

35ª REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO – 35.ª RAPv

RIO DE JANEIRO– RJ - BRASIL - 19 a 21 de Outubro de 2004

Local: Auditório da Petrobras Distribuidora
Rua General Canabarro, 500

AVALIAÇÃO DE CINCO ANOS DE PROGRAMA INTERLABORATORIAL DE MISTURAS ASFALTICAS DESENVOLVIDO NO BRASIL

*Rita Moura Fortes¹; Alexandre Zuppolini Neto² & Mirella Pennacchi Assali³ Álvaro Sérgio
Barbosa Júnior⁴*

¹ Professor da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie e Diretora Técnica da LENC. R. Salvador Garcia, 39 - 3º andar – Butantã - São Paulo– SP- Brasil - CEP 05 503-030. rita@lenc.com.br

² Diretor Presidente da LENC. R. Salvador Garcia, 39 - 3º andar – Butantã - São Paulo– SP- Brasil - CEP 05 503-030. alexandre@lenc.com.br

³ Coordenadora de Garantia da Qualidade da LENC. R. Alzira da Silva Monteiro, 37 – Jaguaré – São Paulo – SP – Brasil – CEP 05323-070. mirella@lenc.com.br

⁴ Gerente do Laboratório de Controle de Qualidade da LENC. R. Alzira da Silva Monteiro, 37 – Jaguaré – São Paulo – SP – Brasil – CEP 05323-070 alvaro@lenc.com.br

RESUMO

Este trabalho apresenta uma avaliação de cinco anos do desenvolvimento do programa interlaboratorial de misturas asfálticas para verificar a compatibilidade de resultados de ensaios, desenvolvido no Brasil de 1999 a 2003. Esta atividade é uma ferramenta importante na melhoria do controle de qualidade e tecnológico, pois este programa conduz o laboratório a uma melhoria da confiabilidade metrológica de seus resultados, a melhoria dos métodos de ensaio, fornecendo informações sobre o equipamento, os operadores e a metodologia podem influenciar os resultados, além de alertar para possíveis falhas aleatórias. Cada laboratório é avaliado na luz do método proposto por Yoüden (elipse da confiabilidade), Programa Z-score e coeficiente de variação da amostra, procurando verificar se os desvios encontrados são devido a erros aleatórios ou sistemáticos. Neste trabalho é apresentado o desempenho de laboratórios participantes, verificando-se separadamente o de laboratórios que são certificados pelo INMETRO e os que não o são.

PALAVRAS-CHAVE: Programa Interlaboratorial, misturas asfálticas, ensaio Marshall, elipse de Yoüden, Z-core, coeficiente de variação da amostra, confiabilidade metrológica, ensaio de proficiência.

ABSTRACT

This paper aims to present an assessment of the first five years (1999 to 2003) of the asphalt mixes inter-laboratory program, which has coordinated by authors and developed in Brazil. This activity is an important tool used in quality and technological control because this program focuses on persuading laboratories to improve the metrological reliability of their results, to revise and improve their trial methods, to provide information on how equipment, operators and methodology can influence trial results and lack of precision in measurements. This program has used the method proposed by Yoüden (Ellipse of Reliability), Z-score program and the coefficient of variation (COV) was established in order to determine whether the deviations found are due to random or systematic errors.

KEY WORDS: inter-laboratory program; asphalt mixes, Marshall Test, the Yoüden reliability ellipse, the z-score programs, the coefficient of variation, metrological reliability; proficiency testing.

1. INTRODUÇÃO

Quando o projetista está sentado diante de computador em uma sala com ar condicionado, analisando os resultados de ensaios para a elaboração de um projeto, ele confia nesses resultados como um piloto confia nos seus instrumentos de bordo...mas, será que eles são tão confiáveis...

Sabe-se que os ensaios são a observação indireta que é desenvolvida para que através de situações artificiais, utilizando-se amostras representativas, possa-se avaliar e prever o comportamento do material ou mistura, seja através de ensaios destrutivos ou não.

Também existe a necessidade da realização do controle tecnológico, que engloba o conhecimento e a experiência tecnológica, devendo ser realizado por técnicos especializados, com experiência técnica comprovada. Porém não basta somente isto para garantir a eficácia de um ensaio, as rotinas do controle devem ser específicas e orientadas por normalização, requerendo dos técnicos e auxiliares um treinamento adequado e atualização constante. O laboratório deve possuir instalações e equipamentos calibrados atendendo os requisitos de confiabilidade.

Enquanto o controle tecnológico visa verificar se estão sendo atendidas as especificações tanto do material como da mistura ou aplicação, o controle de qualidade é mais abrangente, uma vez que envolve além da verificação dos resultados dos ensaios realizados para controle, a sua referência normativa e análise quanto ao atendimento ou não das especificações do empreendimento, também o acompanhamento da adequação das instalações, da devida calibração dos instrumentos ou equipamento utilizados para medição de qualquer propriedade, dos métodos e documentação utilizados, da competência técnica e da experiência profissional dos envolvidos, enfim, todos as condicionantes para garantir confiabilidade e adequação aos resultados obtidos.

O controle de qualidade procura verificar de maneira sistêmica o controle tecnológico, retroalimentando os processos, buscando a melhoria contínua, garantindo a rastreabilidade de cada ensaio, que não permitem anomalias originadas pela queda de qualidade dos materiais ou processos executivos.

Os resultados de ensaio, devem ser analisados, de maneira a verificar se estão condizentes aos parâmetros estabelecidos, verificando sua rastreabilidade desde quando a amostra deu entrada no laboratório até a confecção do relatório de ensaio. O laboratório deve possuir procedimento que visem a melhoria contínua, além de fornecerem parâmetros para que através de mecanismos utilizados pela qualidade, tais como a auditoria, seja possível detectar quaisquer não conformidades, desenvolver-se um plano de ação corretiva e preventiva, para evitar e prevenir qualquer não conformidade.

No Brasil, muitos dos laboratórios que realizam controle tecnológico são certificados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), uns braços executivos do Ministério da Indústria, do Comércio e do Turismo (MICT), e da agência executiva principal sob o sistema nacional da metrologia e dos padrões industriais (SINMETRO). Os laboratórios certificados pelo INMETRO compõem a rede brasileira de ensaios de laboratório (RBLE).

A Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio (RBLE), é um conjunto de laboratórios nacionais ou estrangeiros credenciados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) para a execução de serviços de ensaio. Na figura 1 está apresentada a distribuição dos laboratórios pelo território nacional.

Segundo definição apresentada pelo INMETRO [1], ensaio é uma operação técnica que consiste na determinação de pelo menos uma das características de um dado produto, processo ou serviço, de acordo com um procedimento especificado. Os laboratórios de ensaios podem ser operados por uma variedade de organizações, incluindo agências governamentais, instituições de pesquisa e acadêmicas, organizações comerciais e institutos de normalização e podem ser divididos em laboratórios que produzem dados que serão utilizados por terceiros; ou laboratórios para uso internos das organizações.

Entre os objetivos da RBLE está o aperfeiçoamento de padrões de ensaio e gerenciamento dos laboratórios que prestam serviços no Brasil, identificação e reconhecimento oficial destes, promoção da aceitação dos dados de ensaio, tanto nacional quanto internacionalmente bem como utilizar de modo racional a capacitação laboratorial do país [1].

O "Comitê Tecnológico de Laboratórios de Construção Civil - CTLE-01" foi criado em 1994 com a finalidade de apontar, expandir e controlar as atividades relacionadas à qualidade de controle tecnológico na construção civil, compreendendo laboratórios certificados e aqueles que estão em fase de certificação.

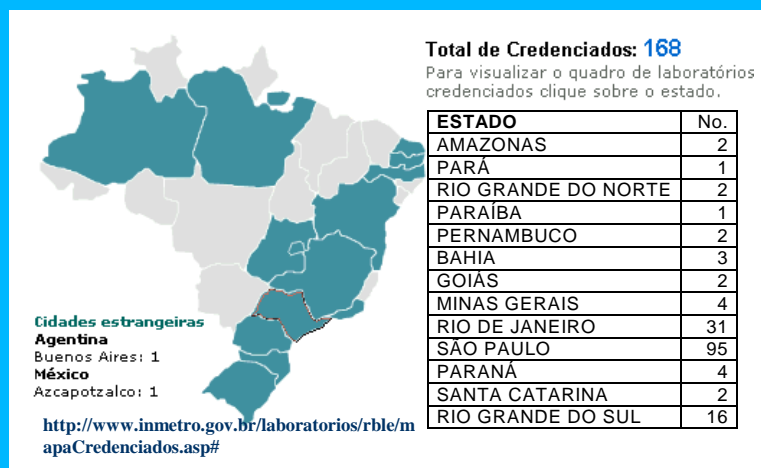


Figura 1 Mapa do território nacional com a distribuição de Laboratórios de Ensaio Credenciados [1].

Este comitê reúne-se uma vez por mês para divulgar e discutir os benefícios da certificação entre laboratórios não-certificados, coordenar programas interlaboratoriais, e oferecer diretrizes aos comitês locais de qualificação em como se prepararem e revisar os métodos de ensaio e realçar a confiabilidade das medidas.

Este trabalho apresenta uma avaliação dos primeiros cinco anos (1999 a 2003) do programa interlaboratorial de misturas asfálticas no Brasil, uma ferramenta importante usada para controle tecnológico e de qualidade. Este programa focaliza o incentivo aos laboratórios para melhorar a confiabilidade metrológica de seus resultados, para rever e para melhorar seus métodos experimentais, e verificar em como os operadores dos equipamentos e a metodologia podem influenciar os resultados experimentais e produzir medidas imprecisas. Cada laboratório tem sido avaliado pelo método proposto por Youden (1999 a 2003 ellipse da confiabilidade) a fim determinar se os desvios encontrados são devido aos erros aleatórios ou sistemáticos e pelo método Z score (2002 a 2003) para definir se os resultados dos ensaios estão satisfatórios ou insatisfatórios [2].

No que se refere a ensaios, o termo utilizado para descrever a variabilidade entre ensaios repetitivos, segundo a ISO 5725 [3] é precisão. Diferentes fatores podem contribuir para a variabilidade de um ensaio: o operador, o equipamento utilizado, a calibração do equipamento e o meio ambiente (temperatura, umidade, poluição do ar). A variabilidade devida à utilização de diferentes operadores e/ou diferentes equipamentos é maior que entre ensaios utilizando-se o mesmo operador e o mesmo equipamento.

A precisão pode ser dividida em repetibilidade e reprodutibilidade. A primeira ocorre quando o ensaio é conduzido sob condições as mais constantes possíveis, durante um curto intervalo de tempo, em um laboratório, por um operador utilizando o mesmo equipamento. Neste sentido, os laboratórios da RBLE têm desenvolvido internamente em seus laboratórios, o programa de “amostras fantasmas” que serve como uma ação preventiva para detectar possíveis problemas com procedimentos e equipamentos. Reprodutibilidade refere-se a ensaios realizados sob uma larga variação das condições, em diferentes laboratórios, com diferentes operadores e equipamentos [2].

A realização de programas de ensaios de proficiência é um dos mecanismos de controle da qualidade dos resultados previstas na NBR ISO/IEC 17025 [4]. A denominação dada a este programa é de programa interlaboratorial, que é desenvolvido com vários produtos. Os benefícios advindos da participação são entre outros, que o laboratório participante dispõe de uma avaliação externa regular e independente. O fato de um laboratório poder comparar o seu desempenho com o de outros laboratórios semelhantes serve para a implementação de ações preventivas visando a melhoria dos seus procedimentos, além de que também alguns estudos podem fornecer informação sobre as características de desempenho de métodos analíticos e que o laboratório pode obter do organizador do programa uma fonte de assessoria técnica e orientação sobre problemas analíticos.

A participação dos laboratórios é uma indicação da competência do laboratório para realizar determinados ensaios, sendo, portanto, parte integrante do processo de avaliação e credenciamento do laboratório pelo INMETRO. Este estabelece no documento NIT-DICLA-026 [5] requisitos mínimos de participação neste tipo de ensaio, antes do credenciamento e após a sua concessão. Também é sua política encorajar a participação dos laboratórios em programas de ensaio de proficiência, no máximo de produtos para os quais estejam capacitados, como um complemento do

processo de avaliação, bem como uma ferramenta para controle e melhoria do desempenho do laboratório. Neste sentido, tem procurado divulgar informações sobre programas disponíveis no Brasil e no exterior.

Com a finalidade de incrementar e gerenciar os trabalhos relativos à qualidade em laboratórios de ensaios que efetuam o controle tecnológico e de qualidade de obras, sejam eles credenciados ou em fase de credenciamento, a “Comissão Técnica de Laboratórios de Ensaio em Construção Civil – CTLE-01” através do GT-02 (Grupo de Trabalho 02), vem desenvolvendo programas de proficiência em laboratórios desde de 1995, promovendo a realização de Programas Interlaboratoriais de vários produtos, com a finalidade básica de avaliar a proficiência dos laboratórios participantes, conforme procedimento recomendado pelo INMETRO na norma NIT-DICLA-026 [5] e normas ABNT ISO/IEC.Guia 43-1/1999 [6] e ABNT ISO/IEC.Guia 43-2/1999 [7], quando devem demonstrar a competência técnica dos ensaios credenciados que realizam, por meio de participação satisfatória.

Segundo OLIVIERI [8] um programa interlaboratorial pode ter diferentes objetivos: precisão de métodos, avaliação de equipamento ou operadores, certificação de materiais de referência, compatibilização de resultados, etc. Existem algumas ferramentas para a análise estatística de programa interlaboratorial. Talvez a mais conhecida seja a proposta pela ISO 5725 [3], que é recomendada quando o objetivo é avaliar a precisão do método ou avaliar equipamentos/operadores. FURNAS [9] têm utilizado o sistema INTERLAB para avaliação de programa interlaboratorial de concreto endurecido, desde o programa interlaboratorial de 1998. No entanto, desde 1995, tem sido utilizado pelos laboratórios coordenadores de programas interlaboratoriais do GT-2, a sistemática de Youden (Eclipse de confiança) utilizada pelo National Institute of Standard and Technology – NIST dos Estados Unidos e desde 2002 é utilizado também o método de Z score, estes métodos correspondem a um teste estatístico aplicável quando o objetivo é a compatibilização de resultados de ensaio, que traz os seguintes benefícios: redução de custo de calibração, verificação simultânea do equipamento e do operador, redução dos custos de produção, manutenção da confiança de clientes, obtenção da documentação quanto a sua capacitação de realização de ensaios, aperfeiçoamento da uniformidade de fornecimento, comparação do nível de precisão em ensaios, com os competidores [9].

O método de Youden (Eclipse de Confiança) recomenda, em cada programa, um número mínimo de 12 laboratórios participantes, lembrando-se que a repetibilidade e a reprodutibilidade são dependentes do número de laboratórios. Recomenda-se não incluir em um mesmo programa laboratórios com capacitações muito diferentes [10].

O método Z score é utilizado para identificar resultados dispersos demonstrando se estão satisfatórios ou insatisfatórios.

Os programas são realizados comparando-se os resultados dos ensaios, obtidos por todos os laboratórios participantes, com base em amostras preparadas por laboratórios de referência da RBLE na área de construção civil.

Esses programas têm por objetivo: avaliar o desempenho dos laboratórios, pela comparação interlaboratorial, para identificar se os desvios cometidos são devidos a erros aleatórios ou sistemáticos, avaliando a influência de equipamentos utilizados na realização de ensaios, do operador nos resultados, da metodologia (uso inadequado), além de incrementar a confiabilidade metrológica de seus resultados; contribuir para a melhoria técnica dos laboratórios participantes, permitindo à RBLE contar com laboratórios estatisticamente comparados, em todo território nacional, de acordo com os requisitos da ISO/IEC 17025 [4] (ISO Guide 25); verificar se os métodos de ensaios para análise de produtos fornecem resultados satisfatórios em termos de variabilidade, além de contribuir para o aperfeiçoamento dos mesmos, orientando as comissões de normalização do País na elaboração e revisão de métodos de ensaio.

A CTLE-01 está promovendo neste ano (2004) o 10º Programa Interlaboratorial com os produtos discriminados na tabela 1. Já foram desenvolvidos 2645 programas interlaboratoriais dos seguintes produtos: Aço/Tela e Argamassa Colante; Argamassa industrializada; Asfalto; Blocos de Concreto; Cimento (ensaios físicos e químicos); Concreto e Agregados; Placas cerâmicas; Solos e MCT; Telhas cerâmicas e Tijolo Cerâmico; Bloco cerâmico; Peça de Concreto para Pavimentação;

A metodologia empregada no programa interlaboratorial consiste na execução de ensaios pelo laboratório participante em par de amostras enviado pelo laboratório coordenador. O desenvolvimento do programa envolve as seguintes etapas: definição do cronograma, ensaios, divulgação e convites a laboratórios da RBLE, universidades e institutos nacionais; coleta das amostras, preparação das amostras, ensaios para verificação da uniformidade das amostras, embalagem, identificação e envio de amostras, recebimento das amostras pelos participantes e execução dos ensaios; recebimento de resultados, análise, interpretação e emissão de relatório que é enviado aos participantes.

A identificação de cada um é feita através de um número conhecido apenas pelos mesmos e pelo coordenador do programa, mantendo-se assim o sigilo dos resultados dos ensaios realizados. Para cada remessa de amostras, o laboratório participante recebe o relatório com os resultados obtidos por todos os participantes do programa, tratados a um nível de confiança de 95%, podendo visualizar a exatidão de seus resultados e se autocorrigir, caso necessário,

comparando seus resultados com os dos demais laboratórios. O relatório apresenta para cada ensaio, uma tabela e um gráfico, com os resultados obtidos pelos participantes, dos quais constam alguns indicadores estabelecidos como: média, desvio padrão, elipse de confiança e método Z score [2].

2. PROGRAMA INTERLABORATORIAL DE ASFALTO

Os programas Interlaboratoriais de Asfalto têm sido realizados com amostra de misturas asfálticas e coordenados pela LENC desde 1999, e sua finalidade tem sido a de verificar o desempenho dos laboratórios de ensaios (instrumental e operacional) quanto a compatibilidade dos resultados, analisados conforme metodologia proposta por W. J. Yoüden, método da Elipse de Confiança (1999) e método Z score (2002). Estes programas também têm procurado apurar a metodologia de ensaio empregada, de maneira a se obter subsídios para futuras proposições de alterações dos métodos de ensaio ou até de recomendações de outras tecnologias para o controle tecnológico da área de pavimentação [2].

As amostras utilizadas têm sido cedidas gentilmente pela Prefeitura do Município de São Paulo (PMSP), através da Superintendência das Usinas de Asfalto (SPUA) e pela Usina Pedrix – São Paulo (SP).

2.1 Laboratórios Participantes

Na Tabela 1 está apresentada a relação de laboratórios participantes, em ordem alfabética, sendo que os laboratórios assinalados pertencem a RBLE e os demais ou estão em fase de credenciamento ou são considerados de competência idônea. Cabe ressaltar que esta ordem não corresponde a numeração dada aos mesmos.

2.2 Material Ensaiado e Ensaios Realizados

A cada ano têm sido distribuídas para cada laboratório participante 02 (duas) amostras distintas ensacadas, com uma identificação de Amostra 01 e 02, contendo aproximadamente 7 kg de mistura asfáltica para a realização de todos os ensaios.

Os ensaios pretendidos utilizando-se estas amostras, têm sido: DNER ME 043/95 - Mistura Betuminosa – Ensaio Marshall [11]; DNER ME 053/94 - Mistura Betuminosa – Porcentagem de Betume [12]; DNER ME 117/94 – Mistura Betuminosa – Massa Específica [13] e nos anos de 2001 e 2003 foram feitos ensaios DNER ME 138/94 – Determinação da Resistência a Tração por Compressão Diametral [14] porém este ensaio não será comentado neste estudo.

2.3 Interpretação da Elipse de Confiança

Os resultados relativos ao par de amostra permitem que se construa em um sistema de eixos cartesianos, um diagrama de dispersão, onde cada laboratório é representado por um ponto. A situação ideal é quando somente ocorrem erros aleatórios em níveis não significativos e os pontos se encontram igualmente distribuídos pelos quadrantes. Para realização do programa foi enviado um par de amostras de mistura betuminosa a cada laboratório participante.

A elipse de confiança é a região gráfica com probabilidade de conter 95% dos laboratórios participantes, determinados a partir de resultados de um par de coordenadas (x,y), conforme apresentado na Figura 2.

Os laboratórios que apresentam resultados dentro da Elipse de Confiança com dispersão uniforme indicam que existe compatibilidade entre os resultados dos laboratórios e no caso da dispersão não ser uniforme, devido a um ou mais pontos afastados da maioria, indicam que embora exista compatibilidade entre os resultados dos laboratórios, existem erros significativos dos laboratórios mais afastados, em relação aos demais [15].

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. Para esses laboratórios, a posição do ponto em relação ao eixo maior da elipse, fornece uma indicação do tipo de erro eventualmente cometido.

No caso de resultados próximo ao eixo maior da elipse, indicam erros sistemáticos significativos e ocorrem devido a condições adversas do laboratório, podendo ter origem em: modificações não permitidas na metodologia ou equipamento não calibrado.

No caso de resultados afastados do eixo maior da elipse significam erros aleatórios significativos e ocorrem devido a variabilidade dentro do laboratório, podendo ter origem em: operador não devidamente treinado, erros ocasionais (erro de leitura, erro de cálculo, erro de conversão de valores ou erro de transcrição de resultados etc) [2].

Tabela 1 Relação de Laboratórios Participantes

Nome do Laboratório	1999	2000	2001	2002	2003
ALPHAGEOS – Alphageos Tecnologia Aplicada S/A (SP)	X	-	X	X	X
BETONTEC - Tecnologia e Engenharia S/C Ltda.(SP)	X	X	X	X	X
CARLOS CAMPOS Consultoria e Construção Ltda	X	-	-	-	-
CETEC/LINS - Centro Tecnológico da Fundação Paulista. (SP)	X	X	X	X	X
CONCREMAT - Engenharia e Tecnologia S/A.(SP)	X	X	X	X	X
CONCREMAT – RJ – Engenharia e Tecnologia S/A (RJ)	X	-	-	-	-
CONTESTE – Engenharia e Tecnologia S/A (SP)	-	X	-	-	X
CONTROLE ENGª - Controle Engenharia S/C Ltda (SP)	-	X	X	-	-
COPPE – Universidade Federal do Rio de Janeiro.(RJ)	X	X	-	-	-
EPT - Engenharia e Pesquisas Tecnológicas S/A.(SP)	X	X	X	X	X
FAT’s Engenharia, Consultoria S/S Ltda	-	-	-	-	X
FURNAS – Centrais Elétricas S/A (GO)	X	X	X	X	X
IN SITU GEOTÉCNICA S/C Ltda.(PR)	X	X	-	-	-
IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.(SP)	X	X	X	X	X
JBA (SP)	X	-	-	X	X
L.A. FALCÃO BAUER - Centro Tecnológico de Controle da Qualidade Ltda.(SP)	X	X	X	X	X
LENC - Laboratório de Engenharia e Consultoria S/C Ltda.(SP)	X	X	X	X	X
PORTO SALMI Serviços de Engenharia Civil SC Ltda.(SP)	X	X	-	-	-
NOVA TECON	-	-	X	-	-
SOLUM – Engenharia e Geologia (PR)	X	-	-	-	-
USP – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (SP)	X	X	X	-	X
USP-SC – Universidade Politécnica de São Carlos (SP)	X	X	-	X	X

X Laboratórios que não pertencem a RBLE nos devidos anos

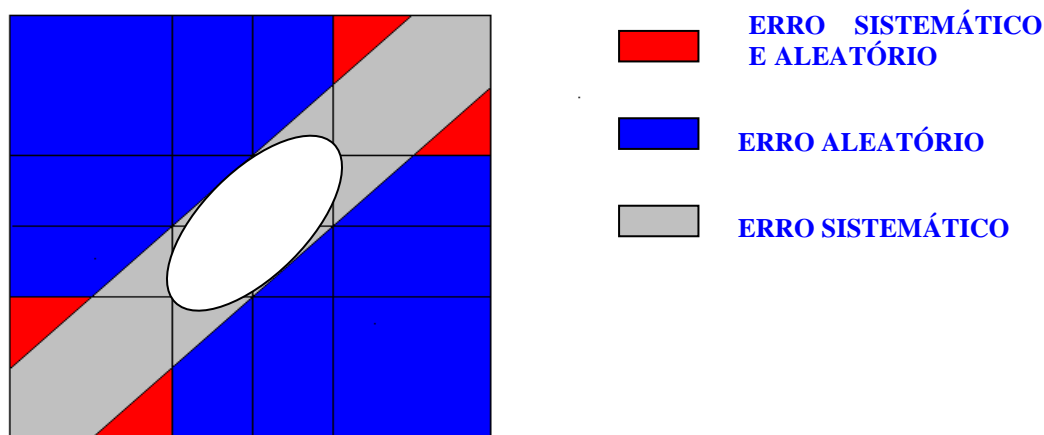


Figura 2 – Elipse de Confiança.

2.4 Interpretação da Z score

O “z-score” é utilizado para identificar resultados dispersos, ou seja, qualquer valor absoluto de “z-score” maior do que três. O “z-score” entre laboratórios é baseado na soma dos resultados do par, enquanto que o “z-score” dentro dos laboratórios, na diferença dos resultados do par [16].

Os “z-score” são valores padronizados que atribuem uma nota “score” para cada resultado, relativa aos demais no grupo. Um valor “z-score” próximo a zero significa que o resultado é compatível aos dos demais participantes. Na tabela x está apresentado resumidamente a interpretação do z-score.

Os laboratórios que alcançarem um bom desempenho em seu processo metrológico devem se apresentar dentro do intervalo $-2 < z < 2$, pelo menos 95% das vezes e dentro do intervalo de $-3 < z < 3$ em pelo menos 99,7% das vezes, adotando-se a classificação da tabela 2 [2].

Tabela 2 – Classificação dos laboratórios segundo o desempenho

$ z $	Desempenho
$ z < 2$	Satisfatório
$2 < z < 3$	Questionável
$ z \geq 3$	Insatisfatório

AValiação DO DESEMPENHO DOS LABORATÓRIOS

Os laboratórios têm sido analisados pelo programa da elipse e do z-score além de se verificar se os resultados não apresentam valores maiores ou menores que um desvio padrão do valor médio. Observa-se que a análise realizada pela elipse é a mais “branda” e que a de um desvio padrão é mais severa.

Tem-se recomendado aos laboratórios que apresentam valores fora da elipse ou do programa z-core que apresentem um Plano de ação corretiva verificando a causa do desvio, investindo em treinamento do seu corpo técnico de maneira a melhorarem o seu desempenho.

Para avaliar o desempenho dos laboratórios nesses cinco anos, foi utilizado um indicador estatístico, o coeficiente de variação (CV). Este coeficiente é o quociente do desvio padrão pela media, expresso em porcentagem. Dessa maneira foi possível verificar a dispersão dos resultados em relação ao valor médio.

A análise foi realizada considerando-se o CV dos seguintes parâmetros, conforme apresentado nas figuras 3 a 10: densidade da massa aparente; índice de vazios; Porcentagem de vazios cheios de asfalto (VCB); Porcentagem de vazios no agregado mineral (VAM); relação betume vazios (RBV); Fluência; Estabilidade Marshall e Teor de ligante.

A análise foi efetuada considerando-se a variação para a amostra A e amostra B, sendo que nos gráficos está apresentado o coeficiente de variação da amostra que é dado pelo desvio padrão dividido pelo valor médio. Nesta análise foram separados os laboratórios certificados pelo INMETRO (da RBLE) dos não. Cabe ressaltar que ocorreu a participação de laboratórios que, por exemplo, não eram credenciados em 2002 e que passaram a ser em 2003. Assim, na avaliação de 2002 este laboratório foi considerado não credenciado e em 2003, credenciado.

Na avaliação da determinação da massa aparente (figura 3), observa-se que os laboratórios não certificados apresentaram COV mais elevado que os certificados, tanto no caso da amostra A como da amostra B.

Em 2002 ocorreu um coeficiente de variação da amostra baixo tanto no caso dos laboratórios credenciados com os não, devido a um treinamento realizado com todos os laboratórios participantes.

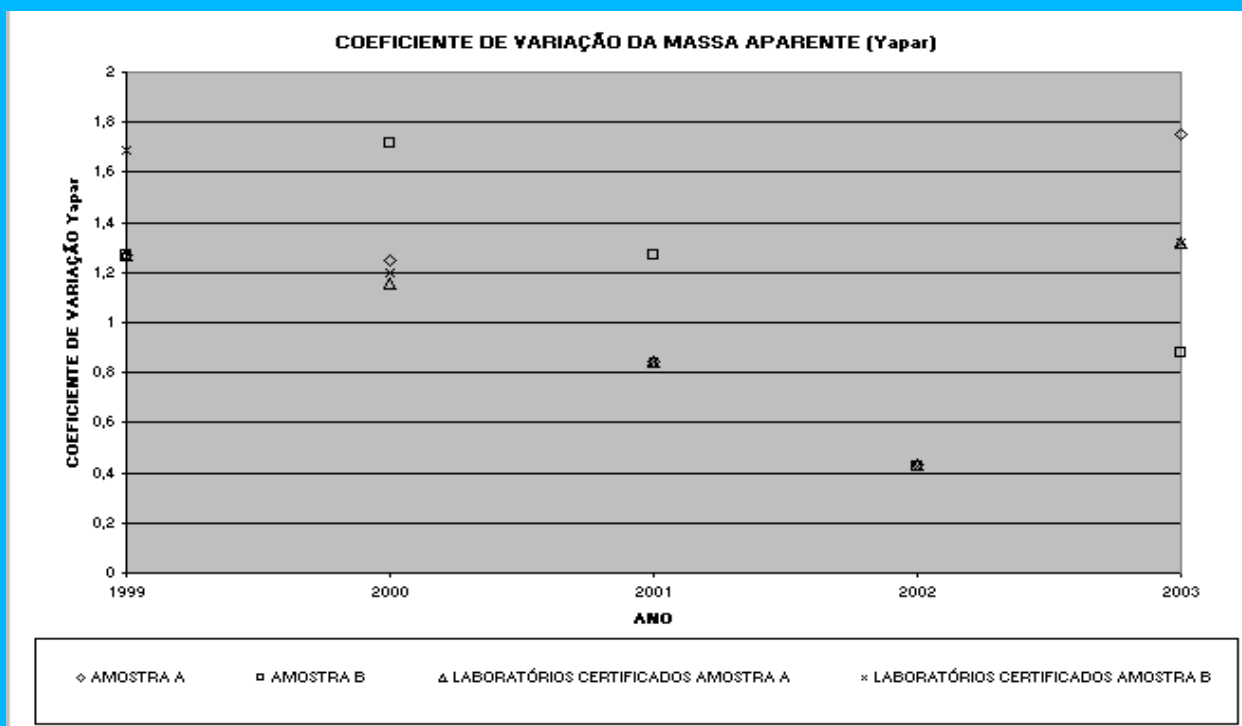


Figura 3: Coeficiente de variação da massa aparente (g/cm^3) para os anos de 1999 a 2003.

Nas figuras 4 (Coeficiente de variação do índice de vazios) e figura 5 (Coeficiente de variação do VCB), observa-se que ocorreu uma maior dispersão com a amostra A e que quanto a amostra B, os laboratórios credenciados obtiveram um melhor desempenho.

Nas figuras 6 a 10 observa-se que de uma maneira geral os laboratórios credenciados obtiveram um melhor desempenho.

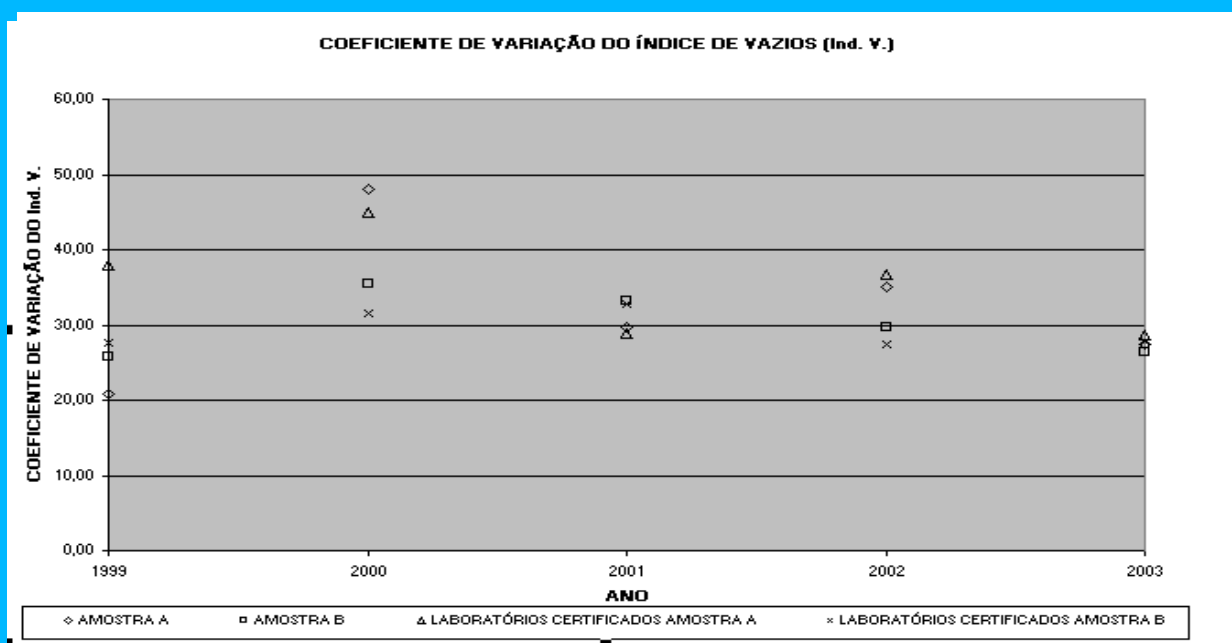


Figura 4: Coeficiente de variação do índice de vazios para os anos de 1999 a 2003.

Trabalho 35ª RAPv- 120

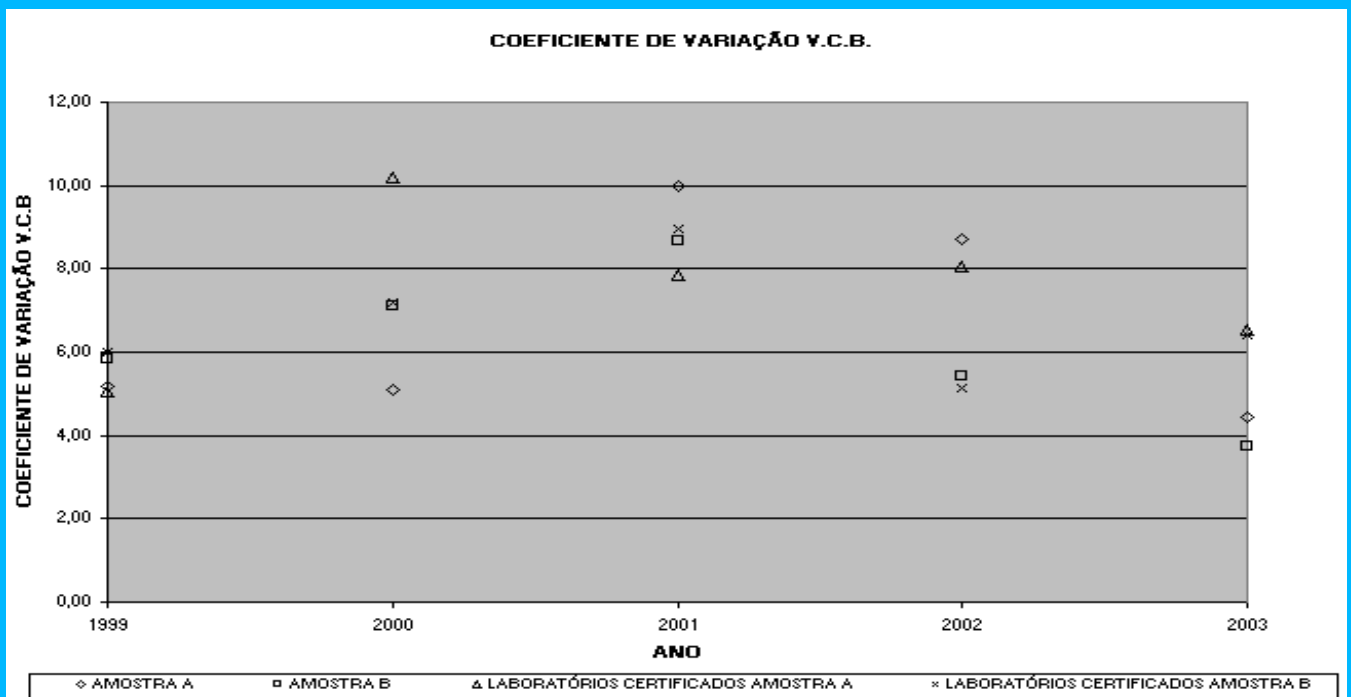


Figura 5: Coeficiente de variação do VCB para os anos de 1999 a 2003.

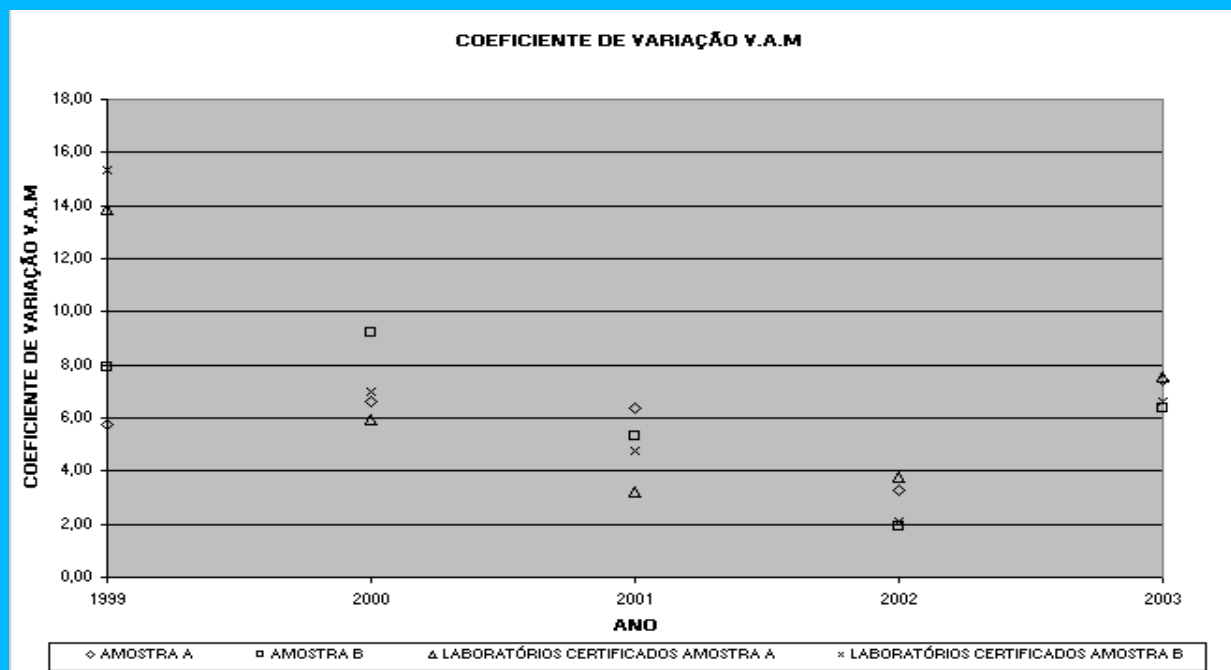


Figura 6: Coeficiente de variação do VAM para os anos de 1999 a 2003.

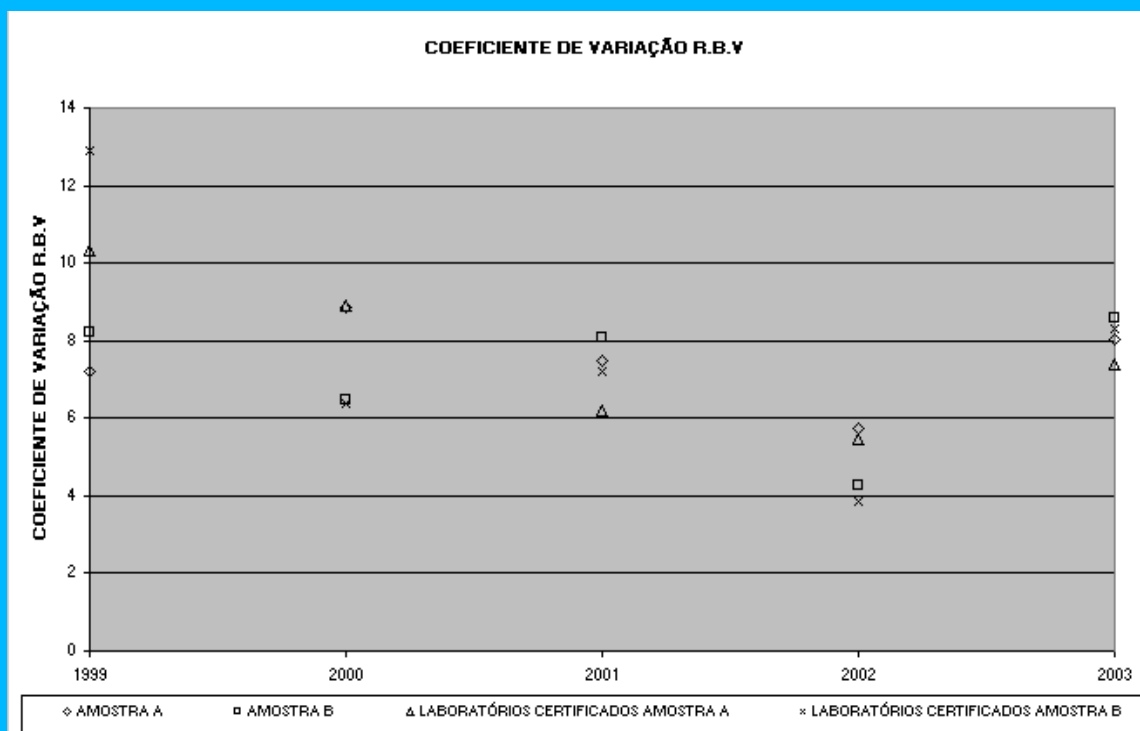


Figura 7: Coeficiente de variação do RBV para os anos de 1999 a 2003.

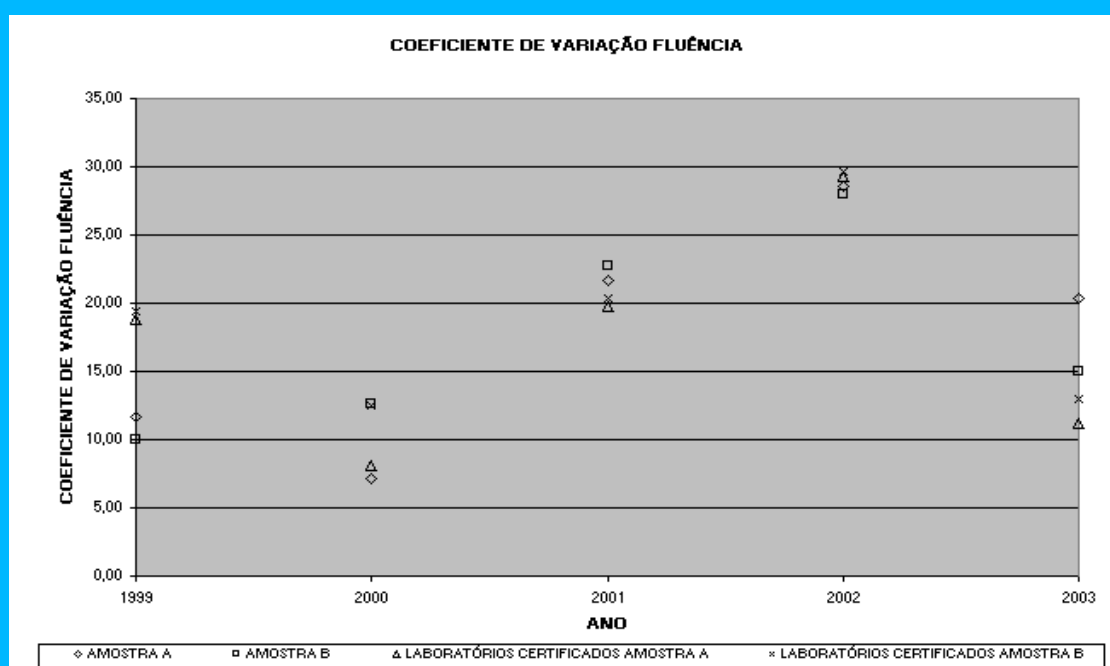


Figura 8: Coeficiente de variação da Fluência para os anos de 1999 a 2003.

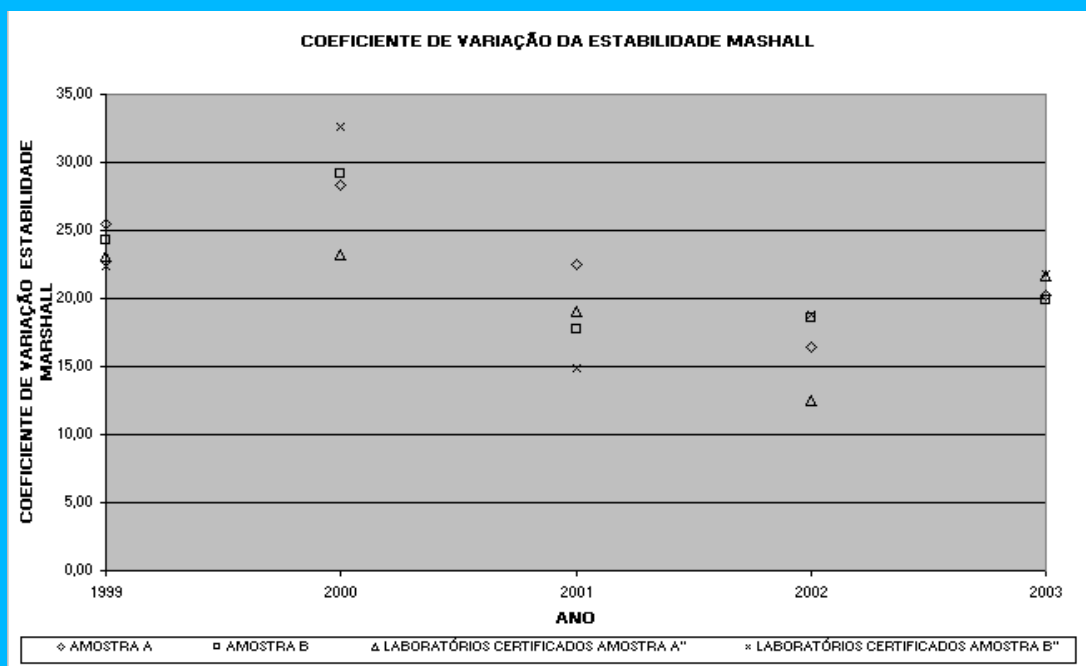


Figura 9: Coeficiente de variação da Estabilidade Marshall para os anos de 1999 a 2003.

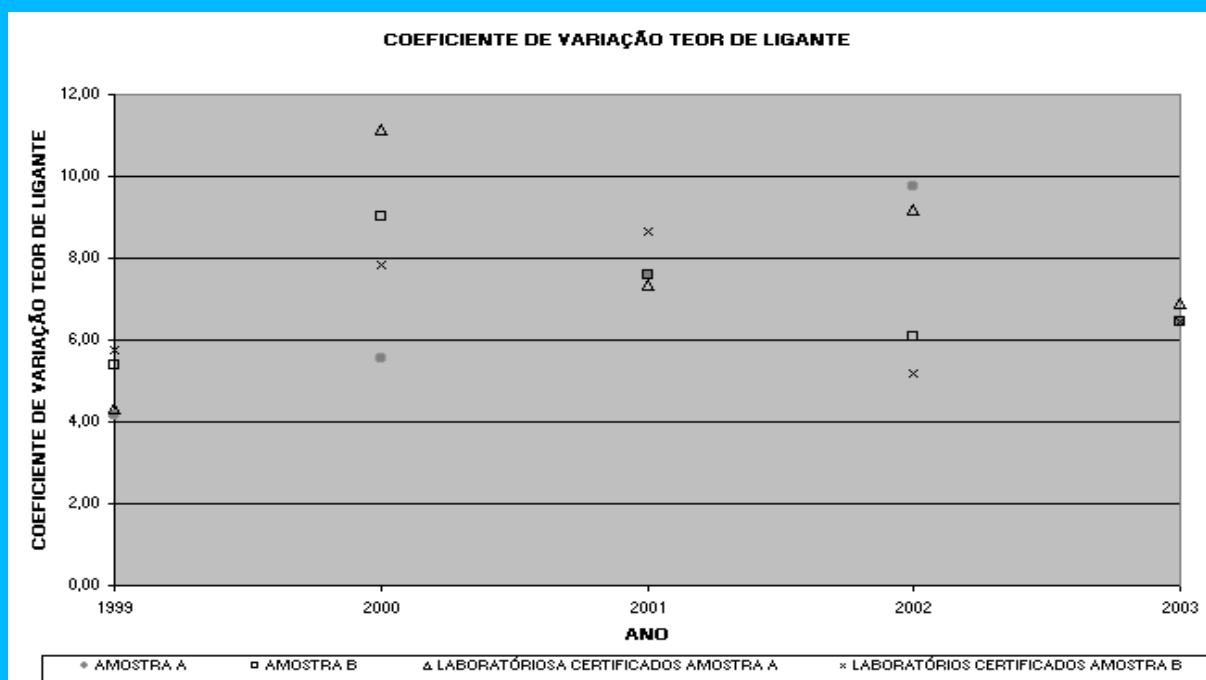


Figura 10: Coeficiente de variação do Teor de Ligante para os anos de 1999 a 2003.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A participação em programas interlaboratoriais tem sido compulsória para os laboratórios credenciados e é essencial para a verificação da compatibilidade de resultados. Para a interpretação dos resultados tem sido utilizados a elipse de Youden e o programa z-core além de se verificar se o resultado apresentado pelo laboratório se apresenta dentro de um desvio padrão.

O fato do desempenho de cada laboratório ser confidencial, ou seja, ser somente do seu conhecimento, do coordenador do programa e do INMETRO, serve como uma auto-avaliação, uma vez que na emissão do relatório, o laboratório é denominado por um número e conforme o seu desempenho, recebe orientação do laboratório coordenador, para que sejam sanadas as não conformidades existentes, com a apresentação de um Plano de Ações Corretivas e propostas de ações preventivas como melhoria contínua de sua proficiência. Este desempenho é acompanhado a cada ano no caso dos laboratórios credenciados, a cada auditoria efetuada pelo INMETRO.

É uma ferramenta muito importante, sendo que o INMETRO que pode suspender ou até cancelar o credenciamento do laboratório naquele ensaio, devido ao seu desempenho caso este não demonstre ter tomado as medidas corretivas necessárias, ou estas não forem efetivas, isto faz com que cresça a credibilidade dos laboratórios pertencentes a RBLE, que se submetem a uma avaliação entre os seus concorrentes.

O melhor desempenho dos laboratórios credenciados em relação aos que não o são pode ser explicado pelo fato de que os laboratórios pertencentes ao RBLE, além de possuírem um sistema de garantia implantado e estarem implementando continuamente melhorias, se justifica que no caso ao atenderem a NBR ISO/IEC 17025 [4], ela contempla além dos requisitos da ISO 9001 sendo mais rigorosa nos seguintes aspectos [17]:

- competência técnica específica da parte de todo pessoal Sênior do laboratório;
- competência técnica apropriada demonstrada de todo staff do laboratório;
- fidelidade rigorosa, por demonstração, a metodologia de ensaio especificada e
- participação em programas de proficiência de ensaio, sempre que possível.

Cabe ressaltar que no caso dos laboratórios credenciados, a certificação não garante que o laboratório apresente um coeficiente de variação baixo, no entanto, dado aos mecanismos implementados de avaliação e desempenho, é possível rastrear e descobrir a fonte causadora do mau desempenho do laboratório e assim saná-la caso este erro atinja seus clientes, os mesmos serão avisados e o laboratório assume a responsabilidade pelo seu erro, corrigindo-o. Este trabalho se mostrou de suma importância para avaliar o papel dos Programas Interlaboratoriais ao longo desses cinco anos e assim, orientar os coordenadores para que implementem ações que beneficiem o aprimoramento técnico dos laboratórios participantes.

Observou-se ao longo desses anos que houve uma melhoria significativa na apresentação dos resultados dos ensaios, pois, infelizmente, era uma prática comum, a presença de erros em unidades, nos cálculos, etc. Neste último ano houve apenas um laboratório participante, não credenciado, que apresentou erros de cálculo, sendo necessário corrigi-los. Houve também uma redução de erros aleatórios e sistemáticos, demonstrando que o Programa Interlaboratorial é essencial para a credibilidade dos laboratórios de ensaio.

Os autores salientam que este trabalho não apresenta uma análise dos resultados dos ensaios, ou de sua dispersão, mas sim a compatibilização dos resultados entre os laboratórios participantes.

AGRADECIMENTOS

À Prefeitura do Município de São Paulo, em particular ao Superintendente das Usinas de Asfalto Eng. Jerson Antonio Brito Filho por haver cedido gentilmente, as amostras utilizadas nos programas interlaboratoriais de 1999, 2000 e 2001 e à Usina Pedrix Eng. Martins por ceder amostras para os interlaboratoriais de 2002 e 2003.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] INMETRO Programas Técnicos - *Credenciamento e Qualidade*
<http://www.inmetro.gov.br/laboratorios/labRBLE.asp> , 2001
- [2] FORTES, R.M et al. "Assessment of the first five years of the inter-laboratory tropical soils program in Brazil" THIRD INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MAINTENANCE AND REHABILITATION OF PAVEMENTS AND TECHNOLOGICAL CONTROL, Guimarães, Portugal, 06 a 10 de julho de 2003.
- [3] INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION (1986) Precision of Test Methods – Determination of Repeatability and Reproducibility of a Standard Test Method by Interlaboratory Test. ISO 5725-1986, Suíça. 49p.

- [4] NBR ISO/IEC 17025 – *Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração*. Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, Brasil, jan. 2001.
- [5] NIT – DICLA – 026 – *Procedimentos sobre a participação dos laboratórios de ensaios na atividade de ensaio de proficiência* - INMETRO, Brasil, julho 2000.
- [6] ABNT ISO/IEC Guia 43-1/1999– *Ensaio de Proficiência por Comparações Interlaboratoriais – Parte 1: Desenvolvimento e Operação de Programas de Ensaio de Proficiência*. Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, Brasil, 1999.
- [7] ABNT ISO/IEC Guia 43-2/1999– *Ensaio de Proficiência por Comparações Interlaboratoriais – Parte 2: Seleção e Uso de Programas de Ensaio de Proficiência por Organismos de Credenciamento de Laboratórios*. Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, Brasil, 1999.
- [8] OLIVIERI, J.C.– *Método Gráfico para a Interpretação de Resultados em Programas Interlaboratoriais – Elipse de Confiança*. Publicação IPT nº 1759, Brasil, 1988.
- [9] FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A. (2000) – Relatório DCT.T.1.153.2000-RO – VI – Programa Interlaboratorial de Ensaio de Concreto/2000, Goiânia-Go, Brasil, Dezembro/2000.
- [10] WAENY, J. *Repetitividade e Reprodutividade I* Publicação IPT nº 5, Brasil, 1980.
- [11] DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – MÉTODO DE ENSAIO DNER ME 043/95 - *Mistura Betuminosa – Ensaio Marshall*, Rio de Janeiro, Brasil, 11p., 1995.
- [12] DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – MÉTODO DE ENSAIO DNER ME 053/94 - *Mistura Betuminosa – Percentagem de Betume*, Rio de Janeiro, Brasil, 5p., 1994.
- [13] DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – MÉTODO DE ENSAIO DNER ME 117/94 – *Mistura Betuminosa – Determinação da Densidade Aparente*, Rio de Janeiro, Brasil, 4p., 1994.
- [14] DNER DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM ME-138/94 – *Resistência à Tração por Compressão Diametral*”, Rio de Janeiro, Brasil, 1994.
- [15] FORTES, R.M. et al. “Avaliação de dois anos de programa interlaboratorial de asfalto” 33ª Reunião Anual de Pavimentação, ABPv - Associação Brasileira de Pavimentação, Florianópolis - SC, Brasil, 2001.
- [16] FORTES, R.M.et al. “Evaluation of the two years of the inter-laboratory asphalt program in Brazil” – SECOND INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MAINTENANCE AND REHABILITATION OF PAVEMENTS AND TECHNOLOGICAL CONTROL, Alabama, USA, julho de 2001.
- [17] FORTES, R.M & MERIGHI, J.V “CONTROLE TECNOLÓGICO E CONTROLE DE QUALIDADE – UM ALERTA SOBRE SUA IMPORTÂNCIA”. Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 14 a 17 de setembro de 2004. Brasília – DF, Brasil.