

PAVIMENTO de CONCRETO

Texturização

1 - DA NECESSIDADE DE TEXTURIZAÇÃO

É importante que os pavimentos rodoviários tenham uma textura superficial (rugosidade) uniforme, que aumente o atrito entre os pneumáticos dos veículos e o concreto, funcionando ainda como uma espécie de *microdrenagem*, permitindo fuga rápida de água e evitando, assim, a formação de lâminas d'água capazes de provocar a *aquaplanagem*, com a perda total de aderência entre o pneu e a superfície de rolamento. O problema da derrapagem não é considerado crítico quando prevalecem baixos volumes de tráfego e baixas velocidades. Os aumentos de tráfego e de velocidade, responsáveis pelo acréscimo constante de acidentes fatais, foram os principais fatores que levaram a acreditar que a resistência à derrapagem precisava ser melhorada para que o nível de acidentes fosse reduzido. Os fatores preocupantes ao se desenvolver processos de texturização mais profunda, seja no estado fresco ou endurecido do concreto, são:

- 1. A possibilidade de ocorrência de ruído desagradável (poluição sonora);
- 2. O possível aumento da irregularidade superficial, o que afetaria o controle do veículo;
- 3. Problemas associados a certos veículos, principalmente motocicletas, causando sensação de *formação de trilha* ou perda do controle de direção do veículo sobre ranhuras longitudinais;
- 4. Aumento do desgaste superficial e da profundidade de trilha de roda.

Os projetistas não têm controle sobre a velocidade dos veículos e as características dos pneumáticos, portanto devem prestar atenção à característica antiderrapante das superfícies dos pavimentos em seus projetos. Devem ser adotadas especificações para que se construam

pavimentos rígidos com superfície antiderrapante e para promover abaulamentos em pavimentos existentes mais velhos que perderam essa característica.

Inclinações transversais (ou abaulamentos) executadas nos pavimentos de concreto, desvios ou acessos de alta velocidade fazem com que a drenagem superficial de água seja rápida. Geralmente, recomenda-se inclinação transversal mínima de 1 % para rodovias. A inclinação transversal aumenta o atrito antiderrapante provocado pela texturização, pois melhora as condições de drenagem superficial.

1.1 – Os benefícios da texturização

Os resultados de testes com um *reboque padrão de derrapagem* (ASTM E 274) mostram que a texturização transversal produz maiores coeficientes de atrito do que a longitudinal (maiores coeficientes de atrito indicam maior resistência à derrapagem).

Entretanto, isto não quer dizer que se deva lançar mão somente desse tipo, já que os coeficientes de atrito, quando medidos com o *equipamento de roda travada*, não são sensíveis ao atrito lateral (atrito nas curvas). É evidente, de estudos de pavimentos texturizados, que o ranhuramento longitudinal aumenta o atrito nas curvas, ao passo que o transversal aumenta principalmente o atrito longitudinal de freagem. As ranhuras transversais promovem um caminho perpendicular à direção do tráfego para a fuga de água sob o pneumático, fator importante na redução da aquaplanagem.

A redução de acidentes em rodovias em períodos de condições extremas de umidade causou um grande impacto na segurança, atribuindo-se esta constatação ao avanço da técnica de texturização superficial.

Benefícios adicionais observados em pavimentos com textura mais profunda: 1) a redução do borrifamento de água pelo tráfego devido à melhoria da drenagem superficial, tendo em vista a criação de canais que permitem a expulsão de água na interface pavimento-pneumático para dentro das ranhuras ou estrias mais profundas; 2) a redução da intensidade de luz ofuscante dos faróis devido à superfície mais rugosa do pavimento.

1.2 - Fatores que afetam a resistência antiderrapante

A resistência à derrapagem é afetada tanto pela *microtextura* do pavimento, quando relacionada à areia da argamassa do concreto, como pela *macrotextura*, definida como as estrias mais profundas possíveis de serem medidas, ou ranhuras formadas no concreto plástico durante as operações de acabamento, ou ainda as ranhuras produzidas pelo corte do concreto endurecido com equipamento apropriado dotado de lâminas circulares diamantadas uniformemente espaçadas. Não se discutirá aqui a *microtextura*.

O termo *aquaplanagem* refere-se à separação ou perda de aderência do pneumático com a superfície do pavimento devido à presença de lâmina de água na interface. Esta separação ou perda de aderência provoca a perda de controle de direção e do freio do veículo. A *aquaplanagem* é um fenômeno complexo que é afetado por: 1) profundidade da lâmina d'água; 2) textura do pavimento; 3) profundidade das estrias do pneu; 4) pressão de enchimento do pneu; 5) área de contato do pneu; 6) velocidade do veículo. Uma correlação aproximada entre a velocidade na qual ocorre a aquaplanagem e a pressão de enchimento do pneu é dada por:

$$\text{Aquaplanagem (km/h)} = 1,6093 \times 10,35 \times (\text{pressão de enchimento})^{1/2}$$

Obs.: pressão de enchimento em psi (libra por polegada quadrada)

2 - DAS PRÁTICAS RECOMENDADAS PARA EXECUÇÃO

2.1 – Texturização de concreto plástico

2.1.1 – Textura de turfa (ou grama) artificial

Esse tipo de textura é conseguido por meio de uma tira ou faixa invertida de turfa artificial (também chamada *textura com carpete*) adequadamente acoplada a um aparelho que permita controlar o tempo e a taxa de texturização. Recomenda-se uma faixa com cerca de 60 cm em contato com a superfície do pavimento, sendo movida longitudinalmente em relação à direção de execução. A turfa artificial deve ter peso tal que produza textura profunda e uniforme.

Um exemplo desse material que proporciona texturização satisfatória é o de um molde de polietileno com lâminas de turfa de aproximadamente 22 mm de comprimento, contendo 7.200 lâminas por pé quadrado (molde de 930 cm²), ou seja, 7.750 lâminas por 1000 cm².

2.1.2 -Texturização transversal com fios duros

É obtida com uma única passagem de um equipamento de texturização transversal de operação mecânica. Esse equipamento consiste de um conjunto alinhado de fios de molas de aço temperado (pente de fios metálicos), ligeiramente flexíveis, espaçados de no mínimo 13 mm e no máximo 25 mm de centro a centro. Espaçamentos menores entre os fios conduzirão a lasqueamento prematuro da superfície, enquanto espaçamentos maiores levarão a ruído desagradável de rolamento. Espaçamentos aleatórios podem ser usados em alguns projetos devido à questão do desenvolvimento de ruído proveniente de espaçamento uniforme. A largura da estria deve ser de 3 mm.

A texturização é aplicada quando o concreto ainda estiver suficientemente plástico, de modo a se obter uma profundidade de pelo menos 3 mm, mas não mais do que 6,5 mm. Essa textura é obtida com uma única passagem contínua em toda a largura do pavimento. Passagens adicionais ou sobreposição de passagens não são recomendáveis, uma vez que criarão

cristas enfraquecidas e estreitas de argamassa, facilmente quebráveis sob tráfego.

2.1.3 - Texturização longitudinal com fios duros

É cumprida com os mesmos materiais, equipamento e cuidados básicos da texturização transversal, exceto pelo sentido da passagem do pente de fios, que é segundo uma linha paralela ao eixo central do pavimento.

2.1.4 - Texturização transversal por vassouramento mecânico

Obtém-se por meio de equipamento de operação mecânica, dotado de vassoura texturizadora movimentando-se em vaivém transversalmente ao pavimento. Essa vassoura possui fileiras múltiplas de pêlos duros, capazes de produzir estrias de 1,5 mm a 3 mm de profundidade no concreto plástico. As estrias têm aparência uniforme, com espaçamento entre elas aproximadamente igual à sua profundidade e são transversais em relação ao eixo central do pavimento.

2.1.5 - Texturização longitudinal por vassouramento mecânico

Obtém-se da mesma forma que a texturização transversal imediatamente anterior, exceto pela direção do vassouramento, que é paralela ao eixo central do pavimento

2.1.6 - Texturização transversal com pente de fios precedida por longitudinal com turfa artificial

É recomendada para rodovias de alta velocidade (auto-estradas) ou quando podem ocorrer aceleração ou desaceleração repentina (*freadas de pânico*). A textura transversal proporciona: 1) padrão melhor de drenagem; 2) melhoria da resistência inicial à derrapagem devido aos sulcos mais profundos quando comparada ao vassouramento; 4) ligeira melhoria de controle nas curvas propiciada pela passagem longitudinal inicial da turfa artificial. A texturização longitudinal com pente de fios duros poderia ser usada, então, em áreas tais como curvas, onde ocorrem forças laterais. Outras texturas podem ser apropriadas para rodovias de baixa velocidade, vias urbanas e auto-estradas, porém elas sofrerão desgaste mais rapidamente, tornando a su-

perfície lisa num menor espaço de tempo.

Acrescentam-se ainda outros tipos comuns de texturização, como o vassouramento mecânico transversal com pente de fios flexíveis, o vassouramento manual com vassoura de piaçava ou com vassoura de fios duros e a texturização transversal com tubo cilíndrico metálico dotado de saliências e mossas.



Figura 1 – Texturização mecânica com pente de fios flexíveis



Figura 2 – Texturização mecânica com pente de fios de náilon



Figura 3 – Texturização mecânica com pente de fios flexíveis



Figura 4 – Texturização mecânica longitudinal com lona



Figura 5 – Texturização mecânica longitudinal com carpete (faixa invertida de turfa ou grama artificial)



Figura 6 – Texturização manual com vassoura de piaçava.



Figura 7 – Texturização manual com vassoura de piaçava.



Figura 8 – Texturização manual com vassoura de fios duros.



Figura 9 – Texturização manual com cilindro metálico dotado de anéis salientes.

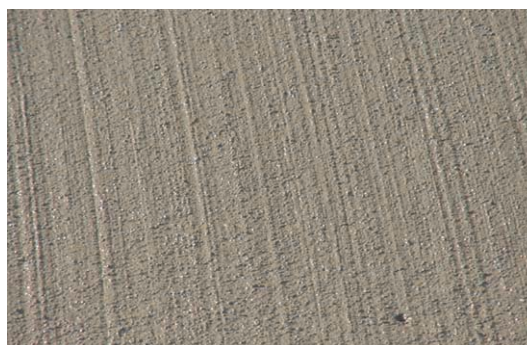


Figura 10 – Aspecto de superfície texturizada transversalmente por vassouramento mecânico.



Figura 11 – Aspecto de superfície texturizada transversalmente por vassouramento manual.

2.1.7 - Coeficientes de atrito das texturas

Coeficientes de atrito registrados para velocidades de 50, 65 e 80 km/h mostraram que os melhores resultados foram obtidos pelas seguintes texturas, em ordem decrescente de eficiência:

- 1. Transversal com pente de fios duros, precedida por longitudinal com turfa artificial;
- 2. Transversal com pente de fios duros;
- 3. Transversal com pente de fios flexíveis;
- 4. Transversal com vassoura de fios duros;
- 5. Transversal com vassoura de fios flexíveis;
- 6. Tubos cilíndricos metálicos providos de saliências e mossas;
- 7. Transversal com vassoura de piaçava;
- 8. Longitudinal com pente de fios duros;
- 9. Longitudinal com carpete de turfa artificial ou faixa de lona;
- 10. Vassouramento longitudinal.

Os vários tipos de textura foram testados de acordo com a ASTM E 274, utilizando-se um reboque de derrapagem de roda travada.

2.1.8 - Fatores que afetam a textura do pavimento

As profundidades obtidas com os vários tipos de texturização do concreto plástico dependem do tempo de operação. Portanto, a fiscalização deve trabalhar junto com o empreiteiro para conseguir a profundidade almejada. Como a questão tempo é crítica, recomenda-se que a máquina texturizadora seja um acessório da pavimentadora, ou seja, separada dela. Combinar esta operação com uma outra, como a máquina aspersora do produto de cura química, poderá retardar a texturização, fazendo com que sejam atingidos profundidades menores do que as desejadas. O benefício das estrias mais profundas é a vida útil mais longa, pressupondo-se que pneus dotados de pinos de aço (*pneus cravejados* ou *antigelo*) não sejam permitidos.

Não se tem conhecimento de textura que sobreviva ao desgaste nas trilhas de roda causado por volumes normais de tráfego de veículos com esse tipo de pneu.

Chuva durante a construção poderá obliterar a textura do concreto que ainda não tenha endurecido suficientemente. Esse inconveniente pode ser corrigido pela raspagem e ranhuramento do concreto no estado endurecido, usando-se serra dotada de discos diamantados justapostos. Não fazer essa correção significa criar uma área do pavimento com textura superficial diferente, provocando mudança nas características de controle do veículo, especialmente sob chuva ou geada, o que poderá acarretar ao motorista a perda de direção do veículo.

2.2 - Texturização do Concreto Endurecido

A resistência à derrapagem em concreto endurecido desgastado, polido, contaminado ou escorregadio pode ser melhorada por vários métodos, incluindo raspagem e ou ranhuramento, jateamento de areia, jateamento de água ou tratamento químico da superfície do pavimento. Jateamento de areia, tratamento químico ou raspagem certamente trazem melhoria para a resistência à derrapagem; entretanto, as ranhuras transversais serradas proporcionarão melhor textura, melhor drenagem, maiores coeficientes de atrito e uma maior vida útil com o aumento da resistência à derrapagem.

2.2.1 – Padrões de ranhuramento

Os padrões de medida de ranhuras ou estrias serradas para rodovias não devem ser menores do que 3 mm na largura nem maiores do que 6,5 mm na profundidade, espaçadas centro a centro de no mínimo 13 mm e no máximo de 25 mm.

O ranhuramento em rodovias pode ser transversal ou longitudinal. O corte transversal é de 90° em relação ao eixo central do pavimento, ao passo que o corte longitudinal é paralelo a esse mesmo eixo.

Geralmente, o ranhuramento transversal é recomendado para auto-estradas ou rodovias de porte, principalmente onde se requer ação freqüente de freagem.

A exceção é em curvas ou auto-estradas de tráfego intenso. Entretanto, a interferência no tráfego causada pelo fechamento de mais de uma faixa por vez, aliada ao aumento considerável

de tempo e de custo para ranhurar o pavimento, pode resultar na adoção do ranhuramento longitudinal em vez do transversal. Superfícies texturizadas transversalmente tendem a ser mais ruidosas do que as de textura longitudinal, quando a texturização ainda é recente. À medida que as superfícies vão experimentando o desgaste do tráfego, as variações entre os níveis de ruído decrescem e se tornam insuficientes para a regulamentação do uso de uma ou outra como acabamento final.

2.2.2 - Pavimentos reperfilados

Antes de texturizar o concreto endurecido, particularmente em áreas onde são permitidos pneus dotados de pinos de aço, devem ser feitas inspeções de campo para verificar se as trilhas de roda sofreram desgaste em sua superfície, com a criação de canais ou sulcos de água que aumentam a possibilidade de ocorrência de aquaplanagem. Uma sugestão de método para reperfilamento de pavimentos é a utilização de uma máquina texturizadora de lâminas múltiplas diamantadas. Esse tipo de equipamento foi desenvolvido para restaurar a inclinação transversal ou abaulamento do pavimento, capazes de deixar no pavimento uma textura parecida com *barbatanas* superficiais de concreto.

3 - ENSAIOS

3.1 - Medição da Resistência à Derrapagem

3.1.1 – Reboque de derrapagem

As medições de coeficientes de atrito de pavimentos rodoviários podem ser feitas com um *reboque de derrapagem de roda travada*, que atende aos requisitos da ASTM E 274. Este procedimento mede a força de atrito numa roda de teste travada quando arrastada sobre a superfície úmida de um pavimento, com carregamento e velocidade constantes, com seu plano principal paralelo à direção do movimento e perpendicular ao pavimento. A velocidade padrão de referência é normalmente 65 km/h e os resultados são expressos como um coeficiente de atrito (FN, *friction number*, em Inglês). Pavimentos novos bem texturizados deverão ter coeficientes de atrito acima de 60 quando testados a 65 km/h.

3.1.2 – Pêndulo britânico

O equipamento chamado *pêndulo britânico* (ASTM E 303) pode também ser usado para medir as propriedades do atrito superficial. Outros equipamentos para essa mesma finalidade incluem o *veículo de freagem diagonal*, o *medidor de derrapagem sueco*, o *medidor de desaceleração de freagem de James* e o *reboque de atrito de Miles*.

3.2 – Medição de Textura

As texturas de pavimentos são complexas e, portanto, os esforços para correlacionar a resistência à derrapagem com as medidas de textura tiveram pouco sucesso. Há vários e diferentes métodos propostos para a medição da textura de pavimentos, todos eles visando fixar algum valor mínimo que produzisse uma macrotextura aceitável. O ensaio da *mancha de areia*, a técnica da *mancha de gordura da NASA*, o ensaio da *massa de silicone*, a *drenagem estática (medidor de escoamento)* e a *interpretação de foto estereográfica* são métodos que podem ser utilizados.

O ensaio mais comum é o da *mancha de areia*, cujo volume do material é de 25.000 mm³ e o disco de espalhamento possui de 60 a 75 mm

de diâmetro. Devem ser realizados pelo menos 4 ensaios para determinar a macrotextura média do pavimento, determinada pela média de 4 medições do diâmetro da *mancha de areia*, em 4 pontos distintos.



Figura 12 – Ensaio da mancha de areia, para verificação da textura superficial.



Figura 13 – Detalhe do diâmetro da mancha de areia, a ser medido em quatro pontos.

Autoria: Grupo de Especialistas em Pavimentação da ABCP



Associação
Brasileira de
Cimento Portland

Av. Torres de Oliveira, 76 • 05347-902 • São Paulo - SP
Informações: 0800-555776 • dcc@abcp.org.br • www.abcp.org.br