado sobre ele. Existem muitas formas de conseguir esse objetivo, algumas visam diminuir a emissão de gases poluentes na atmosfera, por meio de automóveis menos poluentes, outra é a utilização de energia solar para minimizar o impacto ambiental, e, ainda, outra forma é reduzir o descarte de materiais no meio ambiente reutilizando-os, já que, provavelmente, terminariam em lixões, rios, beira de estradas e outros lugares, tornando, assim, o meio em que vivemos mais limpo e menos poluído.

De acordo com Assís e Soares (2008), no Brasil e no mundo, diariamente são depositados no meio ambiente milhões de pneus que já não servem para rodar em carros como foram a princípio criados; logo, estes pneus acabam jogados em locais onde causam proliferação de doenças ou são queimados, causando a poluição do ar.

A utilização de resíduo de borracha de pneus em pavimentação asfáltica é uma das maneiras de reaproveitar os pneus e destiná-los a um fim melhor quando são inservíveis, visando, também, aumentar a durabilidade do pavimento.

O método utilizado para esse fim é adicionar o resíduo de borracha em misturas asfálticas tipo CAUQ, em porcentagens pré-estipuladas pelo método seco.

Procura-se encontrar, com esta pesquisa, uma porcentagem de adição de resíduos de borracha que eleve a resistência da mistura, respeitando os limites impostos por normas e bibliografias, sendo possível utilizá-los em obras de pavimentação.

Utilizando esse material em obras de pavimentação, poderá ser encontrado um descarte adequado para os resíduos, e se estabelecer uma nova forma de remuneração para as empresas de recauchutagem.

* Graduando em Engenharia Civil na Universidade do Oeste de Santa Catarina; luan_picinin@hotmail.com

** Professora na Universidade do Oeste de Santa Catarina; Rua Getúlio Vargas, 2125, Flor da Serra, 89600-000, Joaçaba, SC; gislaine.luvizao@unoesc.edu.br

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 CARACTERIZAÇÃO

Foram executados vários ensaios para a caracterização dos materiais; em todos eles foram seguidos os procedimentos descritos nas normas vigentes. Para os agregados provenientes do basalto (brita I, pedrisco e pó de pedra) foram realizados os ensaios de granulometria, massa específica e massa unitária, índice de forma, equivalente de areia, material pulverulento e adesividade ao ligante asfáltico.

Para o ligante asfáltico, os ensaios realizados foram de densidade, viscosidade, penetração e ponto de amolecimento; já para o resíduo de borracha, o único ensaio realizado foi de densidade.

A Fotografia 1 apresenta os agregados e o resíduo ensaiados:

Fotografia 1 – Materiais ensaiados



Fonte: os autores.

Os ensaios de caracterização dos agregados estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Características dos agregados

Material	Massa específica real (g/cm ³)	Massa específica aparente (g/cm ³)	Massa unitária (g/cm ³)	Teor de material pulverulento (%)	Absorção (%)
Brita I	2,82	2,78	1,49	0,3	1,47
Pedrisco	2,76	2,67	1,44	0,99	3,34
Pó de pedra	2,88	-	1,71	15,98	3,93

Fonte: os autores.

Os resultados dos ensaios realizados com o ligante asfáltico estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Características do CAP

Material	Densidade	Ponto de amolecimento	Penetração	Viscosidade (Temperatura °C)	
				Usinagem	Compactação
CAP	1,02	46	80	155	146

Fonte: os autores.

2.2 FAIXA DE TRABALHO

Após os ensaios de caracterização dos materiais serem efetuados, escolheu-se a faixa “C” da norma do DNIT 031 (2006) e, então, por meio de tentativas, determinou-se porcentagens de cada agregado para que a mistura se enquadrasse nessa faixa.

A Tabela 3 demonstra a proporção de cada material que foi utilizado na mistura do traço padrão:

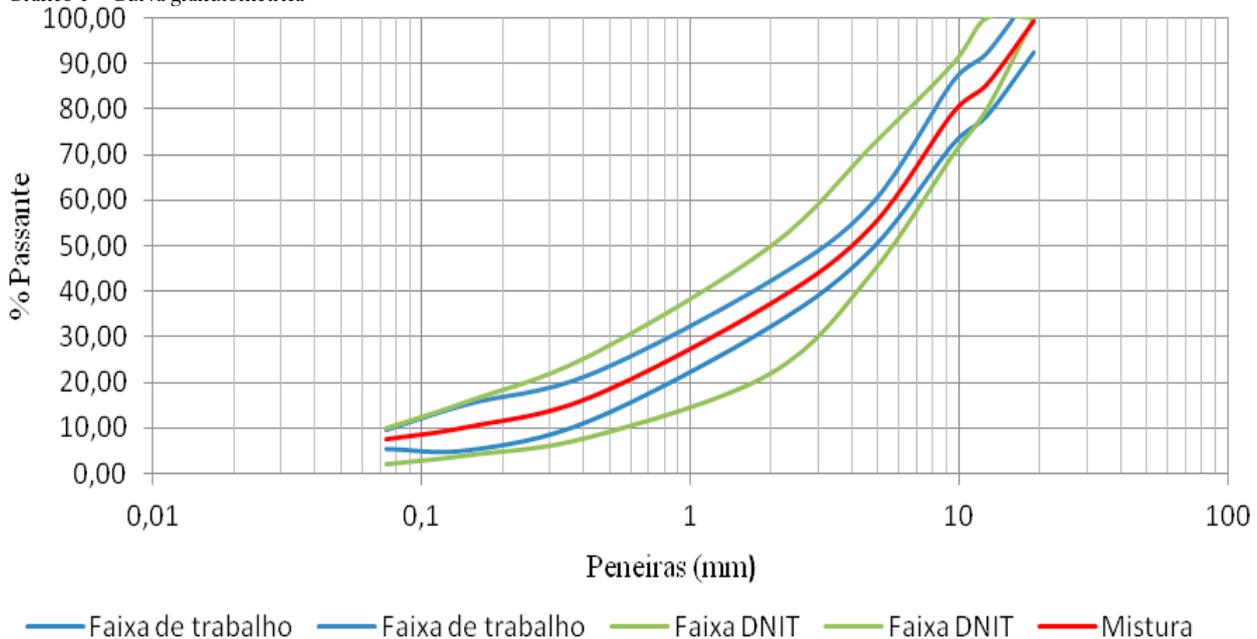
Tabela 3 – Faixa granulométrica

Peneira mm	Porcentagem em peso passando			Mistura	Faixa “C” DNIT		Faixa de trabalho	
	Brita I	Pedrisco	Pó de pedra					
-	%	%	%	%	-	-	-	-
-	20	25	55	100	-	-	-	-
19	19,43	25	55	99,43	100	100	92,43	106,43
12,7	5,5	25	55	85,50	80	100	78,5	92,5
9,52	0,27	24,12	55	79,39	70	90	72,39	86,39
4,75	0,02	1,95	52,41	54,38	44	72	49,38	59,38
2	0,02	0,1	37,29	37,41	22	50	32,41	42,41
0,425	0,02	0	16,74	16,75	8	26	11,75	21,75
0,15	0,02	0	10,26	10,27	4	16	5,27	15,27
0,074	0,02	0	7,51	7,52	2	10	5,52	9,52

Fonte: os autores.

Com base na Tabela 3, construiu-se o Gráfico 1, sendo possível uma melhor visualização da mistura e de seus limites.

Gráfico 1 – Curva granulométrica



Fonte: os autores.

Foram escolhidas as porcentagens de 20% para a brita I, 25% para o pedrisco e 55% para o pó de pedra. Pode-se perceber que o gráfico demonstra como a mistura se comportou dentro dos limites da norma DNIT 031 (2006).

2.3 MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA

Foram utilizadas as normas do DNIT para ensaio Marshall ao realizar a moldagem dos corpos de prova e a partir do traço padrão foram adicionadas quantidades de resíduo de borracha de pneu em porcentagens de 1%, 1,5%, 2%, 2,5% e 3%.

A Fotografia 2 mostra os passos até a compactação do corpo de prova.

Fotografia 2 – Passos para compactação do corpo de prova



Fonte: os autores.

Após a compactação, os corpos de prova foram mantidos em temperatura ambiente para esfriarem e, após, extraídos com o auxílio do extrator; em seguida, repousaram por um período de 12 horas em superfície plana.

A Fotografia 3 mostra os corpos de prova sendo extraídos e em repouso.

Fotografia 3 – Extração e descanso dos corpos de prova



Fonte: os autores.

Os corpos de prova foram rompidos, determinando, assim, a sua estabilidade e fluência, e, então, foram determinados os seus diâmetros, alturas, peso ao ar, submerso com parafina e ao ar com parafina.

2.4 DETERMINAÇÃO DO TEOR ÓTIMO DE LIGANTE

Para a determinação do teor ótimo de ligante, utilizaram-se parâmetros impostos por normas. Os limites desses parâmetros estão expostos na Tabela 4.

Tabela 4 – Limites parâmetros

VV	3 a 5%
RBV	75 a 82%
VAM	> 15%
Estabilidade	> 500kgf

Fonte: os autores.

Determinou-se a densidade máxima teórica de acordo com a equação 1.

$$DMT = \frac{100}{\frac{\%a}{G_a} + \frac{\%Ag}{G_{ag}} + \frac{\%Am}{G_{Am}} + \frac{\%f}{G_f} + \frac{\%b}{G_b}} \quad (1)$$

Onde:

$\%a$ = porcentagem de asfalto;

$\%Ag, \%Am, \%f$ e $\%b$ = porcentagens do agregado graúdo, agregado miúdo, filer e resíduo, respectivamente, expressas em relação à massa total da mistura asfáltica;

G_a, G_{ag}, G_{Am}, G_f e G_b = massas específicas reais do asfalto, do agregado graúdo, do agregado miúdo, do filer e do resíduo, respectivamente.

Foram analisados os seis traços moldados e, então, comparados entre si. A Tabela 5 apresenta o resumo dos traços executados.

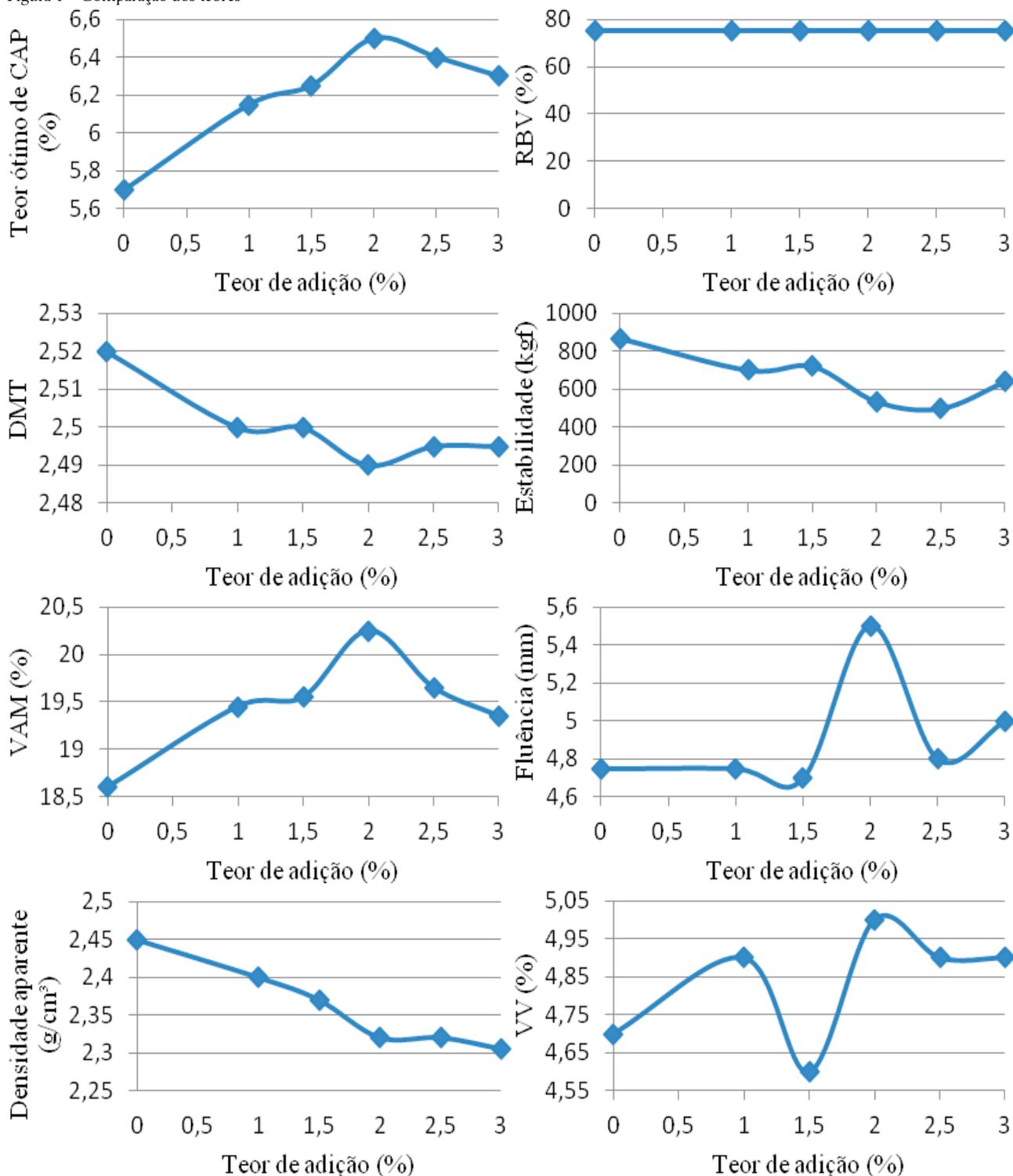
Tabela 5 – Resumo dos traços

Parâmetros	Padrão	1%	1,5%	2%	2,5%	3%	
Teor de projeto (%)		5,7	6,15	6,25	6,50	6,4	6,3
DMT		2,52	2,5	2,5	2,49	2,5	2,495
Densidade aparente		2,45	2,4	2,37	2,32	2,32	2,305
VV (%)		4,7	4,9	4,60	5	4,9	4,9
VAM (%)		18,6	19,45	19,55	20,25	19,65	19,35
RBV (%)		75	75	75	75	75	75
Estabilidade (kgf)		865	700	720	535	500	640
Fluência (mm)		4,75	4,75	4,7	5,5	4,8	5

Fonte: os autores.

Os resultados expressos na Tabela 5 estão apresentados graficamente na Figura 1:

Figura 1 – Comparação dos teores



Fonte: os autores.

Analisando a Figura 1, percebe-se que todas as misturas estão de acordo com os limites exigidos pela norma DNER – ES 031 (2006), que são o mínimo de estabilidade, vazios de agregado mineral, relação betume vazios e volume de vazios. Dessa maneira, quaisquer misturas executadas podem ser utilizadas.

Assim, procurou-se uma mistura com o mínimo do teor de ligante, para que a mesma seja mais econômica. O traço escolhido foi o com adição de resíduo de 1% e o teor de ligante de 6,15%.

3 CONCLUSÕES

Os resultados dos ensaios de caracterização dos agregados atenderam, em quase todos os quesitos, aos mínimos exigidos por normas e atenderam a outras referências citadas neste trabalho, exceto a absorção do pedrisco e do pó de pedra, que ficaram acima do que recomendam algumas referências, com valores de 3,34 e 3,93%, respectivamente, isso acarretará uma maior absorção do ligante por meio desses materiais, aumentando, conseqüentemente, seu consumo.

Para o ligante asfáltico, os resultados atenderam às exigências das normas e referências citadas neste trabalho, tanto no ensaio de penetração, com o valor de 65,8 décimos de milímetro se enquadrando no CAP 50-70, quanto nos ensaios de viscosidade, densidade e ponto de amolecimento, que chegou aos 46 °C sendo o mínimo permitido.

Todos os traços rodados atenderam ao mínimo exigido de estabilidade, vazios do agregado mineral e relação betume vazios; também se enquadraram na faixa estipulada para o volume de vazios, todos estes exigidos pela norma DNER – ES 031 (DNIT, 2006).

Foi necessário retirar os dados de 2%, pois os mesmos resultaram em um comportamento diferente dos demais.

A mistura com adição de 1% de resíduo apresentou os seguintes resultados: VV de 4,9%, VAM de 19,45% e estabilidade de 700kgf.

Os resultados encontrados para a adição de 1,5% foram de VV igual a 4,6%, VAM 19,55% e uma estabilidade de 720kgf.

Para a mistura com adição de 2,5% houve uma menor estabilidade, enquadrando-se no limite mínimo exigido pela DNER – ES 031 (DNIT, 2006), VV de 4,9% e VAM de 19,65%.

Por fim, os resultados do traço com adição de 3%, obtiveram estabilidade de 640kgf, VV de 4,9% e VAM de 19,35%.

Com os teores ótimos escolhidos e comparados entre si, notou-se que o teor ótimo aumenta com a adição do resíduo e, em seguida, se mantém constante, já a DMT e a densidade aparente diminuíram com a adição de resíduo, pois o resíduo tem uma densidade menor do que os demais materiais e a estabilidade diminuiu com a adição. A fluência aumentou de acordo com a adição de resíduo.

Conclui-se, então, que a adição de resíduo de borracha diminui parâmetros importantes para a mistura, como estabilidade, e aumenta a fluência, não sendo bom para a mistura final. Por falta de alguns instrumentos utilizados na execução de ensaios para verificação de outros parâmetros, não é possível afirmar que a adição de resíduo de borracha não melhora as misturas asfálticas, porém, com os dados disponíveis, pode-se concluir que não é viável a utilização do resíduo na pavimentação, pois os resultados obtidos com a adição são inferiores aos do traço padrão e necessita de um maior teor de ligante.

Analysis of asphalt mixtures CAUQ type with addition of rubber waste

Abstract

With the major environmental problems occurring worldwide, people increasingly look for alternatives for the reuse of waste and discarded materials that originally would not have further use. A source of reuse is to use the residue of tire retreading as adding in hot mix asphalt, which is the focus of this research. Aggregates and asphalt binder used in the mixture were subjected to characterization tests, according to current regulations. It was conducted a standard mixture with 20% gravel I, 25% and 55% of gravel stone dust. Since this standard was ready, it was added trace percentages of rubber residue 1 through 3% to 0.5% range each stroke. All traits met the standards and values required by references in stability testing, coarse aggregate voids, bitumen and voids volume relation. As all levels met the requirements, the choice of residue content and binder content was the lower consumption based on the binder that is the most economical mixture. Then, it was decided by a binder content of 6.15% and 1% residue which showed 4.9% of VV, 19.45% of VAM, 75% of RBV and a stability of 700 kgf. It should also be noted that the choice aimed the reusing scrap materials, but with lower trait optimum binder content and greater stability was the one without residue addition.

Keywords: Waste rubber. CAUQ. Dry process. Roads.

REFERÊNCIAS

- ASSIS, Edilson Machado de; SOARES, Rodrigo Almeida. **O uso da borracha de pneus na pavimentação como uma alternativa ecologicamente viável**. 2008.
- BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação asfáltica – Formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro, 2007.
- BERTOLLO, Sandra Margarida; FERNANDES JÚNIOR, José Leomar; SCHALCH, Valdir. **Benefícios da incorporação de borracha de pneus em pavimentos asfálticos**. Cancún, 2002. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico26/iv-003.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2013.
- CARNIN, Raquel Luísa Pereira. **Reaproveitamento do resíduo de areia verde de fundição como agregado em misturas asfálticas**. Curitiba, 2008.
- GOUVEIA, Lilian Taís de. **Contribuição ao estudo da influência de propriedades de agregados no comportamento de misturas asfálticas densas**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)–Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.