

UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS NA CONSTRUÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICO

Reinan Tiago Fernandes dos Santos¹

Wallyson da Cunha Santos²

Engenharia Civil



cadernos de
graduação

ciências exatas e tecnológicas

ISSN IMPRESSO 1980-1777

ISSN ELETRÔNICO 2316-3135

RESUMO

A grande geração de resíduos na construção e sua difícil deposição final fazem com que a engenharia procure novas alternativas para reduzir esse problema. A engenharia começa a buscar por novas técnicas práticas e sustentáveis, como o uso de Resíduos da Construção Civil e Demolição (RCD), subprodutos industriais e reciclagem de pavimentos. Pesquisas realizadas no exterior e no Brasil mostram a possibilidade de reaproveitamento destes resíduos na área de pavimentação. Desse modo o objetivo desse artigo é fazer análise do estudo dos materiais alternativos com possível emprego na fabricação de pavimentos.

PALAVRAS-CHAVES

Resíduos da Construção Civil e Demolição (RCD). Pavimento. Reciclagem.

ABSTRACT

The large generation of waste in the construction and its difficult final disposal make the engineering look for new alternatives to reduce this problem. Engineering begins to look for new practical and sustainable techniques, such as the use of Civil Construction and Demolition Waste (RCD, in Portuguese), industrial by-products and pavement recycling. Researches carried out abroad and in Brazil show the possibility of reuse of these residues in the paving area. In this way the objective of this article is to make analysis of the study of the alternative materials with possible use in the manufacture of pavements.

KEYWORDS

Civil Construction and Demolition Waste. Floor. Recycling

1 INTRODUÇÃO

O sistema de transporte viabiliza a integração entre produtores e consumidores e, assim, dá origem a diversos benefícios socioeconômicos e ambientais. Contudo, estes podem ser reduzidos devido à existência de ineficiências na infraestrutura utilizada para a realização de deslocamentos. O transporte rodoviário conforme o Conselho Nacional de Transportes (CNT) representa mais de 60% do sistema de transporte do país, tal informação deixa clara, a importância de um suporte adequado para o sistema rodoviário para que desempenhe seu papel de maneira eficaz, promovendo o transporte de cargas e pessoas.

Porém, segundo o CNT (2015), do total de 1.720.733,7km da malha rodoviária, apenas 12,27% possui pavimentação existente, ainda de acordo com o CNT (2015) dos 100.763km analisados em relação à conservação do pavimento, 35,4% apresenta estado regular, 10,1% apresenta estado ruim e 3,1% apresenta estado péssimo. Em frente a esses resultados, fica clara a necessidade de serviços de manutenção ou restauração das rodovias.

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006), a reciclagem dos pavimentos apresenta-se como uma solução para muitos problemas e oferece inúmeras vantagens em relação à utilização convencional de materiais virgens como a conservação de agregados, ligantes e de energia, a preservação do meio ambiente e a restauração das condições geométricas existentes da pista de rolamento.

A preocupação com o meio ambiente e a preservação de recursos naturais faz com que soluções técnicas na área da engenharia rodoviária se preocupem em reduzir os impactos ambientais causados pela manutenção e construção de rodovias. Para minimizar esses impactos, começam a buscar-se por novas técnicas práticas e sustentáveis, como o uso de Resíduos da Construção Civil e Demolição (RCD), subprodutos industriais e reciclagem de pavimentos.

Vários estudos feitos com utilização de materiais alternativos na constituição de pavimentos têm demonstrado resultados satisfatórios, portanto, este trabalho

tem como intuito analisar em formato de revisão bibliográfica, os conceitos e classificação de pavimentos e o estudo dos materiais alternativos com possível emprego na fabricação de pavimentos.

2 PAVIMENTOS

Pavimento é um sistema constituído de várias camadas de espessuras finitas assentes sobre um semiespaço infinito que exerce a função de fundação da estrutura, designado por subleito (SENÇO, 2007). Para Balbo (2007, p. 35):

O pavimento é uma estrutura não perene, composta por camadas sobrepostas de diferentes materiais compactados a partir do subleito do corpo estradal, adequada para atender estrutural e operacionalmente ao tráfego, de maneira durável e ao mínimo custo possível, considerados diferentes horizontes para serviços de manutenção preventiva, corretiva e de reabilitação, obrigatórios.

Segundo Senço (2007), o pavimento é destinado a:

- a) Resistir aos esforços verticais advindos do tráfego e distribuí-los;
- b) Melhorar as condições de rolamento em relação ao conforto e segurança dos veículos;
- c) Resistir aos esforços horizontais, tornando a superfície horizontal mais durável e resistente.

Os pavimentos são classificados em flexíveis, rígidos e semi-rígidos. Os pavimentos flexíveis são constituídos por revestimento asfálticos e sofrem deformação elástica significativa quando colocado sob carregamento, a carga é distribuída em parcelas aproximadamente equivalente entre as camadas. O pavimento rígido é aquele que possui um revestimento com alta rigidez em relação às camadas inferiores, geralmente são constituídas de placas de concreto de cimento Portland sob camadas granulares, devido à alta rigidez do seu revestimento, tem suas tensões praticamente toda absorvidas proveniente dos carregamentos aplicados.

Já os pavimentos semi-rígidos constituem uma situação intermediária entre os pavimentos rígidos e flexíveis, onde é definido como sendo aquele que se utilizam principalmente de misturas do tipo solo-cal, solo-betume, solo-cimento no qual apresentam uma razoável resistência às solicitações a tração (DNIT, 2006).

3 CAMADAS DO PAVIMENTO

3.1 SUBLEITO

Os esforços impostos ao subleito serão aliviados ao longo da sua altura, por isso, é necessária cautela, com as suas camadas superiores, onde os esforços atuam com maior magnitude (SENÇO, 2007). Para Balbo (2007, p. 37):

O subleito será constituído de material natural consolidado e compactado, por exemplo, nos cortes do corpo estradal, ou por um material transportado e compactado, no caso dos aterros. Eventualmente, será também aterro sobre corte de características mediócras para subleito.

3.2 REFORÇOS DE SUBLEITO

Segundo o DNIT (2006), reforço do subleito é uma camada de espessura constante, posta por circunstâncias técnico-econômicas, acima da de regularização, com características geotécnicas inferiores ao material usado na camada que lhe for superior, porém melhores que o material do subleito.

O reforço do subleito não é obrigatório, pois aumentando as espessuras das camadas superiores, em suma, as pressões sobre o subleito diminuem. Contudo, em termos de custo, recomenda-se o uso do reforço, pois a sua utilização diminui a pressão sobre a base e sub-base, camadas estas que utilizam materiais granulares ou cimentados, na qual torna o serviço muito custoso (BALBO, 2007).

3.3 BASES E SUB-BASES

Dnit (2006, p. 39), diz que base “é a camada destinada a resistir e distribuir os esforços oriundos do tráfego e sobre a qual se constrói o revestimento”. A sub-base “é a camada complementar à base, quando por circunstância técnicos-econômicas, acima da regularização”.

Os materiais mais utilizados em bases são o solo estabilizado naturalmente, misturas de solos e agregados, brita graduada, solo estabilizado quimicamente com ligante hidráulico ou asfáltico, ou concreto. Na sub-base são empregados os mesmos materiais utilizados na base, com a diferença que na utilização de solos estabilizados quimicamente, os consumos dos materiais aglomerantes são menores (BALBO, 2007).

3.4 IMPRIMAÇÕES ENTRE CAMADAS

Entre muitas das camadas do pavimento, faz-se necessária à execução de um filme asfáltico, denominado “pintura de ligação” ou “imprimação impermeabilizante”. Entre as camadas de revestimento asfáltico, sempre é aplicada uma pintura de ligação, que tem como função de aderir uma camada à outra, a mesma é aplicada com emulsão asfáltica, a imprimação impermeabilizante que tem função de impermeabilizar uma camada de solo ou material granular antes do lançamento da camada superior, são aplicadas com asfaltos diluídos (BALBO, 2007).

3.5 REVESTIMENTOS

O revestimento é a camada que recebe diretamente os esforços verticais e horizontais gerados pelo tráfego e transmiti às camadas inferiores, portanto, devem ser

compostos de materiais bem aglutinados a fim de evitar sua movimentação horizontal. É a camada mais nobre do pavimento, por isso, sua execução deve ser acompanhada de detalhados ensaios de dosagem e rigorosos ensaios de controle (BALBO, 2007). O revestimento é a camada com o maior custo unitário, tendo uma grande margem de diferença em relação às outras camadas do pavimento, portanto é necessário um estudo cauteloso para a determinação da espessura da mesma, para evitar que a obra assuma um valor muito dispendioso (SENÇO, 2007).

Os revestimentos asfálticos, são muitas vezes subdivididas em duas ou mais camadas por razões técnicas, custo e construtivas. Assim é comum encontrar expressões como “camada de rolamento” e “camada de ligação” para descrever duas camadas de diferentes materiais (BALBO, 2007).

Os tipos de revestimentos asfálticos são subdivididos em misturas asfálticas, tratamentos superficiais, microrevestimentos e lama asfáltica. Onde a lama asfáltica consiste de uma associação, em consistência fluida, de agregados minerais, material de enchimento (fíler), emulsão asfáltica e água, uniformemente misturada e espalhada no local à temperatura ambiente. Os microrevestimentos são uma mistura, a frio, de emulsão modificada por polímeros com agregado mineral, material de enchimento, (fíler), água, aditivos químicos para controle da velocidade de ruptura da emulsão e, dependendo do projeto, aditivos sólidos (fibras de reforço) para melhoria das propriedades mecânicas de flexibilidade do revestimento.

Os tratamentos superficiais são obtidos por aplicação separada e sequencial de ligante betuminoso e agregado mineral de granulometria previamente especificada. As misturas asfálticas são obtidas em usina, a quente ou a frio, envolvendo agregados e ligantes asfálticos, adequadamente (BERNUCCI, 2006).

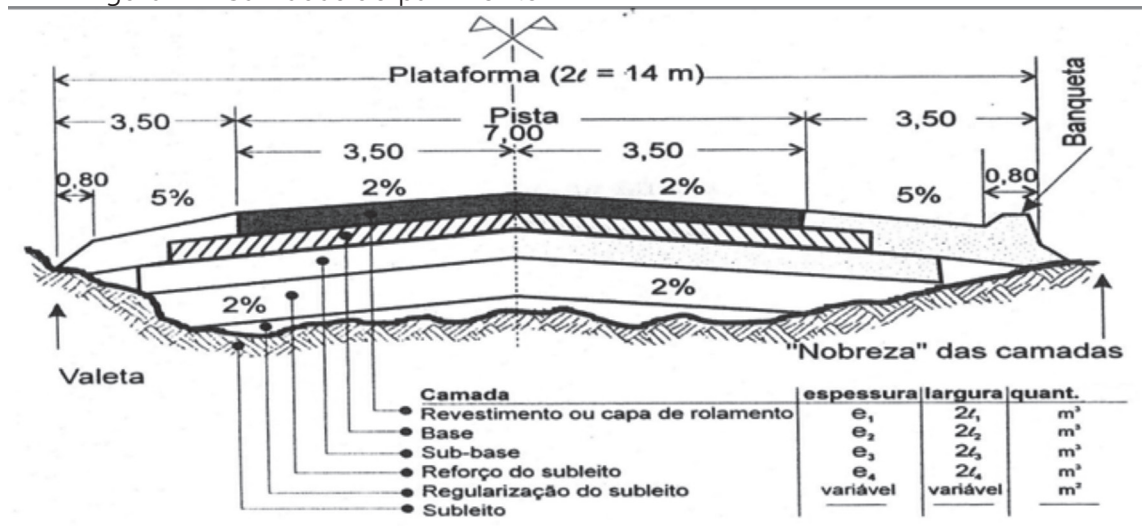
Na maioria dos pavimentos brasileiros usam-se como revestimento as misturas asfálticas. Onde em casos mais comuns, até um determinado volume de tráfego, o revestimento asfáltico pode ser composto por um único tipo de mistura asfáltica. Os tipos se distinguem quanto ao local de fabricação (em usinas ou no local, que são os tratamentos superficiais), temperatura de mistura (a quente ou a frio), e composição granulométrica (densa, aberta e descontínua) (BERNUCCI, 2006).

O tipo de revestimento mais utilizado no Brasil é o concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), trata-se de uma mistura de agregados minerais (naturais ou artificiais, britados ou em sua forma disponível), de material fino (pó de pedra, cimento Portland etc.) e de cimento asfáltico de petróleo (CAP). Tem-se a homogeneização, a quente, desses materiais em uma usina onde é realizada a mistura (BALBO, 2007).

Com isso deve-se realizar a dosagem desses materiais a fim de se obter uma composição granulométrica de agregados que misturada ao (CAP), em temperaturas adequadas e subsequente compactação, formem outro material. Esse material deve oferecer condições mecânicas adequadas para suportar as solicitações impostas ao pavimento (tráfego de veículos, ação do clima etc.). Uma dosagem de mistura asfáltica visa, entre outros objetivos, obter uma mistura adequadamente trabalhável, pouco suscetível à fissuração por fadiga, com baixa deformação permanente e estável a ação de cargas estáticas ou móveis (BALBO, 2007).

A figura 1 demonstra as camadas do pavimento:

Figura 1 – Camadas do pavimento



Fonte: Senço (1997).

4 MATERIAIS ALTERNATIVOS UTILIZADOS NO PAVIMENTO ASFÁLTICO

Em frente a grande demanda de infraestrutura urbana e rodoviária no País, tem surgido espaço para o emprego de materiais alternativos, incluindo a incorporação em diferentes escalas, de agregados alternativos, que muitas vezes têm sido subutilizados ou descartados de maneira não sustentável ambientalmente, o emprego de tais materiais tem se tornado necessário também devido cada vez mais à dificuldade de obtenção de materiais novos para utilização no pavimento (BALBO, 2007).

Dentre esses materiais, os mais descartados atualmente são os entulhos de construção civil e de demolição, seja de edificações, seja de outras estruturas de concreto, bem como entulhos gerados pela degradação do pavimento asfáltico, estes últimos são gerados pela trituração com equipamentos ditos fresadores em pista e são denominados de fresados. Outros materiais que têm sido utilizados são as borrachas trituradas de pneu inservíveis ou de descarte de indústria de pneus e as escórias granuladas de altos-fornos, o seu uso deve-se em parte a grande disponibilidade em volume do material, sendo as escórias granuladas resultante de processos siderúrgicos (BALBO, 2007).

Nos itens a seguir são explanadas informações sobre esses materiais.

4.1 ESCÓRIAS GRANULADAS DE ALTOS-FORNOS

Na década de 1980, já existiam no País pesquisa de interesses no uso de escórias granuladas de alto-forno como agregados para pavimentação. Campos, Octávio de Sousa (1987 apud BALBO, 2007, p. 205).

Para Balbo (2007, p. 205) “As escórias de alto-forno são subprodutos do processo de extração de ferro, sendo constituídas, mineralogicamente, falando de todos os minerais restantes da matéria-prima original”. As escórias de alto-forno podem ser também precedentes de aciaria. Segundo Tavares, Oda e Da Motta (2011) escória de aciaria “[...] são resíduos provenientes da indústria siderúrgica gerados na fusão de metais ou da redução de minérios com o objetivo de obter o ferro gusa líquido, e posteriormente o aço”.

O DNIT, por meio das normas 115/2009-ES e 114/2009-ES estabelecem determinadas restrições ao emprego de escória granulada ou britada como agregado para camadas de sub-base e base de pavimentos, como: Índice de Suporte Califórnia que deve ser superior ou igual a 60% a 80%; deve apresentar desgaste inferior a 40% pelo teste de Abrasão de Los Angeles; Módulo de resiliência na umidade ótima deve ser superior ou igual a 300 Mpa; possuir uma absorção de água máxima de 3% e outros.

4.2 RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E DE DEMOLIÇÃO (RCD)

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), por meio da resolução nº 307 (BRASIL, 2002, Art. 2º, p. 2) define Resíduos da construção civil como:

São os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.

Em relação à classificação dos RCD, o CONAMA, por meio da resolução nº 307 (BRASIL, 2002, Art. 3º, p. 2) classifica-os da seguinte forma:

- I - Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:
 - a) De construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
 - b) De construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
 - c) De processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;
- II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;
- III - Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;

IV - Classe D - são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

A utilização de agregados RCD é bastante viável na pavimentação, o material é utilizado em camadas de reforço, sub-base e base de pavimentos (em geral de baixo custo), bem como para fabricação de concretos compactados com rolo. Devido a sua origem, possui elevada porosidade, bem como determinado grau de heterogeneidade, parâmetros que influem na qualidade final do produto como material de pavimentação (BALBO, 2007).

4.3 BORRACHA TRITURADA

Os materiais poliméricos são utilizados como substituinte de madeiras não estruturais em obras de construção civil, as borrachas têm seu uso bem definido em reciclagem de pneus e em pesquisas que aperfeiçoam sua utilização em revestimentos asfálticos, com significativo êxito (BARROSO, 2009).

Segundo a resolução nº 416 de 30 de setembro de 2009 do CONAMA, os fabricantes e importadores de pneus são responsáveis da coleta e destino ambientalmente sustentável das unidades descartadas, o que gera um mercado e a necessidade de emprego, com soluções definitivas, dos materiais oriundos da reciclagem de pneus, processados ou não para reuso.

Segundo Specth (2004 apud ZAGONEL, 2014, p. 24):

[...] diversas pesquisas têm verificado os benefícios da adição de materiais poliméricos aos ligantes asfálticos. As propriedades esperadas com adição destes materiais são a redução da suscetibilidade térmica e aumento da ductilidade, proporcionando estabilidade em altas temperaturas e reduzindo o risco de fratura em baixas temperaturas, também podendo contribuir para o aumento da resistência ao intemperismo e uma melhor adesão ligante/agregado.

No processo de trituração da borracha, os seus componentes são separados, sendo a borracha propriamente dita levada a reduções granulométricas mais finas, inferiores a 2mm, que, entre outros usos, se prestam a modificação de asfaltos para pavimentação, um dos usos mais nobres dessa borracha (BALBO, 2007).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A questão ambiental e da sustentabilidade, está sendo amplamente discutida e ganha cada vez mais atenção mundial devido à necessidade de preservação dos recursos disponíveis no planeta, deverá tornar-se o fator mais importante na elaboração

de projetos de engenharia, cuja prática acaba, usualmente, interferindo e agredindo o meio ambiente. Assim é observada a busca por novas técnicas práticas e sustentáveis, como o uso de Resíduos da Construção Civil e Demolição (RCD), escórias granuladas de alto forno, borracha triturada, entre outros materiais.

Ambientalmente, o reaproveitamento destes materiais se torna de extrema importância pela constante intervenção nas rodovias brasileiras para qualquer tipo de conservação, que proporcionam toneladas de agregados com potencial de utilização desde que aplicados de forma correta.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 7181/84**: solo: análise granulométrica. [S.l], 1984. 13p.

BALBO, J.T. **Pavimentação asfáltica**: materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BARROS, R.F. **Utilização do revestimento fresado da BR-104, como material de reforço da camada de base e/ou sub-base**. 2013. 54f. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Acadêmico do Agreste, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2013.

BERNUCCI, L.B. et al. **Pavimentação asfáltica**: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro, 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 307**, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília-DF, 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/Conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 28 dez. 2015.

CNT – Confederação Nacional dos Transportes – **Pesquisa CNT de rodovias 2015**. Disponível em: <<http://pesquisarodovias.cnt.org.br/>>. Acesso em: 8 jan.2016.

DELLABIANCA, A.L.M.; FARIAS, M.M.; JÚNIOR, F.M.V. **Estudo de propriedades mecânicas de material fresado visando incorporação em camadas de base rodoviária**. Alabama, 2004.

DIAS, P.S.; PINTO, I.E.; COSTA, C. Contribuição ao estudo de materiais fresados incorporados a um solo argilosiltoso para o uso em camadas de pavimentos flexíveis. In: 44ª RAPv – REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO E 18º ENACOR – ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA, Paraná, 2015. p.9-11. **Anais...** Paraná, 2015.

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER-ME 041/94:** Solos - preparação de amostras para ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 1994. 1 p.

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER-ME 049/94:** Solos - determinação do índice de suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas. Rio de Janeiro, 1994.

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER-ME 082/94:** Solos – determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 1994.

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER-ME 122/94:** Solos – determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 1994.

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **DNER-ME 162/94:** Solos – ensaio de compactação utilizando amostras trabalhadas. Rio de Janeiro, 1994.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Pavimentação**, 3.ed. Rio de Janeiro: DNIT. IPR.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT ES – 139/2010:** Pavimentação – Sub-base estabilizada granulometricamente – Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2010. p.2-3.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT ES - 141/2010:** Pavimentação – Base estabilizada granulometricamente – Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2010. p.2-3.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **DNIT ES – 159/2011:** Pavimentos asfálticos – Fresagem a frio. Rio de Janeiro, 2010. p.2-3.

GONDIM, L.M.. **Estudo experimental de misturas solo-emulsão aplicado às Rodovias do Agrópolo do Baixo Jaguaribe/Estado do Ceará.** 2008. Dissertação (Mestrado) – Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará-UFC, Fortaleza-CE, 2008.

MATOS, E.L; BENKENDORF, M. **Caracterização física e mecânica em laboratório de resíduos de fresagem de pavimentação asfáltica para utilização em base e sub-base de pavimento.** Curitiba, 2010. 30p.

SENÇO, W. **Manual de técnicas de pavimentação.** V.1, 2.ed. ampla, PINI-SP, 2007.

SILVA, C.F.S.C. **Reutilização do Resíduo oriundo dos serviços de restauração asfáltica como material alternativo em camadas de pavimentos flexíveis.** 2012. 73f.

Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, 2012.

SPECHT, L. P; PIRES, G. M; PINHEIRO, R. J. B; PEREIRA, D. S; CONCEIÇÃO, B. M. **Estudo do material fresado estabilizado química e granulometricamente para aplicação em bases de pavimentos.** Rio Grande do Sul, 2013. p.7-10.

SPECHT, L.P; RENS, E.M; PIRES, G.M. Estudo da estabilização granulométrica e química de material fresado com adição de cimento Portland e cinza de casca de arroz moída para aplicação em camadas de pavimentos. In: 43ªRAPv – REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO E 17º ENACOR – ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA. Maceió, 2014. p.7-9. **Anais...** Maceió, 2014.

TAVARES, D.S; ODA, S; DA MOTTA, L.M.G. **Utilização do agregado siderúrgica (escória de aciária) em pavimentação asfáltica.** Rio de Janeiro, 2011. 2p.

Data do recebimento: 20 de julho de 2018

Data da avaliação: 2 de agosto de 2018

Data de aceite: 4 de agosto de 2018

1 Doutorando em Ciência e Engenharia de Materiais – UFS; Graduando em Engenharia Civil da Universidade Tiradentes – UNIT. E-mail: reinantiago@hotmail.com

2 Engenheiro Civil – UFPI. E-mail: wallysonec@outlook.com

