

TPROGRAMA INTERLABORATORIAL DE AGREGADOS E MISTURAS ASFÁLTICAS DA REDE ASFALTO N/NE

Manuela de Mesquita Lopes
Verônica Teixeira Franco Castelo Branco
Jorge Barbosa Soares
Universidade Federal do Ceará
Departamento de Engenharia de Transportes
Laboratório de Mecânica dos Pavimentos

RESUMO

O trabalho apresenta uma avaliação do primeiro ano do programa interlaboratorial para caracterização de agregados e dosagem de misturas asfálticas na Rede Asfalto N/NE, um arranjo de nove instituições brasileiras e coordenado pela Universidade Federal do Ceará. O objetivo do trabalho é a busca pela uniformidade de procedimentos, melhorando a confiabilidade metrológica dos resultados. Foram distribuídas amostras de agregados e ligante asfáltico para serem caracterizados por cada laboratório participante. Os resultados dos ensaios foram analisados à luz dos métodos estatísticos da Elipse de confiança e do Z-score. Após a padronização dos procedimentos, as universidades caracterizaram dois tipos de agregados locais (natural e rejeito) e fizeram dosagens de misturas asfálticas utilizando os mesmos. Os resultados foram enviados à UFC, juntamente com amostras dos agregados, para moldagem de corpos de prova no teor de projeto para caracterização mecânica e análise da estrutura interna por meio de técnicas de Processamento Digital de Imagens.

1. INTRODUÇÃO

O estudo de misturas asfálticas no Brasil, tanto relativos à dosagem quanto à caracterização mecânica, tem apresentado, não raro, algumas inconsistências quando se comparam procedimentos adotados em diferentes laboratórios. Isso se reflete em resultados distintos com relação aos parâmetros volumétricos utilizados nos métodos de dosagem e nas propriedades mecânicas destes materiais, sejam quando obtidos em campo ou produzidos em laboratório. Além disso, observam-se diferenças de resultados quando se consideram os mesmos materiais caracterizados em laboratórios diferentes ou por operadores distintos. Dessa maneira, para a obtenção de resultados compatíveis, dentro de variabilidades aceitáveis, programas interlaboratoriais podem ser estabelecidos.

A Rede Asfalto N/NE é um arranjo cooperativo de pesquisa composto por um grupo de nove universidades (UFAM, UFPA, UEMA, UFC, UFRN, UFCG, UFPE, UFS e UFBA) em nove estados das regiões Norte e Nordeste do Brasil. A rede é coordenada pelo Laboratório de Mecânica dos Pavimentos da Universidade Federal do Ceará (LMP/UFC) e tem como objetivo principal auxiliar na montagem de infra-estrutura física e de pessoal, para que esses grupos possam atender às demandas locais referentes à pavimentação. Desde 2007, a rede desenvolve um projeto especificamente em misturas asfálticas. Uma das ações propostas é a padronização dos métodos de ensaio necessários à caracterização de materiais e à dosagem de misturas asfálticas, por meio da implantação de um programa interlaboratorial. Este programa visa incentivar os laboratórios da rede com relação a: (i) melhorar a confiabilidade metrológica de seus resultados, (ii) rever e melhorar seus experimentos, e (iii) verificar de que maneira os operadores dos equipamentos e a metodologia podem influenciar os resultados dos ensaios. Nesse contexto, o objetivo principal deste trabalho é implantar um programa interlaboratorial de agregados e misturas asfálticas dentro da Rede e utilizar os resultados como ferramenta

para uniformizar os procedimentos dos laboratórios participantes. Espera-se ainda que os resultados sejam úteis para uma rede nacional ora em formação entre os diversos laboratórios de universidades e centros de pesquisa do país.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Programa Interlaboratorial

Ensaio de proficiência são um conjunto de procedimentos técnicos para a determinação do desempenho de laboratórios em processos de calibração ou em ensaios por meio de comparações interlaboratoriais. Um programa interlaboratorial consiste na organização, realização e avaliação de ensaios de produtos ou materiais idênticos ou similares, em laboratórios diferentes, sob condições pré-determinadas (ABNT ISO/IEC guia 43, 1999). Pode ter diferentes objetivos: (i) avaliação de métodos de ensaios, (ii) verificação do desempenho de laboratórios, (iii) certificação de materiais de referência ou (iv) compatibilização de resultados obtidos por dois ou mais laboratórios (Olivieri, 2004). A participação de um laboratório em programas de proficiência é um indicativo de sua competência para a realização de determinados ensaios, sendo, portanto parte integrante do processo de avaliação e credenciamento do laboratório pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) (Fortes *et al.*, 2001).

2.2. Análise Estatística

Para a avaliação de desempenho dos laboratórios, existem alguns métodos estatísticos, sendo o de Youden (elipse de confiança) e Z-score os mais empregados nos programas nacionais e internacionais (Fortes *et al.*, 2001; Olivieri, 2004; Chui *et al.*, 2004; PTA, 2008).

2.2.1. Elipse de Confiança

A elipse de confiança (Figura 1(a)) é o método gráfico mais utilizado para verificar a compatibilidade entre os laboratórios e segue o método proposto por Youden (1959). Neste método, pares de resultados (A e B) são lançados no plano cartesiano, onde os resultados das amostras A e B são alocados nos eixos x e y , respectivamente (Olivieri, 2004). A elipse é traçada de maneira que todos os pontos tenham a mesma probabilidade, em geral 95%, de se situar dentro dela. Normalmente, o eixo maior da elipse forma um ângulo de aproximadamente 45° com o eixo horizontal. A dispersão dos pontos ao longo do eixo maior da elipse está associada aos erros sistemáticos, enquanto que ao longo do eixo menor aos erros aleatórios. Laboratórios cujos pontos se situam fora da elipse ou não se encontram no gráfico, devem reexaminar seu procedimento de ensaio, localizando e corrigindo a fonte de desvio (Fortes *et al.*, 2001; Chui *et al.*, 2004).

2.2.2. Z-score

Z-scores são valores padronizados que atribuem uma nota (*score*) para cada resultado de ensaio, relativa aos demais participantes. Trata-se de um método estatístico que determina a variabilidade dos resultados de ensaios utilizando um par de resultados, obtendo-se a repetitividade e a reprodutibilidade (INMETRO, 2007). O valor z-score de cada laboratório é apresentado em um gráfico, exemplificado na Figura 1(b), e identificado pelo seu número código, que é usado para manter de modo confidencial a identidade do laboratório. O desempenho do laboratório é classificado de acordo com o

seguinte critério: $|z| \leq 2$ indica desempenho satisfatório; se $2 < |z| < 3$, o desempenho é questionável; e quando $|z| \geq 3$ o desempenho é considerado não satisfatório (Chui *et al.*, 2004).

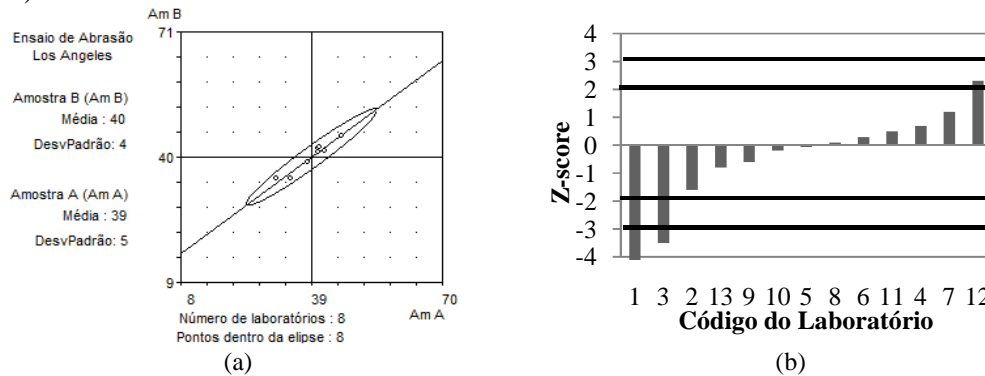


Figura 1. (a) Elipse de Confiança e (b) Z-Score

3. MATERIAIS E MÉTODOS

As atividades desenvolvidas nesta pesquisa foram divididas em três etapas coordenadas pelo LMP/UFC. Na primeira etapa, foi feito o convite às universidades e o levantamento dos ensaios que cada universidade seria capaz de fazer. Em seguida, houve a preparação das amostras, em recipientes cuidadosamente lacrados e etiquetados, e o envio destas às instituições. Além disso, foram enviados normas técnicas e formulários contendo instruções de procedimentos. As amostras enviadas eram compostas de agregados graníticos (brita 3/4", brita 3/8" e pó de pedra) e de Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) caracterizado por penetração como CAP 50/70.

A segunda etapa consistiu nos ensaios de caracterização dos agregados do Ceará e na dosagem da mistura asfáltica pelo método Marshall, tendo em vista a padronização dos procedimentos entre os participantes. Os ensaios de caracterização dos agregados foram: abrasão Los Angeles (DNER-ME035-98); absorção e densidade do agregado graúdo (DNER-ME081-98); densidade real do agregado miúdo (DNER-ME084-95); equivalente de areia (DNER-ME054-97); granulometria (DNER-ME083-98); índice de forma (NBR 7809); massa específica real do filer (DNER-ME085-94). Nessa etapa, não houve intervenção do laboratório coordenador. Todos os laboratórios fizeram os ensaios utilizando somente as normas técnicas, os formulários com instruções básicas e adotaram as condições operacionais de rotina, no que diz respeito à calibração de equipamentos e capacitação dos operadores. Em seguida, os resultados foram analisados pelos métodos da elipse de confiança e do z-score.

Na terceira etapa, considerando que os procedimentos foram uniformizados, houve as duas dosagens Marshall, por cada universidade, utilizando dois tipos de agregados locais (natural e rejeito). Em seguida, os resultados destes procedimentos, juntamente com amostras de tais agregados foram enviados ao LMP/UFC para que fossem moldados corpos de prova (cps) no teor de projeto de ligante (teor ótimo) para análise do comportamento mecânico. Os ensaios mecânicos selecionados foram os de módulo de resiliência, resistência à tração, vida de fadiga e *creep* dinâmico. Finalmente, foi construído um banco de dados contendo o mapeamento dos principais agregados e

características das misturas asfálticas das regiões N/NE do Brasil.

4. RESULTADOS ESPERADOS

Os resultados apresentados nesta seção são uma representação do que se espera obter para todos os ensaios de caracterização desta pesquisa. A Figura 2 mostra a análise dos resultados obtidos para a determinação da densidade real do agregado miúdo pelos nove laboratórios envolvidos, quando avaliados estatisticamente pelo método do z-score e da elipse de confiança. A Figura 2(a) mostra que os laboratórios 7 e 8 obtiveram desempenho insatisfatório ($|z| > 3$) e que os demais laboratórios obtiveram resultados satisfatórios e semelhantes entre si ($|z| < 1$). Este fato ainda pode ser evidenciado a partir da elipse da Figura 2(b), onde sete pontos encontram-se próximos ao centro da elipse e os outros dois encontram-se isolados nos quadrantes superior direito e inferior esquerdo.

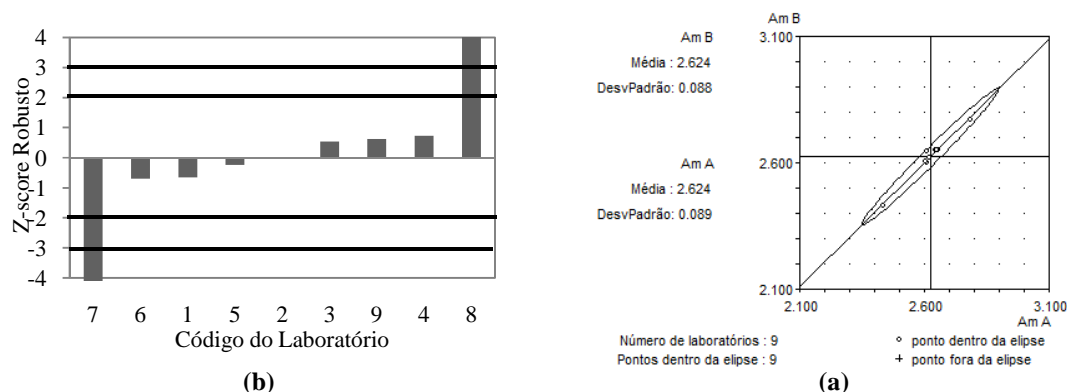


Figura 2. Densidade real do agregado miúdo: (a) z-score e (b) elipse de confiança

A pesquisa em andamento tem apresentado resultados positivos, a partir da identificação da (i) necessidade de aprimoramento de procedimentos, (ii) observação de etapas destes procedimentos que podem gerar dúvidas e levar a resultados errados, (iii) detalhamento de normas técnicas e (iv) treinamento dos laboratórios envolvidos. Este programa contribuirá para a capacitação dos laboratórios e dos seus técnicos, para a realização de ensaios com confiabilidade e credibilidade, além de promover uma maior integração entre os grupos envolvidos contribuindo com a consolidação da Rede Asfalto N/NE. Espera-se ainda aprofundar os conhecimentos das potencialidades e limitações do emprego de rejeitos como materiais de pavimentação. Por fim, o estudo permitirá a criação de um banco de dados com as características mecânicas das misturas asfálticas avaliadas.

Agradecimentos

Agradecimentos são devidos (i) ao Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor Petróleo e Gás – PRH-ANP/MCT pelo apoio na forma de bolsa de mestrado à primeira autora; (ii) à Rede Asfalto Norte/Nordeste. Sem a ativa participação das instituições envolvidas, a consecução deste programa não seria possível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT ISO/IEC Guia 43-1 (1999) Ensaios de Proficiência por Comparações Interlaboratoriais – Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, Brasil.
- ABNT-NBR 7809 (2006) Agregado graúdo – Determinação do Índice de Forma pelo Método do

- Paquímetro, Associação Brasileira de Normas Técnicas – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Borges, R. M. H. (2004) A Norma ABNT ISSO/IEC GUIA 43. Seminário Nacional. Acreditação de Laboratórios em Análises de Qualidade da Água.
- CHUI, Q. S. H.; BISPO, J. M. A.; IAMASHITA, C. O. (2004). O Papel dos Programas Interlaboratoriais para a Qualidade dos Resultados Analíticos. Química Nova, v. 27, n. 6, p. 993-1003.
- DNER-ME 035 (1998) Agregados – Determinação da Abrasão Los Angeles, Departamento Nacional de Estradas e Rodagens – Método de Ensaio, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- DNER-ME 054 (1997) Equivalente de Areia, Departamento Nacional de Estradas e Rodagem – Método de Ensaio, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- DNER-ME 081 (1998) Agregados – Determinação da Absorção e da Densidade de Agregado Graúdo, Departamento Nacional de Estradas e Rodagens – Método de Ensaio, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- DNER-ME 083 (1998) Agregados – Análise Granulométrica, Departamento Nacional de Estradas e Rodagens – Método de Ensaio, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- DNER-ME 084 (1995) Agregado Miúdo – Determinação de Densidade Real, Departamento Nacional de Estradas e Rodagens – Método de Ensaio, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Fortes, R. M.; Merighi, J. V.; Zuppolini Neto, A.; Ribeiro, L. E. S.; Marques, J. C.; Lima, D. C. (2001) Avaliação de Dois Anos de Programa Interlaboratorial de Asfalto. 33ª Reunião Anual de Pavimentação. Florianópolis, SC, Brasil.
- INMETRO (2007) Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Ensaio de Proficiência para Análise de Composição de Mistura de Gases 4ª rodada – Gás Natural. < http://www.inmetro.gov.br/metcientifica/ensaioProficiencia_Gases3.pdf>. Acessado em 10/03/2009.
- NATA (2009) National Association of Testing Authorities. Disponível em:<<http://www.nata.asn.au>>. Acessado em: 28/07/2009.
- Olivieri, J. C. (2004) Programa Interlaboratorial: Proposta de Modelo para Interpretação de Resultados de Análises Químicas. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. Comissão de Pós-Graduação em Qualidade.
- PTA (2008) *Guide to Proficiency Testing Australia. Proficiency Testing Australia. PO Box 7507 Silverwater NSW 2128 Australia.*
- Youden W. J. (1959) Graphical Diagnosis of Interlaboratory Tests: Industrial Quality Control, p.24-28.