

REUTILIZAÇÃO DE MATERIAL FRESADO NA PAVIMENTAÇÃO - UM ESTUDO DE CASO: BR-364

REUSE OF MILLED MATERIAL IN PAVING – A CASE STUDY: BR-364

MICHARLES CHAVES CARVALHO
UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais
jisela@etg.ufmg.br

JISELA APARECIDA SANTANNA-GRECO
UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais
jisela@etg.ufmg.br

Resumo: A engenharia precisa, cada vez mais, de inovações sustentáveis que busquem maximizar e promover o uso eficiente de recursos naturais através da reciclagem, com ideias que visam alcançar a redução de danos ambientais e que consigam proteger a nossa biodiversidade. Desta forma, buscou-se analisar a reutilização de material fresado na camada de base do pavimento em obras de infraestrutura. O presente trabalho trouxe uma revisão bibliográfica sobre estradas e pavimentação, com abordagem e definições do pavimento rígido e flexível, composição das camadas do pavimento, os principais tipos de revestimentos asfálticos, as manifestações patológicas do pavimento que podem surgir e uma abordagem sobre técnicas e execução da fresagem do revestimento já deteriorado. O objetivo geral foi analisar um estudo de caso na BR-364 de execução de camada de base do pavimento com reutilização de material fresado com adição de cimento e agregado, localizado entre as cidades de Ariquemes e Itapuã do Oeste, no estado de Rondônia. Foi possível concluir, através dos resultados de ensaio obtidos em laboratório, no que tange à resistência e granulometria, que o revestimento quando misturado com cimento e agregado se mostrou eficaz para utilização na camada de base do pavimento rodoviário. Os resultados mostraram uma melhora nos valores de ISC e expansão, além de evidenciarem que os valores de Atterberg foram atendidos.

Palavras-chave: Pavimento rodoviário. Reciclagem. Fresagem. Inovações sustentáveis.

Abstract: Engineering increasingly needs sustainable innovations that seek to maximize and promote the efficient use of natural resources through recycling, with ideas that aim to reduce environmental damage and protect our biodiversity. In this way, seek to analyze the reuse of fresh material in the base layer of the pavement in infrastructure works. The present work presents a literature review on roads and paving, with a discussion and definitions of rigid and flexible pavement, composition of the pavement layers, the main types of asphalt coatings, the pavement pathologies that may arise and an approach to techniques and execution of milling of the already deteriorated coating. The general objective was to analyze a case study on the execution of the base layer of the pavement using recycled material, with the addition of cement and aggregate, on BR-364, located between the cities of Ariquemes and Itapuã do Oeste, in the state of Rondônia. It was possible to conclude, through laboratory test results concerning resistance and granulometry, that the mixture of the recycled coating with cement and aggregate proved to be effective for use in the base layer of road pavement, the results showed an improvement in CBR values, reduced expansion, and a satisfactory granulometric analysis, and demonstrated that the Atterberg limit values were met.

Keywords: Highway pavement. Material reuse. Milling. Sustainable innovations.

Introdução

É cada vez mais comum, devido às questões ambientais, utilizar-se a expressão “desenvolvimento sustentável da sociedade” com a finalidade de buscar em todas as áreas da engenharia um modelo econômico que trabalhe a junção de desenvolvimento econômico com a redução de danos causados à preservação do meio ambiente e manutenção dos recursos naturais existentes, com isso, o presente trabalho visa fazer um estudo econômico e ambiental em obras de infraestrutura com a reutilização de material fresado na pavimentação.

Para a elaboração de um projeto de estradas e pavimentação, é necessário, inicialmente, conhecer a região para se obter dados referentes ao clima, temperatura, precipitação e, também, é preciso retirar amostras do solo da região para análise de parâmetros de resistência. Além disso, é preciso saber o volume do tráfego que o pavimento terá que suportar. Dessa forma, com base nestes parâmetros, são adotados vários procedimentos que visam eficiência e durabilidade do pavimento.

O pavimento rodoviário é uma estrutura de múltiplas camadas compostas de espessuras finitas que são dimensionadas para suportar e dissipar os esforços gerados pelo tráfego na região, tem o papel imprescindível de fornecer conforto, condições de rolamento, segurança e rapidez para o transporte rodoviário no geral. São classificados em dois tipos básicos: rígidos e flexíveis, mas recentemente existe uma tendência em usar a nomenclatura “pavimentos de concreto de cimento Portland” e “pavimentos asfálticos” para designar o tipo de revestimento do pavimento.

Quando surge o comprometimento estrutural do pavimento, seja por desgaste, danos acidentais ou previsão de aumento de tráfego na rodovia, pode-se optar pela restauração ou reforço que visa restabelecer sua capacidade estrutural, seja por adicionar uma nova camada ao pavimento ou tratar a camada já existente. A remoção por fresagem é recomendada previamente à execução de camadas de recapeamento quando há necessidade de redução da energia de propagação de trincas existentes no revestimento antigo, de forma a retardar a sua reflexão nas novas camadas. Desta forma, fresagem é o processo de corte e raspagem de uma ou mais camadas do asfalto, responsável por remover a parte que está defeituosa e praticamente sem função estrutural.

De acordo com BONFIM (2018), a fresagem de pavimentos asfálticos é, nos dias atuais, uma das técnicas constantemente aplicadas no processo de manutenção e restauração do sistema rodoviário como parte do processo de restauração de pavimentos deteriorados, em especial com o objetivo de solucionar problemas frequentemente encontrados, como a elevação do greide das estradas, além de atenuar a propagação de trincas e evitar o alteamento dos dispositivos de drenagem.

A reutilização do material gerado pela fresagem tem como destinação os trabalhos de reconstrução, restauração e conservação e isso gera uma redução na demanda de novos materiais, prolongando o período de exploração e fornecimento dos mesmos nas jazidas e pedreiras existentes. Com isso, pode-se avaliar o impacto positivo na preservação do meio ambiente.

Pavimentos flexíveis

A pavimentação de uma via de circulação é uma obra de infraestrutura que visa, além de tudo, a melhoria operacional do tráfego, pois é criada uma superfície regular, aderente e causadora de menos ruídos, todos esses fatores contribuem para o melhor conforto e segurança no deslocamento do veículo, uma vez que a via com melhor qualidade de rolamento propicia uma redução de custos operacionais e a garantia de uma superfície com boa aderência pneumática, que tende a reduzir os acidentes de trânsito.

As estruturas do pavimento são compostas por camadas sobrepostas de materiais compactados distintos a partir do subleito da região estradal, projetada para atender estrutural e operacionalmente o fluxo do tráfego com duração considerável e com o menor custo possível. Segundo BALBO (2007), cada camada do pavimento possui uma ou mais funções específicas, que dão condição e suporte para o rolamento independentemente do clima. As cargas aplicadas geram tensões na estrutura, que dependerão da resistência e ação mecânica das camadas existentes.

Camadas Asfálticas

A pavimentação asfáltica é uma das formas de revestimento mais utilizadas em países de todo o mundo. É composta por camadas, que vão absorver as cargas geradas pelas rodas dos veículos, sendo o revestimento asfáltico a camada que recebe a atuação direta da força. Além disso, o pavimento está exposto a ação direta do clima, sendo susceptível ao intemperismo. Dessa

maneira, de forma geral, o revestimento asfáltico deve ser o mais impermeável possível, inibindo a entrada de águas pluviais em suas camadas. Quando se trata de pavimentação das estradas do Brasil, os revestimentos, em sua grande maioria, são uma mistura de agregados de várias dimensões com ligantes asfálticos que, de proporção ou traço adequado, garantam as condições ideais de impermeabilidade, resistência à abrasão, estabilidade às deformações oriundas do tráfego, resistência à derrapagem dos pneus, resistência à fadiga, trincas e as demais manifestações patológicas existentes.

O dimensionamento adequado da estrutura do pavimento asfáltico é imprescindível para atender e comportar as cargas introduzidas na pista de rolamento. É importante salientar que as misturas asfálticas a serem aplicadas no revestimento deverão seguir rigorosamente o projeto de dosagem, com a possibilidade de acrescentar aditivos que melhorem os variados aspectos do material, como, por exemplo, a adesividade.

Fresagem

Os recursos naturais utilizados em obras da engenharia civil são em sua grande maioria finitos, o que causa a atual preocupação com a proteção do meio ambiente e o uso correto desses recursos. No âmbito da engenharia civil rodoviária, técnicas sustentáveis trazem soluções viáveis para esses problemas, minimizando os impactos ambientais e não deixando de lado a garantia que as obras mantenham suas funções e qualidades. Entende-se por reciclagem de camadas asfálticas o processo de reutilização de revestimentos asfálticos envelhecidos e deteriorados para a produção de novas misturas asfálticas, aproveitando os agregados e ligantes remanescentes, provenientes da fresagem, com acréscimo de novos materiais, novos agregados, novos ligantes asfálticos, e ainda de agentes rejuvenescedores e aglomerantes hidráulicos (cal ou cimento) quando necessário (Bernucci et al, 2008).

O reaproveitamento desse material fresado torna-se uma temática importante, afinal diminui-se o desperdício de resíduos, contribuindo com a conservação e a economia de materiais extraídos de jazidas naturais, além da redução no próprio custo das obras de pavimentação, afinal trata-se de um resíduo de baixo valor agregado. Para Souza et al. (2004), a não utilização desse material, que é proveniente de recursos naturais, significa um próprio desperdício de recursos naturais de modo geral. Muitas vezes o material fresado, por ser um resíduo, é descartado de forma

errônea, tendo um destino final ambientalmente inadequado ou sendo utilizado de forma simples, não aproveitando todo o seu potencial. Hoje, com a atual preocupação mundial com o meio ambiente e os impactos causados pelas atividades humanas, devem-se formular e utilizar técnicas focadas nessas problemáticas com o fim de mitigar alguns desses problemas. Uma forma evidentemente promissora é a reutilização desse material fresado, que comumente é empregado em bota-fora, saias de aterro, revestimento primário, estradas vicinais e pátios.

Estudo de caso

O local do estudo de caso é a BR-364, situada no estado de Rondônia. Nesta rodovia já existe em execução o serviço de conservação/restauração referente ao Plano Anual de Trabalho e Orçamento - P.A.T.O, com uma extensão de 139 km e a extensão do trecho executado com material reciclado é de 5 km.

Com relação às manifestações patológicas existentes no local, as informações sobre o tipo e a condição do material a ser reciclado são fundamentais, visto que elas indicarão se o material pode ser reciclado diretamente *in situ*, o tipo do equipamento de reciclagem necessário e/ou se são necessários trabalhos preliminares, tais como pré-pulverização, remoção parcial de material ou importação de material novo, antes do início da execução da reciclagem (Bernucci et al., 2008).

No local de estudo, de acordo com a avaliação das características funcionais do pavimento existente, foram identificadas as seguintes manifestações patológicas: trincas, panelas, escorregamentos e ondulações. O local do qual foi retirado o material fresado é na própria região onde está sendo executado o pavimento de material reciclado, na BR-364, no estado de Rondônia, e o método adotado foi a fresagem a frio. Segundo o DNIT 159/2011, fresagem a frio é a operação em que é realizado o corte ou desbaste de uma ou mais camadas do pavimento asfáltico, por processo mecânico a frio, feito por uma fresadora de asfalto.

Para a execução da fresagem, foram seguidas as normatizações do DNIT 159/2011. Os equipamentos utilizados foram uma fresadora composta por dentes de corte, vassoura mecânica para a limpeza da superfície fresada, caminhão basculante, caminhão tanque para abastecimento do depósito da água da fresadora, serra de disco que permite arremates e cortes perpendiculares e carreta com prancha apropriada, para transporte do equipamento de fresagem. A execução da fresagem seguiu a norma DNIT 159/2011, de acordo com os seguintes passos:

a) As áreas a serem fresadas foram delimitadas com eventuais ajustes, definidos no campo, pelo DNIT.

b) Como o material da fresagem seria destinado à reciclagem, primeiramente foi retirado o excesso de sujeira e resíduos da superfície do pavimento, por meio de varrição mecânica.

c) A fresagem do revestimento, na espessura recomendada pelo projeto, foi iniciada na borda mais baixa da faixa de tráfego, com a velocidade de corte e avanço regulados a fim de produzir granulometrias adequadas, necessárias para compor o material reciclado.

d) No decorrer da fresagem, o jateamento contínuo de água foi controlado e observado para resfriamento dos dentes da fresadora e controle da emissão de poeira.

e) Durante a operação de fresagem, o material fresado foi elevado pelo dispositivo tipo esteira, que faz parte da fresadora, para a caçamba do caminhão e transportado para o local para seu reaproveitamento. É importante salientar que, caso o material fosse encaminhado para os locais de bota-fora, deveriam ser previstos no projeto a devida localização ou indicados pela construtora, devidamente aprovados pela Fiscalização, e em conformidade com a Resolução CONAMA nº 307/2002.

f) Os locais que sofreram intervenção da fresagem foram limpos, através de vassouras mecânicas e em seguida aplicado jato de ar comprimido ou água, para finalizar a limpeza.

g) Para as regiões com panelas foi feito o tratamento da superfície fresada onde existiam buracos ou desagregações. Nestas ocorrências, foram executados os serviços de reparos necessários, em conformidade com a respectiva Norma de Especificação de Serviço do DNIT. Posteriormente, foi executada a recomposição da camada granular da região subjacente e execução de camada adicional de concreto asfáltico, após a necessária limpeza da superfície e aplicação da pintura de ligação.

A dosagem do material reciclado é composta, basicamente, pelo revestimento remanescente, acrescido 20% do material da base (brita 3/8) e de 4,5% de cimento. Segundo o projeto de restauração da rodovia, a altura da camada a ser reciclada é de 20 cm, mas a execução foi de 23 cm (com a finalidade de aumentar a espessura da camada de base, visto que a espessura do revestimento de CBUQ foi de 10 cm), portanto 13 cm compreendem material de base e 10 cm

material de revestimento. A adição de 4,5% de cimento tem como objetivo o aumento da resistência do pavimento, a redução da deflexão e a diminuição da deficiência do material, promovendo uma maior estabilização e resistência da camada. Essa conclusão foi obtida a partir de testes laboratoriais, em que foram comparados os materiais reciclados com e sem a adição de cimento.

Os resultados de umidade ótima e densidade máxima do material reciclado com adição de cimento e agregado são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados do ensaio de umidade ótima e densidade máxima.

Estacas	Posição	Umidade ótima (%)	Densidade máxima (g/m ³)
27400	LD	9,4	2.104
27415	EX	10,1	2.113
27430	LE	9,6	2.106
27445	EX	9,7	2.109
27460	LD	9,5	2.121
27475	EX	9,8	2.113
27490	LE	10,6	2.121
27505	EX	9,7	2.129
27520	LD	10,0	2.123
27535	EX	9,9	2.117
27550	LE	9,2	2.112

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os resultados de umidade ótima e densidade máxima do material de base são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados do ensaio de umidade ótima e densidade máxima.

Estaca	Umidade ótima (%)	Densidade máxima (g/m ³)
Km 559,34	15,6	1865

Fonte: Elaborada pelo autor.

Pode-se concluir que, em relação à umidade ótima, houve variação entre os materiais estudados. Portanto, pode-se gerar uma economia de água para atingir-se a umidade ótima do

Revista Mirante, Anápolis (GO), v. 17, n.2, p. 35-47, dez. 2024 (edição extra). ISSN 1981-4089 material, sendo uma vantagem importante. Em relação à densidade máxima, também houve variação, com indicação de, portanto, maior resistência do material reciclado.

A Tabela 3 a seguir mostra os resultados de Índice de Suporte Califórnia e de expansão do material reciclado.

Tabela 3 - Resultado de ISC e expansão.

Estaca	Posição	ISC (%)	Expansão (%)
27400	LD	88,6	0,02
27415	EX	96,5	0,04
27430	LE	86,6	0,01
27445	EX	98,8	0,03
27460	LD	84,9	0,00
27475	EX	92,5	0,02
27490	LE	85,2	0,04
27505	EX	96,1	0,04
27520	LD	94,8	0,05
27535	EX	86,2	0,01
27550	LE	89,9	0,03

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os resultados de Índice de Suporte Califórnia e de expansão do material de base são mostrados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados dos ensaios de ISC e de expansão.

Estaca	ISC (%)	Expansão (%)
Km 559,34	67,3	0,57

Fonte: Elaborada pelo autor.

Pode-se perceber, de acordo com os dados da tabela acima, que os valores de ISC tiveram um aumento do material reciclado em relação ao material de base existente. Além disso, é importante ressaltar que o ISC do material de base não atenderia às especificações do DNIT para esta rodovia em específico, que se trata de tráfego pesado, para isto, o ISC teria que ser maior que 80. Portanto, os valores de ISC do material reciclado em adição de agregado e cimento (em todas as estacas) se mostraram eficazes.

Segundo BERNUCCI et al. (2008), para materiais de reforço do subleito, estipula-se em geral 1,0 % como o valor máximo admissível de expansão axial e 0,5% para bases e sub-bases. Desta forma, ao analisar os resultados obtidos com os materiais reciclados, pode-se concluir que também foram altamente eficazes, sendo todos os percentuais de expansão das estacas inferiores a 0,5%. Vale salientar que o material de base da estaca km 559,34 não estaria de acordo com as normas do DNIT (2006) por se apresentar com um valor igual a 0,57%.

Os resultados dos limites de Atterberg do material reciclado com adição de cimento e agregados são mostrados na Tabela 5 a seguir.

Tabela 5 – Limites de Atterberg.

Estacas	Posição	LL	LP	IP	IG
27400	LD	36,2	25,6	10,7	0
27415	EX	36,0	24,9	11,1	0
27430	LE	36,2	25	11,1	0
27445	EX	34,9	25,3	9,6	0
27460	LD	36,4	25,4	10,9	0
27475	EX	37,3	26,9	10,4	0
27490	LE	35,0	24,9	10,1	0
27505	EX	35,2	23,6	11,6	0
27520	LD	36,2	25,8	10,5	0
27535	EX	37,9	25,7	12,2	0
27550	LE	36,9	25,5	11,4	0

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os resultados dos limites de Atterberg do material de base são mostrados na Tabela 6.

Tabela 6 – Limites de Atterberg.

Estacas	LL	LP	IP	IG
Km 559,34	38,3	22,0	16,3	2,0

Fonte: Elaborada pelo autor.

Segundo DNIT (2006), em seu manual de pavimentação, subgrupos A-2-6 (classificação pertencente ao material do estudo de caso) e A-2-7, incluem solos semelhantes aos descritos nos subgrupos A-2-4 e A-2-5-, exceção feita da porção de finos que contem argila plástica com características dos grupos A-6 ou A-7. Os efeitos combinados dos índices de plasticidade maiores que 10 e percentagem passando na peneira nº 200, maiores que 15, estão refletidos nos valores dos

Revista Mirante, Anápolis (GO), v. 17, n.2, p. 35-47, dez. 2024 (edição extra). ISSN 1981-4089
índices do grupo de 0 a 4 e valor máximo de limite de liquidez de 40. Portanto, pode-se concluir que todos os valores de LL, LP, IP e IG mostram que a metodologia utilizando o material reciclado como base é viável, sem alteração do limite de Atterberg para uso como base em pavimento rodoviário.

Considerações finais

Em análise às informações apresentadas neste estudo, pode-se concluir que a metodologia de reutilização de material fresado com adição de cimento e agregado se mostrou altamente eficaz, sendo viável para aplicação no pavimento rodoviário na obra em estudo. Em relação à sustentabilidade ambiental, o resultado também atingiu êxito, uma vez que a reutilização reduz o lançamento de material fresado no meio ambiente, além de reduzir, também, a busca de materiais pétreos em pedreiras e jazidas.

Os ensaios de laboratório trouxeram bons resultados no que tange à resistência e granulometria, os quais abriram caminhos para outros ensaios complementares, que não foram abordados neste estudo. Os resultados dos limites de Atterberg atenderam com êxito às especificações da norma do DNIT (2006), portanto, sendo também aplicáveis em relação a este aspecto.

Quanto aos ensaios de ISC dos materiais em estudo, todos se mostraram eficientes com a mistura de revestimento, cimento e agregado, apresentando resultados de ISC das estacas em estudo acima de 80%, valor exigido pela norma do DNIT, em seu Manual de Pavimentação. Vale ressaltar que o resultado de ISC do ensaio só com o material de base foi inferior ao limite preconizado pelo DNIT. Para a expansão, pode-se dizer que foi alcançado êxito nos resultados das amostras obtidas, uma vez que o DNIT estabelece o percentual de expansão, para camada de base, menor de 0,5%, e todos os experimentos com o material reciclado resultaram em expansão muito inferior a este limite.

Portanto, de forma geral, os resultados indicaram um excelente desempenho do material estudado, com validação da aplicação desta metodologia no pavimento rodoviário. No entanto seria preciso analisar, ainda, outros ensaios que não foram discutidos neste trabalho, mas fica como

Revista Mirante, Anápolis (GO), v. 17, n.2, p. 35-47, dez. 2024 (edição extra). ISSN 1981-4089 sugestão para trabalhos futuros, como o ensaio triaxial dinâmico e compressão simples. É preciso enfatizar, ainda, que não foi feita uma análise comparativa com o ensaio do material de base no mesmo período e próximo à estaca onde foi retirado o material fresado, que seria a forma ideal, mas que houve uma comparação genérica com os resultados de ensaio do material de base da estaca km 559,34, localizado no trecho de estudo.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) pelo apoio recebido.

Referências

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR - 15115. **Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos.** 2004.

BALBO, J. T. **Pavimentação Asfáltica: Materiais, projetos e restauração.** São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BATTISTI, G. K. **Análise laboratorial do comportamento mecânico de material fresado, estabilizado granulométrica e quimicamente com adição de cimento.** Ijuí, Rio Grande do Sul, 2019.

BERNUCCI, L., MOTTA, L., CERATTI, J., & SOARES, J. (2006). **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros.** Rio de Janeiro: Petrobrás: ABEDA, 2006. 504 f. Incluindo Bibliografia. Patrocínio Petrobrás.

BONFIM, V. **Fresagem de Pavimentos Asfálticos.** São Paulo: Exceção Editorial, 2007. Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica e Desenvolvimento Urbano, 2018, Salvador- BA. Anais. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (1995). **Cimento Portland – Recebimento e aceitação.** DNER-EM 036/95

Revista Mirante, Anápolis (GO), v. 17, n.2, p. 35-47, dez. 2024 (edição extra). ISSN 1981-4089

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA- ESTRUTURA DE TRANSPORTES. (2005). **Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico reciclado a quente na usina – Especificação de serviço.** NORMA DNIT 033/2005 – ES

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA- ESTRUTURA DE TRANSPORTES. (2003). **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi- rígidos.** Terminologia. DNIT 005/2003 – TER.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Pavimentação.** 3^a. ed. Rio de Janeiro, 2006.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Defeitos nos pavimentos flexíveis semi-rígidos.** Rio de Janeiro, 2003.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA- ESTRUTURA DE TRANSPORTES. (2011). **Pavimentos asfálticos – Fresagem a frio – Especificação de serviço.** NORMA DNIT 159/2011- ES

FEDRIGO, W.; NÚÑEZ, W.; CERATTI, J. **Reciclagem de pavimentos com adição de cimento portland:** CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO DE TRANSPORTES, Curitiba/PR.

GODOY, V. B., CONSOLI, N. C., SCHEUEMANN FILHO, H. C., ROSEMBACH, C. M. C., CARRARO, A. H., LEON, H. B., CARRETA, M. S. **Desempenho de misturas de fresado de asfalto - cinza volante - cal, submetidas a condições climáticas severas.** In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica e Desenvolvimento Urbano, 2018, Salvador- BA. Anais. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2018.

HILÁRIO, R. Q. **Uso de pavimento reciclado adicionado com cimento para uso como reforço de base para rodovias – estudo de caso: BR-120.** 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geotécnica). Universidade Federal de Ouro Preto.

HENCHEN, E. F. **Utilização de material fresado para base e sub-base de pavimentos.** Santa Rosa, Rio Grande do Sul, 2018.

QUEIROZ, F, A. **Utilização de material fresado para aplicação em camadas estabilizadas de bases e sub-bases de pavimentos rodoviários.** 2011. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) –, Universidade Federal de Campina Grande.

RESPLANDES, H. M. S.; REZENDE, L. R. **Reutilização do material betuminoso fresado nas camadas de sub-base e base de pavimentos.** In: CONGRESSO DE PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO DA UFG - CONPEEX, 2. 2005, Goiânia. Anais eletrônicos do XIII Seminário de Iniciação Científica [CD-ROM], Goiânia: UFG, 2005. 3p.

Resolução CONAMA n. 431, de 24 de maio de 2011. Altera o artigo 3º da Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso. Recuperado de <https://www.mma.gov.br>.

RIBEIRO, B. R. Estudo da estabilização granulométrica e química de material fresado com adição de cimento portland para aplicação em camadas de pavimento. Alegrete, Rio Grande do Sul, 2017.

SPECHT, L. P., PIRES, G. M., VITORELLO, T., HIRSH, F., CRONST, F., BERGMANN, E., & TIEFENSEE, M. D. **Utilização de material fresado como camada de pavimento: estudo laboratorial e aplicação em campo.** 42^a Reunião Anual de Pavimentação. Rio de Janeiro: ABPv, 2013.

TEIXEIRA, G. B. BEZERRA, Hiago De Bessa; BORGES, Pedro Augusto Barbosa. **Utilização De Misturas De Cascalho Laterítico, Asfalto Fresado E Resíduo De Pó De Granito Na Pavimentação.** Goiânia, Goiás, 2017.

WIRTGEN GmbH. **Tecnologia de Reciclagem a frio.** Wirtgen. Windhagen, 2012.