

USO DE TRATAMENTOS SUPERFICIAIS POR PENETRAÇÃO (SIMPLES, DUPLO E TRIPLO) NA PAVIMENTAÇÃO DE ESTRADAS

Wellington Borba Broering¹, Patricia Odozynski da Silva², Gabriel Petry da Silva³, Fábio Krueger da Silva⁴

^{1, 2, 3, 4} Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina/Departamento Acadêmico da Construção Civil/Campus Florianópolis/wellbroering@gmail.com/patricia.odozynski@gmail.com /petry.gabriel@gmail.com/fabio.krueger@ifsc.edu.br

Resumo: *Tratamentos superficiais são aplicações de ligantes asfálticos e agregados sem mistura prévia, com posterior compactação, buscando adesão. Consiste de um revestimento flexível de pequena espessura com função de redução do desgaste do pavimento, impermeabilização, aumento do atrito do pneu com o pavimento, da capacidade do pavimento de acompanhar deformações, etc. O principal objetivo do trabalho é apresentar, de forma didática e informativa, o uso de tratamentos superficiais por penetração na pavimentação de estradas, sobretudo acerca dos tratamentos simples, duplo e triplo. O trabalho trata de uma revisão de literatura onde a metodologia consistiu em buscar as principais fontes bibliográficas que abordam sobre o uso de tratamentos superficiais. Estes se dão pelo fenômeno de penetração, que pode ser direta ou invertida. Na penetração invertida, ocorre inicialmente a aplicação do ligante e depois do agregado, com posterior compressão. Na direta, o ligante é aplicado primeiro. Os tratamentos superficiais podem ser simples ou múltiplos (duplo e triplo). A diferença está no número de camadas de agregado e ligante. Vale ressaltar que a primeira camada é, na grande maioria dos casos, feita por penetração invertida. O DNIT e outras bibliografias recomendam características específicas das quais os agregados e os ligantes devem possuir além da disposição de dosagens em função do tipo de tratamento. A construção de um tratamento superficial simples consiste das seguintes etapas: aplicação do asfalto, espalhamento dos agregados e compactação. Nos equipamentos utilizados, destacam-se o distribuidor de ligante, distribuidor de agregado e rolo compressor. Atualmente existem equipamentos conjugados que distribui ligante e agregado simultaneamente, sendo os mais indicados. Conclui-se a respeito da importância de se estudar esse tipo de conteúdo, principalmente em disciplinas que abordam a pavimentação de estradas, com o intuito de adquirir maiores conhecimentos acerca do assunto.*

Palavras-Chave: *tratamentos superficiais, penetração, agregado, ligante.*

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Bernucci *et. al.* (2008), tratamento superficial de pavimentos consiste na aplicação de ligantes asfálticos e agregados sem mistura prévia, com posterior compactação, promovendo o recobrimento parcial e a adesão entre agregados e ligantes. Configura-se como um revestimento flexível de pequena espessura, executado por espalhamento sucessivo de ligante betuminoso e agregado através de compressão.

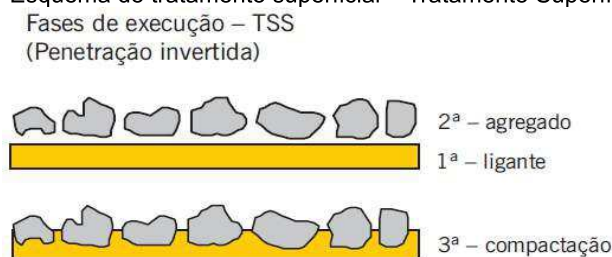
Motta e Farah (2010) apontam que esse tipo de revestimento vem sendo executado no Brasil há muitas décadas, com muito sucesso. Como função principal, o ligante betuminoso “segura” o agregado no seu devido lugar, pela ligação permanente com a superfície tratada (TEIXEIRA, 2012).

Apesar de apresentar pequena espessura, o tratamento superficial proporciona alta resistência ao desgaste, aumentando assim a vida útil do pavimento, além de melhorar a impermeabilização do pavimento acabado (BERNUCCI *et. al.*, 2008) e aumentar o atrito entre o pneu e o pavimento (MOTTA E FARAH, 2010). Bernucci *et. al.* (2008) também argumenta que não ocorre aumento substancial da capacidade estrutural, o mesmo que não corrige possíveis irregularidades geométricas da pista.

2 CLASSIFICAÇÃO DOS TRATAMENTOS SUPERFICIAIS

Para entender o funcionamento a fim de classificar os diferentes tipos de tratamento superficial, se faz necessário entender melhor o fenômeno de **penetração**, sendo **direta** ou **invertida**. Segundo Bernucci *et. al.* (2008), a nomenclatura de penetração invertida (figura 01) pode ser entendida como: primeiro, aplica-se o ligante, sobre ele o agregado e em seguida, por um processo de compressão realizado por maquinário, o ligante acaba por envolver o agregado, vindo de baixo para cima.

Figura 01 – Esquema do tratamento superficial – Tratamento Superficial Simples.



Fonte: BERNUCCI *et. al.* (2008).

Por sua vez, o termo penetração direta foi introduzido para melhor identificar os tratamentos superficiais executados com emulsão de baixa viscosidade, iniciando por um espalhamento de agregado para evitar o escoamento do ligante, como no caso de aplicação nos acostamentos (BERNUCCI *et. al.*, 2008). No entanto, esse tratamento envolve uma significativa penetração do agregado no substrato já durante a compactação, pois essa ancoragem compensa a falta de ligante por baixo do agregado.

Sendo assim, Bernucci *et. al.* (2008) classifica os diferentes tipos de tratamentos superficiais em três tipos: **TSS – Tratamento Superficial Simples**: uma aplicação de ligante betuminoso coberto por uma camada de agregado mineral (miúdo), submetido à compressão e acabamento; **TSD – Tratamento Superficial Duplo**: duas aplicações de ligante betuminoso, cobertas cada uma por agregado mineral (gráudo e miúdo); **TST – Tratamento Superficial Triplo**: três aplicações de ligante betuminoso, cobertas cada uma por agregado mineral (gráudo, médio e miúdo). Após cada camada, os agregados são submetidos à compressão.

Os tratamentos superficiais por penetração são subdivididos em duas operações: simples ou múltipla. Basicamente, a operação simples envolve o TSS, enquanto a múltipla engloba o TSD e TST, com espessura acabada da ordem de 5 a 20 mm (BERNUCCI *et. al.*, 2008).

3 ESPECIFICAÇÕES DOS MATERIAIS

Mais recentemente, Bernucci *et. al.* (2008) indica que a aplicação da técnica de tratamento superficial vem sendo estendida também para restaurações de pavimentos, ou sob qualquer tipo de revestimento que não tenha irregularidades significativas.

No tratamento superficial é o agregado que confere a textura e a cor da pista, sendo as seguintes suas funções principais indicadas por Bernucci *et. al.* (2008): transmitir as cargas até o substrato, resistir à abrasão e à fragmentação pela ação do tráfego, resistir ao intemperismo, assegurar uma superfície antiderrapante, promover uma drenagem superficial adequada.

Para obter essas qualidades é necessário que as propriedades geométricas, físico-químicas e mecânicas do agregado, satisfaçam algumas exigências, como: abrasão Los Angeles igual ou inferior a 40%, índice de forma superior a 0,50, durabilidade com perda inferior a 12%, granulometria do agregado obedecendo a faixas específicas (distribuição mais uniforme), adesividade superior a 90% (BERNUCCI *et. al.*, 2008).

Bernucci *et. al.* indica que com a utilização de graduação contínua, é possível que ocorra um envolvimento heterogêneo das partículas, onde assim pode ocorrer ausência total de cobertura de alguns grãos, diminuindo a adesão global. Numa distribuição uniforme, existe maior adesão e recobrimento por ligante, conferindo maior estabilidade ao conjunto.

Tabela 01 – Faixas granulométricas recomendadas pelo DNIT para Tratamento Superficial – TS.

Malha ABNT	Porcentagem passante em peso			Tolerância
	A	B	C	
1"	100	-	-	-
3/4"	90-100	-	-	±7
1/2"	20-55	100	-	±7
3/8"	0-15	85-100	100	±7
Nº 4	0-5	10-30	85-100	±7
Nº 10	-	0-10	10-40	±7
Nº 200	0-2	0-2	0-2	±7

Fonte: CBB Asfaltos (2010).

A tabela 01 apresenta a distribuição granulométrica recomendada pelo DNIT para tratamentos superficiais. De acordo com as especificações normativas, para um TSS adotam-se as faixas B ou C, para TSD as faixas A para a primeira camada, B para primeira ou segunda camada e C, para segunda camada, e para TST as faixas A para a primeira camada, B para a segunda camada e C para a terceira camada.

A viscosidade do ligante deve ser suficientemente baixa, para que a vazão no decurso da bomba e bicos espargidos provoque molhagem adequada no agregado durante o espalhamento, e suficientemente alta, evitando escorrimentos excessivos, promovendo coesão adequada durante a compactação. Bernucci *et. al.* (2008) ainda enfatiza o uso de emulsões de resíduo, aquecidas acima de 75 °C e somente com circulação, sendo a estocagem máxima de 7 dias.

4 MÉTODOS DE DOSAGEM

Atualmente existe um grande número de métodos para dosagem dos materiais no tratamento superficial, em geral, considerando-se parâmetros relacionados ao tamanho do agregado: **diâmetro médio** (método de Linckelheyl), **tamanho máximo efetivo (abertura da malha da peneira na qual passam 90% dos agregados)** (método da Califórnia), **diâmetro “médio ponderado”** (método Asphalt Institute).

4.1 Método Experimental Direto

Segundo Bernucci *et. al.* (2008), o método direto mais usado é o chamado ensaio de placa ou bandeja, também conhecido como diâmetro médio (ou método de Linckelheyl). Consiste em espalhar o agregado sobre uma placa plana de área conhecida (500 x 500 mm), de modo a cobrir a área da placa, obtendo-se um mosaico uniforme de agregado sem superposição e sem falhas (repete-se o processo três vezes). Dessa forma, encontram-se: taxa de agregado gráudo da primeira camada, taxa da massa específica aparente solta do agregado (litros/m²) e taxa de ligante.

O uso de uma caixa dosadora (800 x 250 x 40 mm) é útil na dosagem do agregado. Espalha-se o agregado sobre o fundo da caixa, de forma a formar um mosaico igual ao que se deseja construir na pista. Coloca-se então a caixa na posição vertical e lê-se a taxa de agregado em litros/m², na graduação indicada na tampa da caixa. A dosagem ótima é a que corresponde à ausência de exsudação e o mínimo de rejeição de agregado da última camada do tratamento (BERNUCCI *et. al.*, 2008).

4.2 Dosagem de Ligante e Agregado

Segundo a CEHOP (2017), as taxas de aplicação, espalhamento e uniformidade “tratam-se das quantidades ou taxas de utilização de ligante betuminoso e de espalhamento de agregados a serem utilizadas nos tratamentos superficiais”. Sendo

assim, recomendam-se, juntamente com o DNIT, as seguintes taxas de aplicação de agregados e de ligantes betuminosos, conforme a tabela 02.

Tabela 02 — Dosagem recomendada pela Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas.

Tratamento Superficial Simples		Tratamento Superficial Duplo			Tratamento Superficial Triplo		
Ligante	Agregado	Camada	Ligante	Agregado	Camada	Ligante	Agregado
0,8 l/m ² a 1,2 l/m ²	8 kg/m ² a 12 kg/m ²	1 ^a	-	20 a 25 kg/m ²	1 ^a	-	20 a 25 kg/m ²
		2 ^a	-	10 a 12 kg/m ²	2 ^a	-	10 a 12 kg/m ²
		1 ^a a 2 ^a aplicações	2 a 3 l/m ²	-	3 ^a	-	5 a 7 kg/m ²
					1 ^a , 2 ^a e 3 ^a aplicações	2 a 3 l/m ²	-

Fonte: CEHOP (2017).

4.3 Execução de Tratamentos por Penetração

A construção de um tratamento superficial simples consiste das seguintes etapas (BERNUCCI *et. al.*, 2008):

- **Aplicação de ligante asfáltico:** sobre a base imprimada, curada e isenta de material solto, aplica-se um banho de ligante com carro-tanque provido de barra espargidora;
- **Espalhamento do agregado:** após a aplicação do ligante, efetua-se o espalhamento do agregado, de preferência com caminhões basculantes dotados de dispositivos distribuidores;
- **Compactação:** após o espalhamento do agregado, é iniciada a compressão do mesmo sobre o ligante, com rolo liso ou pneumático.

A temperatura para aplicação do ligante é determinada em função da relação viscosidade-temperatura: para cimento asfáltico (20 a 60 SSF); para emulsão asfáltica (20 a 100 SSF, no caso de RR-1C e 100 a 250 SSF, em se tratando da RR-2C).

A compressão do agregado é realizada imediatamente após o seu lançamento: trechos em tangente (deve começar pelas bordas e progredir para o eixo); curvas (deve progredir sempre da borda mais baixa para a borda mais alta). Alguns autores indicam que o número de passadas deve ser tal que não se percebe mais o rearranjo significativo das partículas. Para rolos pneumáticos, a calibração deve estar entorno de 100 a 120 lbs/in², com peso de 8 a 10 toneladas com 5 passadas (velocidade entre 5 a 10 km/h).

Em seguida à aplicação da emulsão, ocorre a cobertura por agregado miúdo (areia ou pó de pedra), realizando-se a compressão. Aconselha-se a passagem de

vassoura de arrasto sobre a última camada de agregado do tratamento, para melhor penetração da emulsão (BERNUCCI *et. al.*, 2008).

5 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Os equipamentos utilizados no tratamento superficial são basicamente: distribuidor de ligante, distribuidor de agregado e rolo compressor (TEIXEIRA, 2012).

Também segundo Teixeira (2012) o **distribuidor de ligante** nada mais é que um caminhão equipado com uma barra espargidora pressurizada por bomba de deslocamento ou ar comprimido, além de um sistema de aquecimento do ligante com indicador de temperatura e tacômetro para controlar a velocidade de passagem, podendo ser rebocáveis ou automotrizes.

Ainda segundo o mesmo autor, a **distribuição do agregado** exige um controle de qualidade na regularidade do espalhamento, envolvendo: espalhamento transversal (deve ser homogêneo, atribuindo sua qualidade ao dispositivo utilizado) e espalhamento longitudinal (deve ter escoamento regular, obtido pela conjugação do dispositivo de espalhamento e a velocidade do veículo).

Atualmente existem equipamentos conjugados que fazem a distribuição de ligante e agregado simultaneamente. Estes são os mais indicados para o tratamento superficial, pois garantem coesão adequada entre o ligante e o agregado (evitando a aplicação tardia do agregado no ligante caso fossem aplicados por equipamentos diferentes), e o poder ligante da emulsão asfáltica (TEIXEIRA, 2012).

Para a **compressão** do tratamento são utilizados rolos compactadores pneumáticos e/ou lisos. O mais indicado é o rolo de pneus, em serviços onde o agregado não possui alta resistência mecânica e/ou a superfície tratada apresenta irregularidades. O rolo liso pode obter resultados satisfatórios, no entanto, deve estar associado ao rolo de pneus, sem aplicação de elevada carga.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Percebe-se, portanto, que o uso de tratamento superficiais apresentam amplos benefícios dentro da pavimentação de estradas. Executados há muitas décadas no Brasil, conferem especificidades aos pavimentos de concreto flexível. Apesar da pequena espessura do tratamento superficial, esta é muito importante para a resistência ao desgaste, aumentando a vida útil do pavimento.

O uso de tratamentos superficiais por penetração decorre da escolha entre penetração direta ou invertida, sendo a direta a aplicação inicial do agregado e depois do ligante, e a invertida, ao contrário. O mais utilizado é a penetração invertida por causa da adesividade. Basicamente, a subdivisão em tratamentos superficiais simples, duplos e triplos decorre da aplicação de uma, duas ou três camadas de ligante e agregado, dependendo da situação da base do pavimento.

Tanto os agregados como o ligante empregado deve passar por ensaios de desempenho e de dosagem, remetendo ao desempenho esperado e a necessidade de aplicação. Em resumo, sua aplicação consiste em aplicação do asfalto, espalhamento dos agregados e compactação. Atualmente, o método de dosagem mais utilizado é o método experimental direto, no entanto, existem tabelas do DNIT e outras instituições que remetem à dosagem baseada em tratamento superficial simples, duplo e triplo.

Quanto aos equipamentos utilizados, distribuem-se em: distribuidor de ligante, distribuidor de agregado e rolo compressor. Todos apresentam controles de qualidade específicos, principalmente com relação à aderência entre o agregado e o ligante. Atualmente existem equipamentos conjugados que fazem a distribuição de ligante e agregado simultaneamente e são os mais indicados para o serviço.

REFERÊNCIAS

- BERNUCCI, Liede Bariani et al. **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica** para engenheiros. 3. ed. Rio de Janeiro: Petrobras, Abeda, 2008. 496 p.
- CBB ASFALTOS (Paraná). **Tratamento Superficial - TS**. Curitiba: Imagem, 2010. 94 slides, color. Disponível em: <http://cbbasfaltos.com.br/info_arquivos/tratamento_superficial.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2017.
- CEHOP (Sergipe). **Tratamento Superficial**. 2017. Disponível em: <<http://187.17.2.135/orse/esp/ES00197.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2017.
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DO PARANÁ. **ES-P 18/05: Pavimentação: Tratamentos Superficiais**. Paraná: Der/pr, 2005. 19 p. Disponível em: <http://www.der.pr.gov.br/arquivos/File/PDF/pdf_Pavimentacao/ES-P18-05TratamentosSuperficiais.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2017.
- MACROPAVI (Rio de Janeiro). **Tratamentos**. 2017. Disponível em: <http://www.macropavi.com.br/wordpress/?page_id=94>. Acesso em: 22 mar. 2017.
- MOTTA, Laura Maria Goretti da; FARAH, Hélio. **Tratamento Superficial: Tratamento Superficial**. 2010. Disponível em: <<http://www.sinicesp.org.br/materias/2010/bt13.htm>>. Acesso em: 22 mar. 2017.
- TEIXEIRA, Luiz Henrique. **Tratamento Superficial**. 2012. Disponível em: <<http://www.sinicesp.com.br/materias/2012/bt12a.htm>>. Acesso em: 22 mar. 2017.