ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO TEMPO DE GIRO DAS AMOSTRAS DE ASFALTO NOS RESULTADOS DE RECUPERAÇÃO ELÁSTICA POR TORÇÃO

Thiago Seliger Woellner (Fundação Araucária), Lilian Tais de Gouveia (Orientadora), thiagowoellner@hotmail.com, ltgouveia@gmail.com.
Universidade Estadual de Ponta Grossa/Departamento de Engenharia Civil

Engenharias - Engenharia Civil - Infraestrutura de Transportes

Palavras-chave: asfalto modificado por polímero, asfalto-borracha, NLT-329/91.

Resumo
O estudo aborda diferentes tipos de ligantes modificados, que conferem características desejáveis ao pavimento de concreto asfáltico, como maior resistência à deformação permanente e à fadiga, as quais estão diretamente relacionadas à elasticidade do asfalto. Essa propriedade pode ser avaliada indiretamente pelo ensaio de recuperação elástica, também chamada de retorno elástico, normatizado pela NLT-329/91 (Espanha), no qual uma amostra de asfalto é submetida a uma torção de 180° no sentido horário, sendo o giro de torção realizado num intervalo de 3 a 5 s, o resultado do ensaio expressa o ângulo recuperado em relação ao ângulo inicial, após 30 minutos. A presente pesquisa avalia a influência do tempo de giro e controle de temperatura na magnitude dos valores de retorno elástico. Foram utilizados três tipos de asfaltos modificados em tempos de giro de 3 a 5 s e de 30 a 50 s, com e sem controle de temperatura durante o tempo de retorno elástico. Os resultados mostram que a variação da temperatura do asfalto durante o tempo de retorno elástico não altera os resultados. Pode-se observar também que o tempo de giro influencia os resultados de retorno elástico.

Introdução

O transporte rodoviário é responsável por mais de 60% do transporte de cargas e 90% do transporte de passageiros Brasil, no entanto, apenas 32% das rodovias pavimentadas estão em boas condições. A má condição dos pavimentos aumenta o custo operacional do transporte de cargas e número de acidentes (CNT, 2017). Os defeitos mais comuns encontrados nos pavimentos são o trincamento por fadiga e a deformação permanente (ONOFRE *et al*.,2013).

Se consolida no mercado nacional o uso de ligantes asfálticos modificados que podem aumentar a vida de serviço e reduzir a frequência das manutenções nos pavimentos. Existem diversos tipos de modificadores no mercado nacional, incluindo o Estireno Butadieno Estireno (SBS), o *Reactive Elastomeric Terpolymer* (RET) e a borracha de pneu moído, os quais melhoram certas propriedades das misturas, como a recuperação elástica, um parâmetro indicador do comportamento do material à deformação, pois avalia o grau em que uma substância recupera sua forma original após a aplicação e liberação da solicitação.

Em alguns países, para verificação da recuperação elástica, é utilizado o torciômetro, esse ensaio é regulamentado pela NLT 329/91, e é um método mais simples e rápido que o utilizado no Brasil atualmente com o ductilômetro, regulamentado pela norma 130/2010 do DNIT. A norma NLT 329/91 não tem correspondente brasileira, embora distribuidoras nacionais de asfalto realizem esse ensaio para asfaltos modificados destinados à exportação.

O presente estudo tem por objetivos analisar a influência do tempo de giro da amostra de asfalto nos resultados, assim como analisar a influência do controle de temperatura de banho do asfalto durante o tempo de retorno elástico.

Materiais e Métodos

Ensaio de Recuperação Elástica por torção

Para análise da recuperação elástica (NLT 329/91) foram empregados 3 tipos de ligantes, cedidos pela CBB Asfaltos, comercialmente conhecidos como: Poliflex 60/85 SBS, Poliflex 60/85 RET, TYREFLEX AB8 (com borracha de pneu moída). O equipamento de recuperação elástica empregado é o modelo padrão descrito na norma espanhola, fabricado no Brasil pela SOLOTEST.

O ensaio foi executado num total de 60 vezes. Com o objetivo de verificar a influência da temperatura de banho durante o retorno elástico do asfalto, foram ensaiadas, para cada tipo de asfalto, 5 réplicas com tempo de giro entre 3 e 5 s, sem controlar a temperatura durante o intervalo de retorno de 30 min ± 15 s e outras 5 réplicas submetidas ao mesmo tempo de giro, no entanto, mantendo a temperatura a 25°C durante o retorno elástico. Agora, com o objetivo de verificar a influência do tempo de giro, para cada tipo de asfalto, foram ensaiadas 5 réplicas com o tempo de giro entre 30 e 50 s, sem controlar a temperatura durante o intervalo de retorno de 30 min ± 15 s, e outras 5 mantendo a temperatura a 25°C.

Teste de hipóteses

Por se tratarem de amostras pequenas (n ≤ 30), aleatórias e com distribuição normal, as análises estatísticas foram realizadas através da variável t-Student, sendo H_0 hipótese nula (média das duas populações são iguais), e H_1 hipótese alternativa (média das duas populações são diferentes).

Para análise dos resultados, observa-se o p-valor, também chamado de nível descritivo ou probabilidade de significância, que descreve a chance de obter o resultado observado se a hipótese nula for verdadeira. O valor de corte para rejeitar a hipótese nula considerado foi de 0,05, o que significa que se o valor de p for muito pequeno (menor que 5%), então é pouco provável que a hipótese nula seja verdadeira, então rejeita-se H_0 (FISHER, 1954).

Resultados e Discussão

Os resultados dos ensaios realizados com giro da amostra entre 3 a 5 s e sem e com controle de temperatura durante o tempo de retorno elástico estão apresentados na Tabela 1. Amostra I se refere ao conjunto de réplicas sem controle de temperatura durante o tempo de retorno. A amostra II se refere ao conjunto de réplicas com controle de temperatura durante o tempo de retorno. Médias se refere à média aritmética da recuperação elástica obtida no ensaio (em %) para as réplicas sem e com controle de temperatura durante o tempo de retorno (30 min).

Tabela 1 – Resultados dos valores de retorno elástico sem (I) e com controle de temperatura (II) durante o retorno (tempo de giro de 3 a 5 s)

Ligante	Réplicas		Médias (%)		Desvio Padrão		Estatística T	P-valor
	I	II	I	II	I	II		
Poliflex 60/85 SBS	5	5	75,1	74,8	1,4	2,4	0,239	0,817
Poliflex 60/85 RET	5	5	52,4	54,1	1,8	3,2	-1,026	0,335
TYREFLEX AB8	5	5	52,9	52,5	1,0	1,4	0,523	0,615

Na Tabela 2, estão apresentados os resultados dos ensaios realizados com giro da amostra entre 30 a 50 s e sem e com controle de temperatura durante o tempo de retorno elástico.

Tabela 2 – Resultados dos valores de retorno elástico sem (I) e com controle de temperatura (II) durante o retorno (tempo de giro de 30 a 50 s)

Ligante	Réplicas		Médias (%)		Desvio Padrão		Estatística T	P-valor
	I	II	I	II	I	II		
Poliflex 60/85 SBS	5	5	70,6	73,2	4,7	2,8	-1,055	0,322
Poliflex 60/85 RET	5	5	52,1	56,0	3,3	2,4	-2,120	0,067
TYREFLEX AB8	5	5	38,3	39,8	3,6	4,3	-0,594	0,569

Observando o p-valor nos resultados do teste T para tempo de giro entre 3 a 5 s (Tabela 1), verifica-se que o nível descritivo é maior que 0,05 em todos os asfaltos, levando à aceitação da hipótese nula, ou seja, as médias de ambos os tratamentos são iguais. No caso das amostras executadas com o tempo de giro entre 30 e 50 s (Tabela 2), observou-se o mesmo resultado das realizadas conforme o procedimento padrão (NLT 329/91). Logo, parece que o procedimento de manter a temperatura do banho (25°C) durante os 30 min de retorno elástico da amostra não acarreta variações nas médias de retorno elástico. Vale ressaltar que nos meses em que foram ensaiadas as amostras, fevereiro a maio de 2018, a temperatura média em Ponta Grossa esteve entre 14,9 e 21,2°C. Não se sabe se uma variação térmica maior alteraria os resultados. Supõe-se que tal fato seja explicado pela adição de modificadores no ligante asfáltico, sabe-se que adição de polímeros, incluindo plastômeros e elastômeros termoplásticos, melhora algumas propriedades do revestimento asfáltico, como redução da sensibilidade térmica (ZHU *et al*., 2014). Para o asfalto-borracha, tal efeito também é perceptível, segundo Oda (2000), o uso desse ligante proporciona misturas asfálticas menos susceptíveis às variações de temperatura.

Observada a igualdade estatística das médias com e sem controle de temperatura no retorno, procedeu-se à análise da influência do tempo de giro no percentual de retorno elástico considerando a população amostral de 10 réplicas de cada ligante para tempo de giro de 3 a 5 s e 30 a 50 s, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3 – Comparação entre resultados médios do retorno elástico, considerando tempo de giro de 3 a 5 s (I) e de 30 a 50 s (II)

Ligante	Réplicas		Médias (%)		Desvio Padrão		Estatística T	P-valor
	I	II	I	II	I	II		
Poliflex 60/85 SBS	10	10	75,0	71,9	1,9	3,9	2,218	0,040
Poliflex 60/85 RET	10	10	53,3	54,1	2,6	3,4	-0,586	0,565
TYREFLEX AB8	10	10	53	39,1	1,2	3,8	10,742	2,94E-09

Para o Poliflex 60/85 SBS e o Tyreflex AB8, o p-valor foi menor que o limite de 5% (considerando índice de confiança de 95%), indicando que a hipótese nula é falsa, logo, há diferença entre médias de ensaios feitos com os tempos de giros diferentes estudados. Para o Poliflex 60/85 RET a hipótese nula não pode ser rejeitada, visto o

p-valor de 0,565. Tal diferença ressalta que os ligantes se comportam de maneira diferente a tempos de carregamento e solicitações diferentes.

Conclusões

Os resultados das análises apontam que não foi relevante o controle da temperatura durante o tempo de 30 minutos de retorno logo a normatização se mostra coerente em não recomendar esse procedimento.

Quanto ao tempo de giro, observou-se no ligante modificado com polímero SBS e no asfalto-borracha, médias menores para tempos de giro maiores (de 30 a 50 s), tal comportamento não foi constatado para a amostra de asfalto modificado com polímero do tipo RET. Conclui-se que esta variável é relevante no ensaio, logo deve ser seguida a orientação da NLT 329/91.

Considerando as variáveis estudadas, controle de temperatura do retorno elástico e tempo de giro, pode-se verificar que os padrões normativos do ensaio estão condizentes com o que foi verificado em laboratório.

Agradecimentos

Sou grato a minha instituição de ensino, Universidade Estadual de Ponta Grossa, pelo conhecimento que tenho recebido e pelas oportunidades que tem me dado. Também à Fundação Araucária pelo suporte financeiro que possibilita a realização de milhares de trabalhos como este em prol do desenvolvimento tecnológico.

Referências

AIREY, G.D.; BROWN, S.F. **Rheological performance of aged polymer modified bitumens**. Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists, 67: 66–94, Boston, Massachusetts,1998.

CENTRO DE ESTUDIOS DE CARRETERAS DEL CEDEX. **Norma NLT-329/91, Recuperación Elástica por Torsión de Betunes Asfálticos Modificados.** Espanha, 1991.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE – CNT. **Transporte rodoviário: por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?** – CNT, Brasília, 2017.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **NORMA DNIT 130/2010 – ME. Determinação da recuperação elástica de materiais asfálticos pelo ductilômetro – Método de Ensaio.** Rio de Janeiro, 2004.

FISHER, R. A. **Statistical methods for research workers**, 12th edition. New York, Hafner, 1954.

ODA, S. **Análise da viabilidade técnica da utilização do ligante asfalto-borracha em obras de pavimentação.** 2000. Tese (Doutorado em Transportes) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

ONOFRE, F. C.; CASTELO BRANCO V. T. F.; SOARES J. B.; FAXINA A. L. **Avaliação do Efeito de Ligantes Asfálticos Modificados na Resistência à Deformação Permanente de Misturas Asfálticas Densas**. Transportes, v. 21, n. 3, p. 14-21, 2013.

YILDIRIM, Y. **Polymer Modified Asphalt Binders.** Construction and Building Materials, v. 21, n. 1, p. 66-72, 2007.

ZHU J.Q; B. BIRGISSON; KRINGO, N. **Polymer modification of bitumen: advances and challenges**. European Polymer Journal, vol. 54, no. 1, 2014.