

Evento: XXV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

ESTUDO DE MISTURAS ASFÁLTICAS MORNAS COM DIFERENTES ADIÇÕES DE ADITIVO ORGÂNICO COMPACTADAS EM DIFERENTES TEMPERATURAS¹

STUDY OF WARM ASPHALTIC MIXTURES WITH DIFFERENT ADDITIONS OF COMPACTED ORGANIC ADDITIVES IN DIFFERENT TEMPERATURES

Bruna Calabria Diniz², Adrieli Raquel Da Silva Räder³, Gabriela Pires Da Silva⁴, Diego Menegusso Pires⁵, José Antônio Santana Echeverria⁶

¹ Projeto de pesquisa desenvolvido pelo PET e professor orientador

² Acadêmica do Curso de Engenharia Civil da Unijuí, bolsista PET

³ Acadêmica do Curso de Engenharia Civil, não bolsista PET

⁴ Acadêmica do Curso de Engenharia Civil da Unijuí, voluntária

⁵ Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da Unijuí, não bolsista PET, graduado em Letras e Alemão

⁶ Docente da UNIJUI, Engenheiro Analista de Infraestrutura do DNIT

INTRODUÇÃO

As misturas asfálticas podem ser classificadas em quatro tipos, no que tange à temperatura de produção e aplicação, são elas: misturas a frio (0° à 20°C), semi mornas (60° à 100°C), mornas (100° à 150°C) e quentes (150° à 180°C).

De acordo com o estudo apresentado por Otto (2009) a funcionalidade das misturas mornas é baseada na redução da viscosidade do ligante asfáltico em menores temperaturas, de modo a permitir o total recobrimento dos agregados em temperaturas mais baixas se comparado as misturas quentes. Entre os benefícios adquiridos pela utilização desse tipo de mistura estão: menor custo em energia, menor produção e emissão de fumos poluentes e venenosos, odores e poeiras de maneira a trazer melhorias ao meio ambiente e as condições de trabalho dos colaboradores (LOPES, 2015). Para que a temperatura de trabalho com as misturas betuminosas seja diminuída, o autor revela que é necessário que se adicionem ceras orgânicas, aditivos químicos ou espuma de betume.

A pesquisa apresenta uma análise relativa a adição de diferentes teores de um tipo de aditivo orgânico (sasobit) no CAP 50/70 em misturas asfálticas.

METODOLOGIA

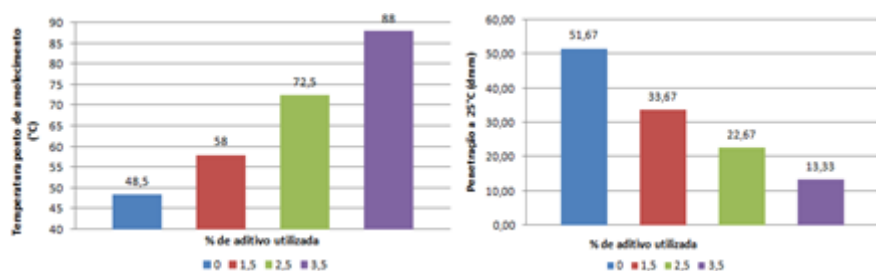
Através da adição de diferentes teores porcentagens do aditivo *sasobit*, buscou-se avaliar a efetividade do mesmo no ligante na mistura asfáltica. Utilizando o CAP 50/70, foram realizados moldagens dos corpos de prova com adição de 1,5%, 2,5% e 3,5% de aditivo em porcentagem relativo ao peso do ligante utilizado, onde foi possível analisar a fluência e estabilidade dos mesmos. Em um segundo momento serão moldados corpos de prova em diferentes temperaturas (110°C e 120°C), e realizados mais ensaios buscando analisar sua ação na mistura asfáltica.

Evento: XXV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O trabalho apresentará os dados provenientes dos ensaios realizados e demais parâmetros obtidos a partir dos mesmos. Posteriormente apresentará a discussão e análise dos resultados, bem como as considerações finais. A mistura entre o aditivo *sasobit* e o ligante foi realizado manualmente. O ligante foi aquecido até aproximadamente 140°C e a porção de *sasobit* (pesada em uma balança de precisão) incorporada ao betume. Primeiramente foi realizada uma análise relativa a adição de diferentes teores do aditivo orgânico no CAP 50/70. Faz-se necessário avaliar as mudanças de propriedades do ligante com aditivo, buscando evitar alterações que prejudiquem a mistura compactada. Os gráficos abaixo apresentam os resultados obtidos nos ensaios de ponto de amolecimento (NBR 6560/2008) e penetração (NBR 6576/2007).

Gráfico 01: Ponto de amolecimento e Penetração



Fonte: autoria própria (2017).

Com posse dos dados relativos ao ponto de amolecimento e penetração, tornou-se possível calcular o índice de susceptibilidade térmica (IS) do ligante. Para o ligante puro o IS obtido foi de -1,50. Já para os ligantes modificados, os IS obtidos foram de -0,27 para o ligante com 1,5% de aditivo, 1,42 para o ligante com 2,5% de aditivo e 2,45 para o ligante com 3,5% de aditivo. Bernucci et al. (2008) indicam como aceitável para os valores do índice de susceptibilidade térmica a faixa entre -1,5 e +0,7. Valores maiores que +1 indicam um cimento asfáltico oxidado, ou seja, que torna-se quebradiço quando submetido a temperaturas mais baixas e é pouco sensível a temperaturas elevadas. No caso de o valor do índice de susceptibilidade térmica ser menor que -2, significa que o betume é muito sensível a temperatura. Quanto aos resultados apresentados a respeito da susceptibilidade térmica, constatou-se que o betume puro e o com adição de 1,5% de aditivo enquadram-se na faixa apresentada como "aceitável". No ensaio relativo ao ponto de amolecimento, verificou-se que quanto maior a porção de aditivo orgânico adicionada ao ligante asfáltico, maior o ponto de amolecimento da amostra. Assim, é possível prever um aumento na resistência da deformação permanente com maior teor de aditivo orgânico incorporado ao betume. No ensaio de penetração, verificou-se uma diminuição dos valores referentes a penetração das amostras quando incorporada maior porção de aditivo ao betume. Assim quanto maior a porção de aditivo utilizada, este gerará um CBUQ com maior possibilidade de geração de trincas. Ou seja, seria indicado para pavimentos em que a deformação das camadas inferiores seja muito baixa ou pavimentos que evitem a formação de afundamento por trilha de roda (ATR). A mistura asfáltica foi dosada na faixa C do DNIT seguindo a normativa 031/2006. A metodologia

Evento: XXV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

utilizada foi a de marshall. Para composição da mistura asfáltica foram utilizados agregados pétreos, cal e CAP 50/70. A análise granulométrica dos agregados seguiu o prescrito pela normativa 102 (2001) do DAER/RS, apresentada no Gráfico 02. A cal utilizada foi do tipo dolomítica compondo 1,5% do peso da mistura e os agregados pétreos utilizados foram brita 1 1/2" (1,5%), 3/4" (20%), 3/8" (20%) e pó de pedra (57%), a composição da mistura asfáltica é apresentada na Tabela 01.

Gráfico 02: Análise granulométrica do material pétreo

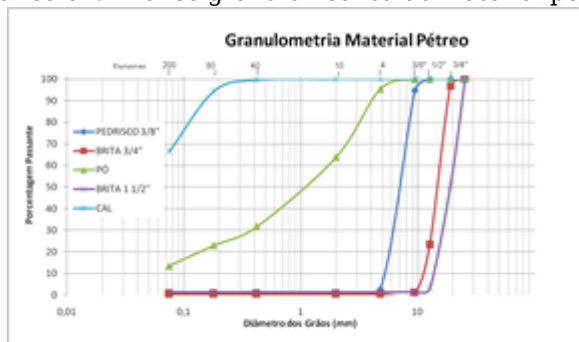


Tabela 01: Composição da mistura asfáltica

% mistura		1,5%	20,0%	20,0%	57,0%	1,5%	100,0%
PENEIRA	mm	2,5	BRITA 3/4"	BRITA 3/8"	PÓ DE PEDRA	CAL	
1"	25,40	1,500	20,000	20,000	57,000	1,500	
3/4"	19,10	0,762	19,360	20,000	57,000	1,500	
1/2"	12,70	0,045	4,650	20,000	57,000	1,500	
3/8"	9,50	0,024	0,248	18,960	57,000	1,500	
n 4	4,80	0,021	0,086	0,534	54,395	1,500	
n 10	2,00	0,021	0,086	0,252	36,395	1,500	
n 40	0,42	0,021	0,084	0,240	18,080	1,495	
n 80	0,18	0,020	0,084	0,240	11,129	1,414	
n 200	0,08	0,020	0,084	0,240	4,617	0,996	
	frações	BRITA 1 1/2"	BRITA 3/4"	BRITA 3/8"	PÓ	CAL	TOTAL
	%	1,5%	20,0%	20,0%	57,0%	1,5%	100,0%

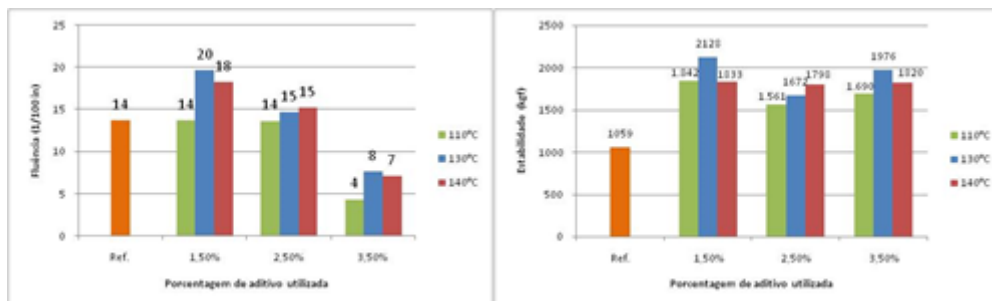
Quanto à determinação da massa específica real, massa específica aparente e absorção de agregado graúdo foi seguido o prescrito na norma (105/2001) do DAER. Para a densidade real foi obtido o valor de 2,976g/cm³ e para a densidade aparente do grão 2,876 g/cm³. Relativo ao valor da absorção obteve-se 1,178%. Para a determinação da densidade real do agregado miúdo pétreo constituinte da mistura realizou-se o ensaio do picnômetro, conforme preconiza a norma 93/1994 do DAER. Nesse ensaio foi obtido o valor de 2,974g/cm³. Em relação a densidade da cal, a mesma foi obtida por meio do ensaio com o frasco de *le chatelier* obtendo o valor de 2,594g/cm³.

O teor de cimento asfáltico de petróleo utilizado na mistura foi de 4,0%, totalizando 50g. O teor foi estipulado após análise seguindo a metodologia de *marshall*.

De início foram moldados três corpos de prova à temperatura de 110°C, 130°C e 140°C para cada teor de aditivo estudado, realizando um comparativo com a estabilidade e fluência obtidas para as amostras sem aditivo moldadas à 150°C. O Gráfico 03 a seguir apresenta os dados em 1/100 in, obtidos relativos à fluência, e em kgf para resultados obtidos em relação à estabilidade.

Gráfico 03: Fluência e Estabilidade

Evento: XXV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA



Fonte: autoria própria (2017).

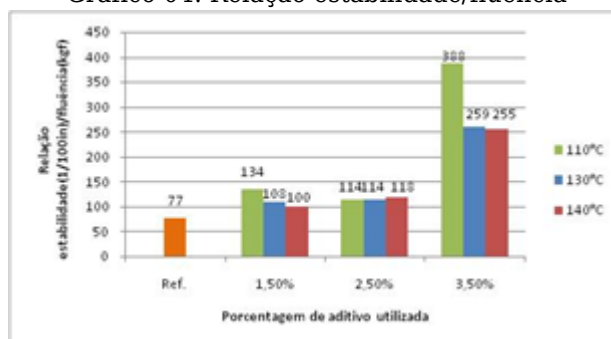
De acordo com o apresentado por Bernucci *et al.* (2008, p.+222) a fluência (representada em mm) é assim definida: "deslocamento na vertical apresentado pelo corpo-de-prova correspondente à aplicação da carga máxima". De acordo com a DNER-ME/043 o valor mínimo que deve ser obedecido para estabilidade é de 500 Kgf, enquanto que a fluência deve estabelecer-se inscrita numa faixa de 8 a 16/0.01in.

Tanto as amostras sem incorporação de aditivo orgânico como as demais com incorporação ficaram dentro da faixa especificada pela normativa. Todavia, nota-se um aumento maior do intervalo da fluência com a incorporação de 2,5% de *sasobit*. Logo, se a fluência demonstra a capacidade de deformação das amostras antes da ruptura, os corpos de prova com adição de 2,5% estando dentro da faixa estipulada pela normativa e apresentando valores superiores ao comparado (Ref; 1,5% e 3,5%) comportam-se melhor ao parâmetro estudado.

De acordo com o apresentado por Bernucci *et al.* (2008, p. 222) a estabilidade (representada em N) é assim definida: "[...]carga máxima a qual o corpo-de-prova resiste antes da ruptura, definida como um deslocamento ou quebra de agregado de modo a causar diminuição na carga necessária para manter o prato da prensa se deslocando a uma taxa constante [...]".

A partir dos resultados é possível observar que com a incorporação de maiores porcentagens de aditivo a estabilidade aumenta, ou seja, a rigidez da mistura é aumentada, isto pode ser originado pelo aumento da dureza ou oxidação do ligante com maiores teores de aditivo. O Gráfico 04 a seguir apresenta a relação estabilidade/fluência:

Gráfico 04: Relação estabilidade/fluência



Fonte: autoria própria (2017).

Observa-se que a relação estabilidade/fluência para a média dos diferentes teores incorporados e

Evento: XXV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

para a média das amostras referência (sem adição de aditivo) não seguem uma linearidade. Todavia, nota-se um aumento dessa relação com a incorporação de 3,5% do aditivo orgânico. O maior valor obtido para fluência foi para as amostras de 2,5% e para a estabilidade notou-se que as amostras de 2,5% representaram o segundo maior valor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando os parâmetros estabilidade e fluência, as amostras com adição de 2,5% de aditivo orgânico representaram os melhores resultados. Constatou-se que com a adição de *sasobit* houve um aumento na estabilidade de todas as amostras, mesmo com as mesmas compactadas em menor temperatura (40°C a menos). A relação estabilidade/fluência foi bem maior com a adição de 3,5% de aditivo quando comparada as demais adições e a referência, o que significa uma alta estabilidade para baixa fluência, indicando uma mistura pouco deformável e muito rígida.

REFERÊNCIAS

- BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria Goretti da; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação asfáltica**: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro, 504 f., 2008.
- DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ESTRADAS DE RODAGEM. 102: Análise granulométrica de agregados. 2001. 5p.
- LOPES, Rui Sérgio Carvalho. **Fabrico e compactação de misturas betuminosas temperadas**. 2015. 64 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2015.
- MOTTA, Rosângela; BERNUCCI, Liedi Bariani; FARIA, Valéria Cristina de. Misturas asfálticas para revestimentos de pavimentos produzidas com baixa energia e redução de temperatura, para diminuição de consumo energético e de emissão de poluentes. **Revista ANTT**, Brasília, v. 4, n. 2, p. 140-151, Nov. 2012. Disponível em:
- OTTO, Gustavo Garcia. **Misturas asfálticas mornas: verificação da fadiga e do módulo complexo**. 2009. 179 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2009.
- PEREIRA, Raul Xavier Leandro. **Misturas Betuminosas Temperadas: Estudo da Interação Aditivo-Ligante**. 2010. 143 f. Dissertação (Mestrado) Universidade de Aveiro, Aveiro, 2010.