

FATOR DE PAGAMENTO PARA EXECUÇÃO DE OBRAS DE MISTURAS ASFÁLTICAS

1. Apresentação

Este estudo técnico apresenta uma definição inicial para o Fator de Pagamento a ser utilizado no controle da execução de camadas asfálticas do tipo CBUQ. O processo aqui proposto utiliza apenas ensaios convencionais, cuja realização já é corriqueira no país, sem lançar mão de ensaios não destrutivos *in situ*, de modo que os parâmetros adotados referem-se aos valores médios determinados dentro de uma certa área executada. Uma definição que utilize a variabilidade desses parâmetros requer o uso de densímetros para coleta de um número representativo de informações que possibilite uma análise estatística dos resultados. O processo aqui descrito foi estruturado na forma de um programa de computador para facilitar sua aplicação, em vista da interação de efeitos das variáveis envolvidas e da complexidade dos cálculos necessários a uma avaliação consistente das conseqüências para o desempenho do pavimento de variações dos parâmetros de controle em relação aos valores estipulados em projeto.

2. Definição do Fator de Pagamento

O Fator de Pagamento foi aqui definido como sendo aquele que deve ser aplicado ao preço contratual da obra de modo que:

- (a) Caso deficiências na execução da camada asfáltica levem a uma redução de expectativa para a vida de serviço do pavimento, em relação à referência de projeto, o custo trazido para a contratante pelo fato de ter que lidar com uma antecipação na restauração futura do pavimento seja compensado pelo próprio contrato da obra; ou
- (b) Caso a execução leve a um aumento de expectativa com relação à vida de serviço do pavimento, a empresa contratada receba uma bonificação igual ao que se espera ser o decréscimo do custo no ciclo de vida do pavimento.

O processo visa, essencialmente, resolver pendências relativas a pavimentos apenas marginalmente adequados em relação aos padrões de projeto, ao mesmo tempo em que incentiva o aperfeiçoamento das técnicas de construção e de controle de qualidade da execução.

O modelo aqui proposto avalia se é de se esperar que ocorram diferenças entre a vida de serviço de projeto e a de campo, levando em conta o trincamento por fadiga da camada asfáltica construída e a contribuição dessa camada nos afundamentos em trilha de roda do pavimento. O mais crítico desses critérios é adotado para definir a vida de serviço da camada executada. Havendo uma expectativa de antecipação da restauração futura, o custo a ela associado é descontado do

valor contratual. Para tanto, o custo no ciclo de vida (CCV) do pavimento é calculado para as duas situações (a de projeto e a de campo) e o Fator de Pagamento é definido como sendo aquele a ser aplicado ao valor contratual da obra de modo a que o custo no ciclo de vida previsto em projeto seja preservado.

Para que o cálculo de CCV possa ser feito, é necessário estabelecer o custo da restauração futura do pavimento. Este não é um parâmetro hoje conhecido, de modo que uma hipótese razoável deve ser feita a fim de que o processo seja consistente. Se CI é o custo atual da obra e CR é o custo da restauração futura, o custo no ciclo de vida de projeto é dado por:

$$CCV_p = CI + \frac{CR}{(1+r)^{pp}}$$

3. Modelos Adotados

A fim de prever a vida de serviço do pavimento após a aplicação da camada asfáltica, foram adotados os modelos descritos a seguir.

a) Trincamento por Fadiga da Camada Asfáltica

O trincamento por fadiga é o fenômeno da fratura que ocorre sob tensões repetidas ou oscilantes no tempo, tensões estas que têm amplitude menor que a resistência do material. Pode ocorrer em tração ou em cisalhamento. O número de repetições de uma certa carga de eixo que levará um revestimento asfáltico a manifestar as trincas de fadiga depende das propriedades de fadiga do concreto asfáltico e das propriedades de deformação *in situ* da seção de pavimento. As leis de fadiga são determinadas em laboratório através da realização de ensaios de cargas repetidas ou dinâmicos (tensões senoidais), onde um corpo de prova é submetido a solicitações de flexão.

Foram selecionadas leis de fadiga (The Asphalt Institute (MS-1, 1981), FHWA-IL-UI-207 (1984) e Modelo SHRP (Tayebali et al, 1993)) por parametrizarem de forma abrangente a variação da vida de fadiga da camada asfáltica com os principais fatores que a afetam, tal como a relação betume-vazios e o módulo dinâmico da mistura. O uso de leis gerais como estas não é tão preciso como no caso em que se considera variações em torno de uma determinada mistura asfáltica. Dessa forma, a vida de fadiga adotada no modelo aqui proposto é dada por:

$$N_f = \exp\left(\frac{\ln N_f^{(1)} + \ln N_f^{(2)} + \ln N_f^{(3)}}{3}\right)$$

onde $N_f^{(i)}$ é a vida de fadiga estimada pelo modelo i . Esta solução visa minimizar a possibilidade de que

FATOR DE PAGAMENTO PARA EXECUÇÃO DE OBRAS DE MISTURAS ASFÁLTICAS

alguma tendenciosidade porventura existente em algum dos modelos relativa ao efeito de algum parâmetro venha a afetar significativamente os resultados.

b) Afundamento em Trilha de Roda

A deformação permanente específica acumulada após N repetições da tensão-desvio σ_d em uma camada asfáltica é dada por:

$$\varepsilon_p = \alpha \frac{2F}{d} \left[\frac{\sigma_d}{\left(\frac{EST}{dh} \right)} \right]^{1,61} N^{0,25} \exp \left[\beta \left(\frac{1}{333,15} - \frac{1}{T} \right) \right]$$

onde:

- T = temperatura absoluta da mistura (Kelvin)
- EST = estabilidade Marshall
- F = fluência Marshall
- d = diâmetro do corpo de prova no ensaio Marshall (10,16 cm)
- h = altura do corpo de prova no ensaio Marshall (por volta de 6,35 cm)
- $\alpha = 0,0068V_v^3 - 0,127V_v^2 + 0,7286V_v - 1,0059 \approx 0,24$
- $\beta = 11748$
- V_v = volume de vazios de ar da mistura (%)

e a contribuição da camada asfáltica no afundamento em trilha de roda é dada por:

$$ATR = \varepsilon_p h$$

onde h é a espessura da camada, sendo que a deformação ε_p é calculada para a tensão-desvio atuante no centro da camada, estimada por:

$$\sigma_d = p \left\{ 1 - \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{R}{z} \right)^2 \right]^{3/2}} \right\}$$

onde p é a pressão dos pneus (5,6 kgf/cm² no caso do eixo padrão de 80 kN), R é o raio da área circular carregada correspondente ao semi-eixo com carga de 4,1 tf e $z = h/2$ é a profundidade correspondente ao centro da camada asfáltica.

4. Aplicação do Processo

Deverá ser determinado, a partir de amostras coletadas em usina, o valor médio dos seguintes parâmetros:

- Teor de asfalto em peso;
- Teor de finos do agregado (% < #200);
- Estabilidade e Fluência Marshall na densidade de projeto.

A espessura média da camada aplicada poderá ser determinada dividindo-se o volume total do material compactado pela área da pista onde ele foi espalhado. O volume, por sua vez, pode ser

calculado usando-se a densidade média de campo e o peso total de material espalhado. A densidade média de campo deve ser obtida através de alguns corpos de prova extraídos da pista após a compactação por sonda rotativa. Os volumes médios de vazios de ar (V_v) e de asfalto (V_B) serão determinados também a partir desses corpos de prova.

O programa de computador desenvolvido (Figura 4.1) requer que sejam fornecidas duas informações fundamentais: o período de projeto (PP), que é a expectativa de vida de serviço do pavimento construído ou restaurado, e a contribuição máxima admissível da camada asfáltica construída nos afundamentos em trilha de roda do pavimento. Se a contribuição estimada nos afundamentos pela camada efetivamente construída superar a que foi informada como sendo admissível e se o tempo requerido para que os afundamentos admissíveis sejam atingidos for inferior à vida de fadiga estimada da camada, a vida de serviço será considerada como sendo condicionada pelos afundamentos em trilha de roda. Em qualquer outra situação, a vida de serviço e, portanto, o Fator de Pagamento, será determinado a partir da vida de fadiga.

Devem ser informadas também as tolerâncias admissíveis para os parâmetros a serem controlados. Este procedimento visa evitar que todo e qualquer contrato venha a requerer um Fator de Pagamento diferente de um (o que traria problemas com relação à previsão orçamentária) e tem também por objetivo alertar as empresas de construção acerca da importância de buscar a maior homogeneidade possível dentro da área construída.

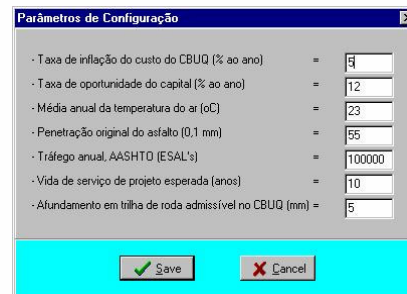



Figura 4.1 - Entrada de dados do programa

Para mais informações, entre em contato: pavesys@pavesys.com.br.