

O ESTADO DA ARTE DA RECICLAGEM DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS NO BRASIL

Augusto Mazzuco (*), Bruna Schmitt Schuster, Luiz Roberto Taboni Junior, Hugo Gabriel Fernandes Viotto, Ana Cláudia Valério Soares

* Universidade Estadual do Oeste do Paraná, augustomazzuco@hotmail.com.

RESUMO

O aumento do tráfego, o término da vida útil dos pavimentos e os fatores climáticos são responsáveis por promoverem a degradação dos revestimentos asfálticos, afetando-se assim a trafegabilidade. Diante disso, é necessário a realização da manutenção da via que tem por objetivo garantir boas condições de rolamento e segurança aos usuários. Atualmente, as técnicas mais tradicionais de restauração asfáltica apresentam algumas desvantagens como a necessidade de extração de recursos naturais e o aumento na geração de resíduos sólidos, que é o resultado da extração do antigo pavimento, que possuem potencial para serem reciclado. Sendo assim, o presente estudo apresenta uma revisão de literatura sobre as técnicas de reciclagem de pavimentos asfálticos em território brasileiro, destacando-se a técnica *in situ*, reciclagem profunda, reciclagem com espuma de asfalto, entre outras. Como resultado, verificou-se que a escolha da técnica depende de inúmeras variáveis, sendo que uma delas é o fator econômico, que dificulta o deslocamento de materiais e mão de obra especializada.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduo de pavimento, Reciclagem, Resíduos sólidos.

INTRODUÇÃO

De acordo com o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos, elaborado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (2006), grande parte da malha rodoviária existente atualmente no Brasil já superou a vida útil prevista em projeto. Além disso, o crescente número de veículos trafegando no sistema rodoviário brasileiro acarreta uma sobrecarga no pavimento, interferindo diretamente na qualidade e durabilidade dos revestimentos asfálticos. Deste modo, é necessário a realização de uma manutenção ou restauração por completo do pavimento.

As técnicas mais comuns de restauração de pavimentos apresentam alguns pontos desfavoráveis, como a utilização excessiva de material betuminoso e a geração de resíduos sólidos. No caso do recapeamento, é necessário a utilização de uma grande quantidade de betume, que resulta no aumento do greide da pista, decorrente da sobreposição de camadas. À vista disso e considerando a importância que se tem dado ao desenvolvimento sustentável, a reciclagem se tornou uma opção a ser considerada, já que a disponibilidade de recursos naturais é limitada e tem se tornado cada vez mais escassa (FONSECA, 2002).

A reciclagem de pavimentos apresenta vantagens consideráveis, tanto do ponto de vista técnico quanto econômico, já que para reciclar o material asfáltico é necessário efetuar previamente a fresagem do trecho em questão, o que mantém o greide da pista. Além do mais, ao se efetuar a reutilização de materiais ocorre uma demanda menor de material betuminoso (BONFIM, 2011).

De acordo com a *Federal Highway Administration* (1997), as técnicas de reciclagem de pavimentos asfálticos podem ser classificadas em: a quente na usina; a quente no local ou *in situ*; a frio na usina; a frio no local ou *in situ*; e a *Full Deph Reclamation*, conhecida no Brasil como reciclagem profunda.

OBJETIVOS

Apresentar um estudo do tipo estado da arte sobre as técnicas de reciclagem de pavimentos asfálticos vigentes no território brasileiro.

METODOLOGIA

De acordo com Soares (1989), uma pesquisa de estado da arte é de suma importância para o processo de evolução da ciência em determinada área de conhecimento. Pois é por meio dela que ocorre a ordenação de informações e resultados já obtidos. Gerando-se, assim, a possibilidade de integrar diferentes perspectivas aparentemente autônomas.

Portanto, os métodos de pesquisa adotados neste trabalho foram do tipo exploratório e bibliográfico, uma vez que procurou-se mapear o estado de conhecimento das técnicas de reciclagem de pavimentos asfálticos que vêm sendo pesquisadas e aplicadas no Brasil.

Definição da amostra

Primeiramente, pesquisou-se em livros, manuais de operações, artigos publicados a partir de encontros, convenções, simpósios, dissertações e teses sobre reciclagem de materiais na restauração de pavimentos asfálticos publicados nos últimos 20 anos. Criando-se, assim, um acervo para realizar uma pesquisa sobre o estado do conhecimento sobre o tema.

Utilizou-se como base principal, não exclusivamente para este estudo, os seguintes materiais:

- Para reciclagem a quente no local ou *in situ* a norma do DNIT 034:2005 – ES – Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico reciclado a quente no local – Especificação de serviço;
- Para reciclagem a quente em usinas estacionárias o livro do curso de atualização sobre a evolução do transporte rodoviário de cargas e seus efeitos sobre a infraestrutura, denominado como “Reciclagem de Materiais”, desenvolvido pelo Instituto de Engenharia do Paraná, 2004;
- Para reciclagem a frio em usinas estacionárias a dissertação de mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, intitulada como “Uma Avaliação Técnico/Econômica da Reciclagem de Revestimentos Asfálticos a Frio em Usina em Área Urbana, de Flávio Nestor Ferreira Dau, 2001;
- Para reciclagem a frio no local ou *in situ* a tese de Pós-graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, sob o título “Reciclagem a Frio *in Situ*” com Espuma de Asfalto”, de Luciana Nogueira de Castro, 2003;
- Para reciclagem com espuma de asfalto o mesmo material que foi utilizado para reciclagem a frio no local ou *in situ*;
- Para utilização de material fresado em pavimentos de baixo custo os Trabalhos de Conclusão de Curso desenvolvidos na Universidade Estadual do Oeste do Paraná, intitulados como “Avaliação das Propriedades Físicas da Mistura Solo Argiloso – Material Fresado para Utilização em Estradas de Terra”, de Michel Zilio (2004) e “Estudo de um Segmento de Estrada de Terra Revestido com Material Fresado”, de Carlos Sergio Alves (2007).

RESULTADOS

Reciclagem a quente no local ou *in situ*

A reciclagem a quente no local é definida como uma reparação dos defeitos existentes na superfície do pavimento, por meio da fresagem a quente do revestimento asfáltico antigo, misturado com material asfáltico, agregado virgem e agente rejuvenescedor (DNIT, 2006).

Essa técnica de reciclagem pode ser realizada com a passagem dupla do equipamento, em que o material reciclado é recompactado, seguido da aplicação de uma nova mistura asfáltica. Além disso, pode ser executado com uma passagem única do equipamento reciclador, que combina o pavimento restaurado com materiais virgens (ASPAHLT RECYCLING AND RECLAIMING ASSOCIATION, 2001).

De acordo com o Instituto de Engenharia do Paraná – IEP (2004), são utilizadas duas técnicas de reciclagem a quente *in situ* pelo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem: a técnica Marini e o *Wirtgen*. Resumidamente a técnica Marini consiste na utilização de uma planta móvel do tipo Marini para reciclar revestimentos asfálticos, no qual a fresagem é realizada a frio. Já o procedimento *Wirtgen* pode ser resumido nas seguintes etapas: pré-aquecimento da superfície, fresagem do revestimento, adição de material usinado, usinagem, espalhamento e compactação.

Na técnica Marini a reciclagem é realizada por um comboio constituído de fresadora, usina móvel para reciclagem do revestimento, caminhões especiais para espalhar o material novo, vibroacabadora e rolos de compactação. Essa técnica consiste em espalhar o agregado novo na pista por meio de caminhões basculantes, seguido da fresagem do revestimento a frio. O material fresado e o adicional são recolhidos pela usina móvel por meio de um carregador que o transfere para o silo alimentador, local onde determina-se a quantidade de material fresado que será introduzido no secador-misturador.

No que se refere a técnica *Wirtgen*, o DNIT com base na sua especificação de serviço, explica que a técnica consiste em pré-aquecer o revestimento a uma temperatura de aproximadamente 130°C, por meio de um equipamento constituído por placas aquecedoras. Com a pista já pré-aquecida, adiciona-se a massa nova e o agente reciclador. A próxima etapa é o deslocamento do remixer, que também possui placas aquecedoras, que é responsável por completa o aquecimento feito anteriormente, sendo que a fresagem é iniciada quando o revestimento atinge a temperatura de 130°C.

O material proveniente da fresagem e o adicional são transportados por meio de uma correia até o misturador do remixer, local onde é realizada a usinagem. As próximas etapas são o espalhamento da mistura betuminosa por meio de uma vibroacabadora e o espalhamento da massa reciclada, sendo que a compactação é realizada de forma convencional. Segundo o DNIT (2006), as técnicas de reciclagem a quente *in situ* devem ser utilizadas somente para a reparação de defeitos superficiais, de classe funcional, pois estas técnicas envolvem a reelaboração de uma camada do revestimento considerada delgada.

Como vantagens da reciclagem a quente no local, pode-se citar que não se tem o custo de transporte até as usinas estacionárias, já que a usina móvel está presente no comboio de reciclagem e é uma técnica adequada para reparações superficiais. A principal desvantagem é que a técnica se limita a corrigir defeitos funcionais (DNIT, 2005).

Reciclagem a quente em usinas estacionárias

Na reciclagem a quente na usina, o pavimento asfáltico recuperado é combinado com agregado novo e cimento asfáltico para produzir mistura asfáltica a quente. Utiliza-se um equipamento com capacidade de remover uma camada do revestimento, normalmente uma fresadora, para retirar o pavimento asfáltico em uma camada previamente estipulada. (FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, 1997).

Em usinas volumétricas o processo de mistura é realizado no tambor secador da usina. O material removido é introduzido no meio do tambor misturador, pois se for introduzido junto com o agregado novo no terminal do queimador do tambor corre-se o risco de queimar o asfalto remanescente no revestimento removido. No terminal misturador do tambor, o calor dos agregados novos faz com que o ligante do material antigo amoleça, permitindo a mistura completa dos componentes. Em usinas gravimétricas o material removido é introduzido, após pesagem, diretamente no misturador, sendo que a técnica de transferência de calor utilizada é o mesmo das usinas volumétricas (IEP, 2004).

A principal vantagem da reciclagem a quente em usinas estacionárias é a possibilidade de produzir um material de qualidade superior quando comparado com o método *in situ*. Como desvantagens pode-se citar o preço adicional do transporte do material fresado até a usina e do material reciclado da usina até a pista e o risco de queimar o material no processo de aquecimento da mistura (IEP, 2004).

Reciclagem a frio em usinas estacionárias

A reciclagem de materiais a frio em usinas estacionárias é uma técnica em que o material recuperado da rodovia é transportado até um depósito central, em que se tem a alimentação do mesmo por meio de uma unidade de processamento (WIRTGEN, 2004). De acordo com o DNIT (2006), a reciclagem a frio não é uma técnica nova de restauração, e diversos órgãos rodoviários utilizam essa técnica.

DAU (2001) explica que a técnica de reciclagem a frio em usinas é utilizada há mais de 25 anos, sendo a técnica mais utilizada devido à crescente preocupação com o disposição dada aos resíduos gerados por grandes aglomerações urbanas e pelo possível esgotamento de recursos naturais.

É importante que a pista que apresenta defeitos e que será submetida à fresagem passe por inspeção contínua, para garantir que esse material reciclado tenha características semelhantes as desejadas, rejeitando material contaminado pela existência de selantes, tratamentos superficiais ou até excesso de material granular em sua composição. Após ter sido produzido, o revestimento asfáltico recuperado pode ser estocado e manuseado como se fosse um agregado normal, tendo sempre o cuidado de não aglomerar em um mesmo monte material fresado proveniente de diferentes obras. Deve-se também, atentar-se para a altura do monte durante a estocagem, pois de acordo com o *Asphalt Institute* montes acima de 3 metros de altura podem causar uma aglomeração das partículas do revestimento asfáltico recuperado (DAU, 2001).

A principal vantagem da reciclagem a frio em usinas estacionárias é a possibilidade de estocagem da mistura reciclada, já que, por ser produzida a frio, não necessita ser aplicada imediatamente. As principais desvantagens são os problemas de estocagem como a reaglomeração das partículas do material fresado estocado e custo de transporte do material fresado até a usina e do material reciclado da usina até a pista (DAU, 2001). Na Figura 1, apresenta-se o fluxograma de funcionamento da técnica.

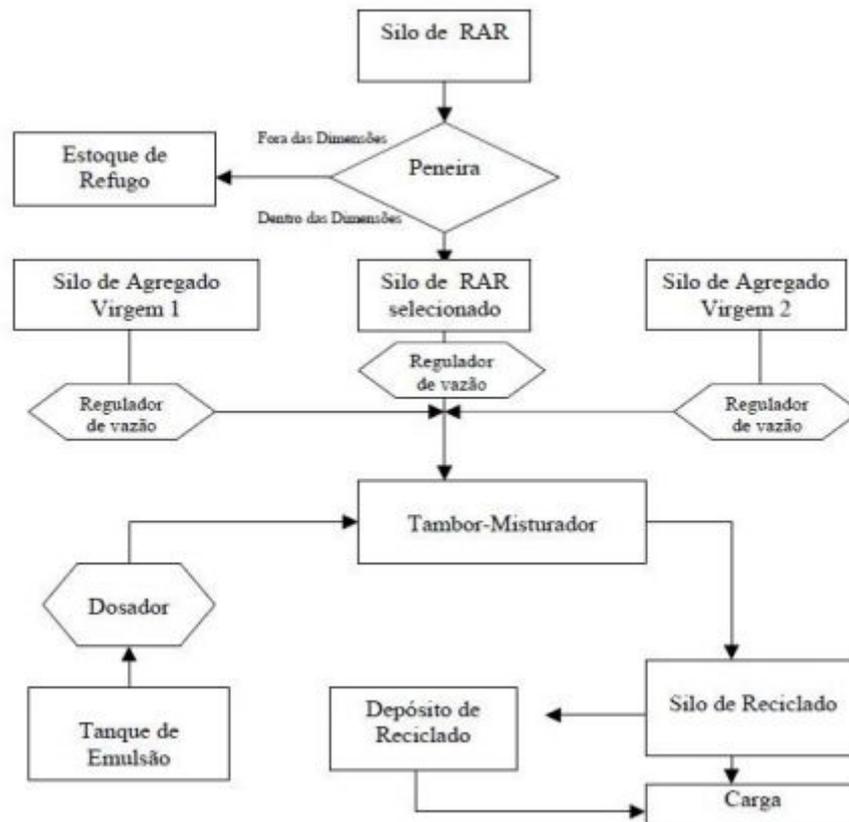


Figura 1: Fluxograma de uma usina contínua de reciclagem a frio. Fonte: DAU (2001)

Reciclagem a frio no local ou *in situ*

A reciclagem a frio no local ou *in situ* é executada geralmente com a utilização de emulsão asfáltica como agente reciclador, sendo que a quantidade de emulsão a ser aplicada é proporcional ao peso do revestimento asfáltico recuperado. Este tipo de reciclagem é realizada com a utilização de máquinas recicladoras grandes e potentes, sendo que sua peça principal é o rotor fresador e misturador, equipado com uma grande quantidade de ferramentas de corte. Essas máquinas permitem reciclar camadas espessas em uma única passagem (WIRTGEN, 2004).

De acordo com Wirtgen (2004), a utilização desta técnica possibilita melhorias no conforto ao rolamento, aumenta a largura do pavimento e minimiza os problemas com o transporte. Segundo o DNIT (2006), pode-se classificar esta técnica em:

- Reciclagem com adição de material betuminoso: trata-se da produção de uma base estabilizada com betume;
- Reciclagem com adição de estabilizante químico: trata-se da produção de uma base estabilizada quimicamente, por meio da pulverização e mistura na pista da camada de revestimento, da base e do subleito com a adição de estabilizantes químicos, que podem ser cinzas volantes, cal ou cimento.

Dentre as vantagens da reciclagem a frio *in situ* de pavimentos, pode-se citar a eliminação das operações de escavação, carga e transporte para remoção de materiais da estrada; eliminação da necessidade de equipamentos para beneficiamento de materiais e de áreas de estocagem; processo não poluente e possui tempo de construção mais curto em relação a outros métodos. Como desvantagem pode-se citar a necessidade de equipamentos de grande porte para realização da técnica, o que pode ser muito oneroso, inviabilizando o mesmo (CASTRO, 2003).

Full Deph Reclamation – FDR

A reciclagem profunda, nome do FDR em português, é uma técnica automatizada. Nela, a camada de revestimento asfáltico e parte do material das camadas subjacentes são simultaneamente triturados e homogeneizados para serem utilizados novamente no pavimento como uma nova camada homogênea e estabilizada (OLIVEIRA, 2003). Este tipo de reciclagem utiliza agentes estabilizadores, que podem ser materiais betuminosos, agregados, agentes rejuvenescedores e estabilizantes químicos. No Brasil o mais utilizado é o cimento Portland, devido à disponibilidade (OLIVEIRA, 2003).

De acordo com o DNIT (2013), a reciclagem profunda de pavimento *in situ* com adição de cimento Portland como agente estabilizador deve seguir a seguinte sequência executiva: espalhamento do agregado adicional, quando necessário; espalhamento de cimento Portland sobre a superfície, na taxa indicada no projeto; reciclagem na seção e espessura de corte indicadas em projeto, sendo que nesta operação o cimento Portland, agregados adicionais e a água para compactação são simultaneamente incorporados e homogêneos com os materiais do pavimento existentes; compactação prévia, para confinar a mistura reciclada e evitar perdas de umidade à medida que a recicladora avança; conformação inicial dos perfis transversais e longitudinais da camada com utilização da motoniveladora; compactação final, sendo que, conforme se processa a compactação, a motoniveladora vai modelando a superfície de acordo com o que foi estabelecido no projeto geométrico; acerto final da superfície com motoniveladora, para eliminar as saliências da pista e estabelecer o perfil geométrico de projeto; proteção da camada reciclada contra a evaporação da água, através da aplicação de produto asfáltico isento de solventes; aplicação da pintura de proteção e da capa selante na camada reciclada.

De acordo com a FHWA (1997) as principais vantagens da FDR são: possibilidade de restabelecimento do pavimento antigo para o perfil desejado, restabelece a cota e declive, elimina buracos, irregularidades e a existência de trilhas de roda; possibilita operação para executar o alargamento do pavimento; a estrutura do pavimento pode ser consideravelmente melhorada sem que se mude a geometria do mesmo; suscetibilidade ao congelamento pode ser incrementada; é um processo ambientalmente correto, sendo que existe a conservação de materiais e energia; geralmente, apenas uma camada delgada de revestimento é necessária, tornando baixo o custo de produção. As principais desvantagens são: a necessidade de equipamentos de grande porte e é inviável para pavimentos que apresentam defeitos de baixa magnitude.

Espuma de asfalto na reciclagem de pavimentos

De acordo com o Instituto Chileno de Asfalto (2002), a espuma de asfalto é uma mistura de asfalto aquecida a aproximadamente 180°C combinada com água à temperatura ambiente. Essa junção faz com que o asfalto sofra uma reação de expansão de seu volume inicial.

A espuma de asfalto pode ser utilizada com a tecnologia de reciclagem a frio no local ou *in situ*, sendo que esta maneira consiste no reaproveitamento de camadas deterioradas do pavimento, por meio da adição de espuma de asfalto, cimento Portland e agregados pétreos, gerando assim, bases recicladas de boa qualidade (DNER, 2000). De acordo com Wirtgen (2001), a técnica de reciclagem com espuma de asfalto está sendo utilizada mundialmente com sucesso, com destaque na Europa, onde a reciclagem a frio com espuma de asfalto é comum na Grã-Bretanha, Noruega, Rússia e Holanda.

No Brasil, a reciclagem com espuma de asfalto teve sua primeira aplicação em março de 1998 na rodovia BR-277, no estado do Paraná, em um trecho de aproximadamente 30 km entre Irati e o entroncamento de Prudentópolis. Nesta obra foi reciclada uma espessura de 12 cm, sendo 5cm de revestimento e 7 cm de base, com adição de 3,5% de espuma de asfalto e 1% de cimento Portland (LUCAS et al., 2000).

Dentre as vantagens da utilização da espuma de asfalto na reciclagem pode-se citar: a fácil aplicação, já que a mesma é aplicada diretamente na câmara de mistura da recicladora; o material pode ser submetido ao tráfego logo após a execução do trecho; possui custo inferior quando comparado aos tratamentos com emulsão asfáltica ou com emulsão misturada com cimento; e forma-se uma camada de boa capacidade estrutural e com maior resistência à ação da água, quando utilizada em conjunto com uma pequena quantidade de cimento (IEP, 2004).

No entanto, as principais desvantagens são a impossibilidade da utilização da espuma de asfalto caso o material a ser reciclado seja deficiente de agregados finos, necessitando, nesse caso, da retificação da granulometria por meio da adição de cimento ou cal. Além disso, é necessária a existência de instalações especiais para aquecimento e expansão do asfalto para a formação da espuma (IEP, 2004).

Utilização de material fresado em estradas de terra

A utilização de material oriundo de fresagem para fazer um revestimento, atuando como uma melhoria em estradas de terra, é uma técnica relativamente nova que foi intensificada no final da década de 90 no Brasil, quando a fresagem passou a se tornar cada vez mais comum em pavimentos deteriorados. Basicamente, a técnica consiste no espalhamento de uma camada de aproximadamente 10 cm de espessura do material sobre a pista, com a compactação sendo realizada por meio de rolos liso vibratório e finalizada com uma pintura com emulsão e capa selante. Para estradas de terra menos utilizadas, é comum o simples espalhamento do material fresado sobre a plataforma, deixando a compactação por responsabilidade do tráfego (ALVES, 2007).

De acordo com a pesquisa realizada por ALVES (2007), os serviços de manutenção e conservação de um segmento com a utilização de material fresado no revestimento apresentam uma redução de custo de aproximadamente 23% em relação à manutenção e conservação de um segmento das mesmas características sem revestimento. Ainda, no mesmo trabalho, realizou-se uma pesquisa subjetiva com cinco avaliadores, onde os mesmos atribuíram notas aos trechos em estudo, e o resultado foi: o trecho com revestimento com material fresado obteve um valor de serventia (em uma escala de notas de 1 a 5, onde 1 é péssimo e 5 é excelente) de 3,34, correspondendo a um nível de conforto bom. Já o trecho sem revestimento obteve um valor de serventia de 2,46, correspondendo a um nível de conforto apenas regular.

Devido ao fato do custo do transporte do material fresado até o local de utilização ter grande influência no custo final deste tipo de melhoria em estrada de terra, pondera-se que, para distância de transporte de material fresado de até 25 km, é viável a execução de revestimento com material fresado, em relação ao tratamento antipó e à pavimentação poliédrica. Para distâncias de 25 a 215 km, o revestimento com material fresado é mais econômico do que a pavimentação poliédrica, porém é mais oneroso do que o tratamento antipó. Para distâncias superiores a 215 km, o revestimento com material fresado é inviável quando comparado as outras duas alternativas (ALVES, 2007).

CONCLUSÃO

Economicamente falando, os custos das técnicas de reciclagem de pavimentos asfálticos em usinas estacionárias tendem a ser maiores, uma vez que existe o custo do transporte do material fresado até a usina. Vale ressaltar, nesse ponto, que o custo de transporte possui grande relevância.

Nem sempre, entretanto, isso significa que as técnicas em usinas estacionárias devam ser completamente descartadas. Caso a reciclagem seja destinada a um segmento de pista que necessita de alto controle de qualidade, a reciclagem a quente em usina pode ser o sistema mais adequado, uma vez que possibilita o tratamento no material reaproveitado e a inserção de outros materiais (como agente rejuvenescedor) na mistura.

Também, é importante reportar, que para a realização das técnicas de reciclagem no local ou *in situ*, se faz necessário o uso do que é chamado de comboio de reciclagem, que conta com o uso da fresadora, usina móvel e equipamento compactador. Esses equipamentos nem sempre estão disponíveis e o custo para a obtenção é elevado.

Dependendo da situação, caso o material a ser reciclado não apresente um local de destinação, a reciclagem a frio em usina é o mais indicado, pois o mesmo permite a estocagem do material reciclado para posterior aplicação, o que não ocorre com as técnicas a quente.

Quando há a necessidade de uma readequação do perfil geométrico da via, o Full Deph Reclamation é uma solução bastante útil, uma vez que se trata de uma reciclagem profunda, retirando grandes camadas do pavimento, por vezes chegando até a base. Também é recomendado quando o pavimento apresenta alto grau de deterioração, com problemas estruturais graves, fazendo com que uma grande camada necessite ser restaurada.

A utilização de material fresado em estradas de terra é uma solução bastante adequada para estradas vicinais que necessitam de serviços de manutenção e conservação constante, pois esse material fresado, espalhado ao longo da pista e compactado por equipamentos apropriados ou pelo próprio tráfego, protege o subleito de maneira muito mais eficaz do que uma estrada sem revestimento.

Diante disso, conclui-se que a escolha da técnica depende de inúmeras variáveis, sendo que uma delas, a mais relevante, é a experiência local. Muitas vezes opta-se pela técnica que vem sendo utilizado no local, pelo fato de já haver trabalhadores treinados, pela existência de dúvidas quanto a novas alternativas e por experiências anteriores que geraram bons resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVES, Carlos S. **Estudo de um segmento de estrada de terra revestido com material fresado**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2007.
2. ARRA – ASPAHLT RECYCLING AND RECLAIMING ASSOCIATION. **Basic Asphalt Recycling Manual**. Annapolis, 2001.
3. BONFIM, Valmir. **Fresagem de pavimentos asfálticos**. 3. ed. São Paulo: Exceção, 2011.
4. CASTRO, Luciana Nogueira de. **Reciclagem a frio “in situ” com espuma de asfalto**. Tese de pós-graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2003.
5. DAU, F. N. **Uma avaliação técnico/econômica da reciclagem de revestimentos asfálticos em usina em área urbana**. Dissertação de mestrado em Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001.

6. _____. **Pavimentação – Reciclagem de pavimento à frio “in situ” com espuma de asfalto.** Rio de Janeiro, 2000.
7. DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de pavimentação.** 3. ed. Rio de Janeiro, 2006.
8. _____. **Manual de restauração de pavimentos asfálticos,** 2. ed. Rio de Janeiro, 2006.
9. _____. **Pavimentação – Reciclagem profunda de pavimentos “in situ” com adição de cimento Portland – Especificação de Serviço.** Rio de Janeiro, 2013.
10. _____. **Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico reciclado a quente no local – Especificação de serviço.** Rio de Janeiro, 2005.
11. FHWA – FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. **Pavement recycling for state & local governments.** 1997.
12. FONSECA, P. **Reciclagem de pavimentos rodoviários.** Instituto Politécnico de Bragança, 2002.
13. IEP – INSTITUTO DE ENGENHARIA DO PARANÁ. **Reciclagem de materiais.** Curitiba, 2004.
14. ICHASFALTO – INSTITUTO CHILENO DE ASFALTO. **Asfalto espumado – tecnologia y aplicaciones.** In: 5 ° Boletim Técnico, nº5. Chile, 2002.
15. OLIVEIRA, Paulo C. A. **Contribuição ao estudo da técnica de reciclagem profunda na recuperação de pavimentos flexíveis.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2003.
16. WIRTGEN. **Manual de reciclagem a frio.** 2. ed. Alemanha, 2004.