

## ESTUDO DA VARIAÇÃO DOS FATORES DE CORREÇÃO UTILIZADOS NA DETERMINAÇÃO DA CURVA DE COMPACTAÇÃO DE MISTURAS ASFÁLTICAS

**Fábio Conterato**

Acadêmico do curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
fconterato94@gmail.com

**Resumo.** *A dosagem de misturas asfálticas é feita de duas maneiras diferentes no Brasil, utilizando a metodologia Marshall e a metodologia Superpave, que é estudada principalmente em centros de pesquisa. A compactação realizada no Compactador Giratório Superpave (CGS) permite fazer o monitoramento e a análise de todo o processo, dentre outras maneiras, através da variação da altura da amostra durante o processo de moldagem. Essa análise é importante por oferecer um maior controle do Volume de Vazios (VV) final que as amostras terão, possibilitando obter melhores resultados em ensaios de resistência feitos em laboratório. O presente estudo teve como objetivo estudar curvas de compactação de amostras moldadas em laboratório através da correção das mesmas por meio de Fatores de Correção (FC), que é entendido como a razão entre a densidade real da amostra e a densidade estimada por meio das dimensões da mesma. Os resultados obtidos nas análises mostram que os FC empregados no ajuste das curvas variam ao longo do processo de densificação, contrariando a metodologia que atualmente é usada na determinação das mesmas.*

**Palavras-chave:** *Pavimentação. Mistura asfáltica. Curva de compactação.*

### 1. INTRODUÇÃO

A capacidade de um revestimento asfáltico está diretamente ligada à qualidade dos materiais que compõem a mistura

asfáltica, bem como aos métodos de dimensionamento e dosagem do ligante asfáltico.

O principal método de dosagem de misturas asfálticas usado no Brasil é o Método Marshall, nesse método a compactação das amostras para a determinação do teor ótimo de ligante ou para realizar ensaios de resistência é feito por impacto. Apesar de ser amplamente usado, o método de compactação Marshall apresenta muita diferença em relação à compactação de campo, que é realizada por meio de rolos compactadores. Além disso, a orientação e o contato entre os agregados não representam o arranjo obtido em campo.

A método de dosagem Superpave vem sendo cada vez mais estudado, principalmente em centros de pesquisa. Nesse método a compactação das amostras é feita por amassamento, através da aplicação de uma força de compressão constante. Essa forma de compactação é mais parecida com a compactação realizada pelos rolos em campo, além de favorecer uma orientação preferencial das partículas dos agregados, que acaba gerando um melhor intertravamento da mistura. A repetição dos resultados em diferentes laboratórios é maior para a metodologia Superpave do que a metodologia Marshall, pois as variáveis, como a interferência dos operadores, são menores.

A compactação pelo metodologia Superpave possibilita a extração de dados ao longo de todo o processo de densificação da amostra. Esses dados podem ser usados no estudo da curva de compactação dos corpos

de prova, podendo ser feitas várias correlações com parâmetros de resistência, compactação em campo e durabilidade da mistura asfáltica. A determinação da curva de compactação, porém, tem algumas variáveis que podem ser melhor estudadas. A curva que é obtida logo após a extração dos dados necessita de um ajuste para se adequar aos valores de compactação reais da amostra. Esse ajuste é realizado através da inserção dos FC.

Esse trabalho estudou diferentes curvas de compactação de misturas asfálticas moldadas em laboratório. Foi observado o comportamento do FC em função do volume de vazios final de cada uma das amostras estudadas.

Este estudo poderá ajudar a diminuir a variabilidade de resultados na moldagem de amostras de concreto asfáltico feitas em laboratório e vai aproximar a curva de compactação das misturas à realidade.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Em vários países, depois do surgimento da compactação giratória, existem diversas especificações para uso de misturas asfálticas baseadas no Compactador Giratório Superpave, que por sua concepção, reproduzem melhor as características de misturas asfálticas compactadas em campo. Entretanto, até hoje existem divergências entre essas especificações, entre os números de giros e aos materiais, segundo El-Hage (2012).

Estudos realizados por Cominsky *et al.* (1994), mostraram que amostras compactadas pelo compactador giratório são muito semelhantes às do pavimento, enquanto que amostras compactadas pela metodologia Marshall pouco frequentemente produzem as características do pavimento.

Atualmente o uso da metodologia Superpave de compactação é amplamente entendido, entretanto, a sua maior limitação corresponde ao uso exclusivo de parâmetros volumétricos, porém, são as propriedades mecânicas que efetivamente definem o

desempenho do pavimento, segundo Nascimento (2008).

Ainda segundo Nascimento (2008), acredita-se que o correto entendimento dos dados oriundos da compactação giratória possam levar ao estabelecimento de parâmetros que servirão de suplemento à atual dosagem puramente volumétrica.

Segundo Bahia *et al.* (1998), os dados que são extraídos da compactação Superpave estão sendo subutilizados na metodologia atual de dosagem, sendo este um dos motivadores de pesquisas atuais envolvendo o CGS.

Em 2004, estudos realizados por Mahmoud e Bahia propuseram diversos índices de oriundos da curva de compactação giratória, como o TDI (*Traffic Densification Index*), CDI (*Compaction Densification Index*) e entre outros parâmetros, todos eles usados pelos autores para melhorar as definições de misturas asfálticas.

A Figura 1 mostra um Compactador Giratório Superpave e um molde de compactação.



Figura 1. Compactador Giratório Superpave (esquerda) e moldes de compactação (direita)

## 3. DISCUSSÃO DA METODOLOGIA

Durante a compactação de um amostra de mistura asfáltica é registrado no sistema que faz a captação automática dos dados, uma série de parâmetros do processo, entre eles a altura da amostra e a tensão vertical aplicada. Para cada um dos corpos de prova extraídos do CGS existe um arquivo com vários dados sobre o processo de

densificação. O principal dado utilizado nas análises é a altura da amostra em cada um dos giros, dessa forma, é possível estimar o seu volume, que, juntamente com a massa de material, torna possível estimar a densidade ao longo do processo de compactação.

O cálculo citado acima supõe que a amostra é um cilindro perfeito, porém, uma amostra de concreto asfáltico possui uma série de irregularidades que fazem o seu volume real ser levemente inferior ao considerado anteriormente, influenciado no valor da massa específica aparente do corpo de prova. Dessa forma, a densidade estimada deve ser corrigida pela relação entre a densidade medida por pesagem hidrostática (ABNT NBR 15573/2012) e a densidade estimada no último giro do processo de compactação. Essa relação recebe a denominação de Fator de Correção (FC).

Com o FC no final do processo de compactação, considera-se que a mesma relação é válida para todos os giros, dessa forma, é possível se obter a densidade corrigida a qualquer momento da compactação.

A hipótese de que a relação entre as densidade estimada e a densidade medida se mantém constante ao longo de todo o processo de densificação da amostra simplifica a análise da curva de compactação. Entretanto, trabalhos anteriores, como de Conterato (2015) mostram que existem indícios de que essa relação pode variar durante o processo de compactação. Essa hipótese foi observada quando foram observadas curvas de compactação de amostras moldadas com 100 giros e amostras moldadas com 900 giros.

O FC pode ser entendido como uma relação entre a rugosidade superficial e a quantidade de vazios no interior das amostras, portanto, quanto mais compactado for um corpo de prova e menos rugosa a sua superfície, mais próximo a 1,0 deverá ser seu valor. Por outro lado, se for diminuído o grau de compactação de uma amostra, sua rugosidade superficial tende a aumentar, aumentando assim seu respectivo FC.

Segundo a norma ABNT NBR 15573/2012, a determinação da densidade de corpos de prova compactados com teores de vazios acima de 7,0%, é feita diretamente pelas dimensões da amostra, portanto, para volumes de vazios maiores ou iguais a 7% o FC é igual a 1,0. A Figura 2 mostra o comportamento esperado em função da variação do grau de compactação de uma amostra.

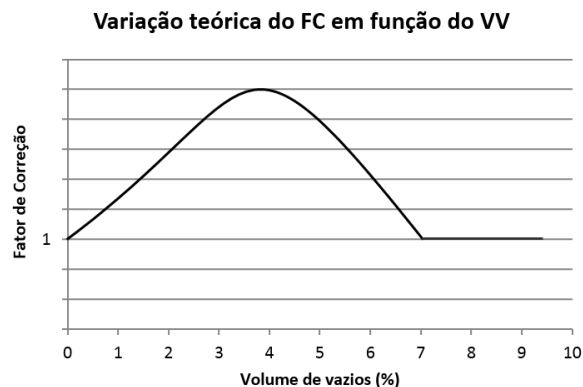


Figura 2. Variação teórica do FC em função do volume de vazios

Para verificar o comportamento proposto acima foram utilizados dados de 53 corpos de prova moldados em laboratório com uma mesma mistura asfáltica utilizando o compactador Superpave. As amostras tinham diâmetros de 10 e 15 centímetros e cada uma delas foi submetida a diferentes números de giros, obtendo-se variáveis volumes de vazios.

O agregado mineral utilizado nas amostras é de origem granítica enquadrada na faixa B do DNIT. Enquanto que o ligante utilizado foi modificado por polímeros enquadrando-se como CAP 60/85, no teor de 4,65%, muito resistente à deformação permanente (DNER - EM 396/99).

Cada uma das amostras foi submetida previamente à determinação do volume de vazios conforme a especificação da ABNT NBR 15573/2012, posteriormente foi feita a análise das amostras obtidas do compactador giratório, obtendo-se para cada amostra o respectivo FC.

#### 4. RESULTADOS OBTIDOS

Os volumes de vazios dos corpos de prova variaram de 0,3% até 7,2%. A Figura 3 mostra algumas dessas amostras.



Figura 3. Corpos de prova moldado em laboratório

Com os dados obtidos dos arquivos extraídos dos processos de compactação e das volumetrias realizadas para determinar o volume de vazios foi obtido o Fator de Correção para cada uma das amostras. Conforme explicitado anteriormente, para volumes de vazios maiores que 7,0% o Fator de Correção foi considerado igual a 1,0.

É esperado que amostras com granulometrias mais abertas ou descontínuas apresentem maior FC devido ao aumento da rugosidade superficial. Apesar de as amostras terem sido moldadas com a mesma granulometria é natural que ocorram variações na textura, e, de forma geral, os corpos de prova mais rugosos apresentaram maiores valores de FC.

Pôde ser constatado também, que misturas moldadas com excesso no teor de ligante tendem a apresentar a o fenômeno de exudação, que tende a diminuir a textura superficial das amostras, contribuindo para a diminuição do FC.

A variação dos resultados demonstra que o comportamento do Fator de Correção em função do volume de vazios das amostras apresenta uma tendência parabólica conforme mostrado na Figura 2, iniciando com valores mais próximos à unidade para volumes de vazios menores, atingindo um

valor de pico para volumes de vazios em torno de 4% e voltando para valores próximo à unidade para volumes de vazios próximos à 7,0%. A Figura 4 mostra o comportamento obtido.

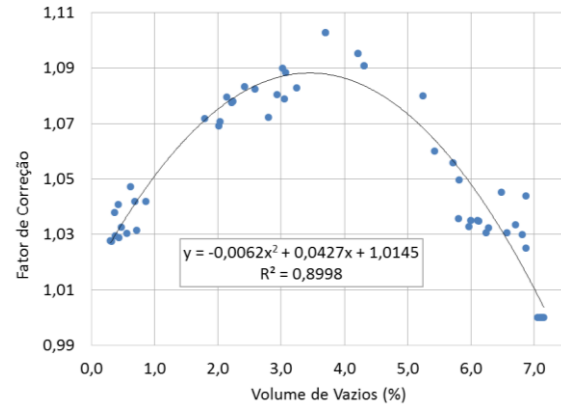


Figura 4. Relação entre o FC e o Volume de Vazios das amostras

#### 5. CONCLUSÕES

O Fator de Correção é influenciado pelo grau de compactação das amostras, variando conforme o processo de densificação acontece. O comportamento obtido corresponde à curva teórica inicialmente proposta.

A correção da curva de compactação estimada, da forma que é realizada atualmente, aproxima os resultados reais, porém, com o andamento das pesquisas espera-se obter curvas de compactação mais próximas da verdadeira.

Os Fatores de Correção são influenciados principalmente pela granulometria do material usado, teor e tipo de ligante.

Os resultados obtidos poderão ser de grande utilidade para a confecção de corpos de prova em laboratório, pois com o ajuste dos Fatores de Correção poderão ser obtidos volumes de vazios com maior precisão, diminuído a desperdício de tempo e de material.

É importante ressaltar que a curva obtida nos resultados e mostrada acima é característica da mistura em estudo. Alterações na granulometria, teor e tipo de

ligante afetarão os Fatores de Correção das amostras.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ABNT NBR 15573/2012 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS Misturas asfálticas — Determinação da densidade aparente e da massa específica aparente de corpos de prova compactados, Rio de Janeiro, 2012.

BAHIA, H. U., FRIEME, T. P., PETERSON, P., *et al.* Optimization of Constructibility and Resistance to Traffic: A New Design Approach for HMA Using the Superpave Compactor. Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 67, pp. 189-232, Washington, EUA, 1998.

COMINSKY, R., HUBER, G. A., KENNEDY, T. W., *et al.* The Superpave Mix Design Manual for New Constructions and Overlays. Report SHRP A-407, Strategic Highway Research Program – EUA, 1994.

CONTERATO, F. Uso de parâmetros do Compactador Giratório Superpave para determinar a trabalhabilidade e o desempenho da mistura asfáltica em campo, Salão de Iniciação Científica, UFRGS, Porto Alegre, 2015.

DNER DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. Especificação de Material- EM 396/99, Cimento asfáltico modificado por polímero. Rio de Janeiro, 1999.

HL-HAGE, R. B. Estudo de misturas tipo Stone Matrix Asphalt (SMA) à luz dos compactadores Marshall e Superpave, Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos/SP, 2012.

MAHMOUD, A. F. F., BAHIA, H., Using the gyratory compactor to measure mechanical stability of asphalt mixtures, Wisconsin highway research program, EUA, 2004.

NASCIMENTO, L. A. H., Nova abordagem da dosagem de misturas asfálticas densas com uso do Compactador Giratório e foco na deformação permanente, Dissertação de Mestrado, COPPE, Rio de Janeiro, 2008.