

ANÁLISE DO EMPREGO DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO EM REVESTIMENTO ASFÁLTICO A FRIO

Débora Sayonara Valdivino Alves ¹  orcid.org/0000-0002-6930-4673

Duílio Assunção Marçal de Araújo ¹  orcid.org/0000-0002-9168-6524

¹ Centro Universitário Facex, Natal, Brasil.

E-mail do autor principal: debora_sayo@hotmail.com

Resumo

A elevada geração de resíduos sólidos da construção traz o desafio da reciclagem em diversas áreas da engenharia civil. Na pavimentação, alguns estudos viabilizam o uso de materiais reciclados na produção de misturas asfálticas. Dentro dessa perspectiva, essa pesquisa visa analisar as características físicas do agregado reciclado, além de comparar respostas mecânicas de duas misturas asfálticas (com e sem agregado reciclado). Portanto, foi pensado em três etapas essenciais para a produção de revestimento asfáltico a frio com o uso de agregado reciclado: primeiro, foram caracterizados fisicamente os materiais que compõe a mistura; depois foram criadas misturas com substituição de agregados naturais por reciclados e outras misturas sem a substituição, realizando, enfim, uma análise mecânica dessas misturas, mediante o ensaio de estabilidade Marshall. O material reciclado apresentou características dentro dos parâmetros das normas vigentes. Quanto à análise mecânica, a mistura com aplicação de material reciclado apresentou desempenho 2,80% melhor que a mistura sem resíduo. Essa melhora pode ser devido às propriedades físicas do agregado reciclado que se mostraram melhores, para essa aplicação, que o material natural substituído.

Palavras-Chave: Resíduos; Pavimentação sustentável; Revestimentos asfálticos;

Abstract

Higher solid waste generation brings a recycling challenge on several civil engineering areas. On pavement, some studies could turn recycled materials able to use in mix asphalt production. Over this perspective, this research aims to analyze the physical properties of the recycled aggregate, furthermore, to compare mechanical responses of two asphalt mix (with and out of waste). Therefore, three essentials steps was adopted to mix asphalt production using recycled aggregate: at first moment, the materials which composes the mix were characterize, after this, were produced mix asphalt with natural aggregates being replaced by recycled and others mix asphalt without replacement, then carrying out mechanical analyses from this mixtures, using Marshall Stability teste. The recycled aggregate presented itself within demanded criteria. About mechanical assessment, the asphalt mix waste incorporated presented enhancement of 2.80%. This improvement can be for recycled aggregate physical properties, which showed out better, for this application, than natural aggregate replaced by.

Key-words: Waste; Sustainable pavement; mix asphalt.

1 Introdução

Existe uma ampla atuação do setor da construção civil na economia do Brasil, conforme dados do IBGE-PAIC (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Pesquisa Anual da Indústria da Construção) [1] esse setor atingiu investimentos de R\$354 bilhões representando aproximadamente 5,9% do PIB de 2016. Por outro lado, a problemática dos Resíduos da Construção e Demolição (RCD) é preocupante devido aos grandes volumes produzidos. As pesquisas mais recentes realizadas pela ABRECON (Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição) [2] estimam que a geração de RCD seja de 84.180.969 m³ por ano, e que as poucas usinas de reciclagem no Brasil trabalham em média na faixa de 45% da sua capacidade máxima. A grande massa de resíduos sólidos traz o desafio da reciclagem desses materiais e a sua aplicação como insumos na construção civil.

Existem uma série de pesquisas que comprovam a viabilidade do uso desses resíduos em diversas áreas da construção civil, como os apresentados na Tabela 1. Um estudo realizado por Sena Neto [3], no Rio Grande do Norte, apresentou viabilidade técnica e ambiental do uso do RCD regional em dosagens asfálticas a frio, baseadas em análises de dosagens estabelecidas previamente.

Portanto, seguindo o caminho de validação desses materiais o objetivo desse trabalho foi produzir uma mistura asfáltica usinada a frio com o uso de RCD do Rio Grande do Norte, de forma a apresentar soluções técnicas, ambientais. Nesse sentido, foi realizado uma mistura asfáltica com agregados reciclados e outra com agregados naturais para fins comparativos em laboratório.

2 Referencial teórico

Segundo [4], após os serviços de terraplenagem, o pavimento é construído na superfície do terreno constituindo-se de diversas camadas com diferentes espessuras finitas. O pavimento é uma estrutura que tem função de resistir aos esforços provindos do tráfego de veículos proporcionando segurança, conforto e economia aos usuários. Os pavimentos podem ser rígidos (pavimentos de concreto de cimento Portland) e flexíveis (pavimentos asfálticos).

Os pavimentos rígidos caracterizam um tipo de estrutura em que o revestimento é uma placa de concreto de cimento Portland, a subcamada desse pavimento pode ser chamada de sub-base, posto que os materiais de qualidade utilizados nessa camada equivalem à sub-base de pavimentos asfálticos. ([4])

Segundo [5], o pavimento flexível é uma estrutura produzida fundamentalmente com material asfáltico na camada de revestimento, por essa razão, a sua resistência é variável por depender dos valores de espessuras das camadas. Ainda segundo [5], esse tipo de pavimento possui uma estrutura formada por uma fina camada de revestimento asfáltico, que em função do subleito, pode ainda conter as camadas de base, sub-base e reforço do subleito. Os revestimentos asfálticos possuem duas funções principais: receber as cargas do tráfego de veículos e suportar as ações climáticas. Como camada superior, essa deve resistir aos esforços oriundos do contato entre o pneu e pavimento, que variam de acordo com a velocidade e carga dos veículos.

De acordo com [6], mais de 99% da malha rodoviária nacional é constituída por pavimentos flexíveis. No Brasil, é comum utilizar como revestimento uma mistura de agregados, de diferentes tamanhos, com ligantes asfálticos. Esse revestimento deve atender aos requisitos de impermeabilidade, flexibilidade, estabilidade, durabilidade, resistência à derrapagem, resistência à fadiga e às trincas térmicas. (BERNUCCI *et al.*, [4])

[7] afirmou que o revestimento é composto em torno de 90% a 95% de agregado mineral e entre 5% a 10% de material asfáltico. O agregado tem a função principal de suportar as cargas provindas do tráfego, enquanto o material asfáltico é um elemento aglutinante, com funções de unir os agregados, impermeabilizar e resistir à ação da água. Essa composição de materiais é utilizada em grande escala, quando se busca misturas densas ou semi-abertas, ao longo das estradas a serem pavimentadas.

Atualmente, quando se pensa em agregados já é posto a possibilidade do emprego de reciclados. Porém, o Brasil encara dificuldades para conseguir uma gestão integrada de resíduos sólidos de forma adequada. Em diversas cidades, o lixo ainda é coletado de modo irregular, e as prefeituras apresentam dificuldades econômicas e técnicas na

realização da gestão de resíduos sólidos trazendo uma situação de emergência ambiental e saúde pública para o país ([8]; [9]).

A Construção Civil é destaque na indústria de grande impacto na economia, responsável por produzir grandes volumes de resíduos sólidos. De acordo com [10], algumas das razões para o grande volume de Resíduos da Construção e Demolição resultam das falhas de projeto, falta de padronização dos serviços, de transporte e armazenamento impróprio da matéria prima, além dos desperdícios.

Dentro dessa perspectiva, essa situação traz o desafio da reciclagem dos resíduos sólidos da construção civil ao governo, pesquisadores e sociedade. Uma série de pesquisas apresentam a viabilidade da reciclagem dos resíduos sólidos da construção e demolição. Um estudo realizado em Fortaleza/CE por [11] sobre a aplicação dos resíduos sólidos da construção civil, provenientes da reciclagem de peças de concreto mesclado com um solo existente da cidade, apresentou resultados positivos para aplicação nas camadas de base e sub-base de pavimentos de pequeno e médio volume de tráfego.

A utilização de agregados reciclados em pavimentação rodoviária é uma alternativa viável, uma vez que pesquisas são realizadas e demonstram um sinal positivo nesse tema. Segundo um estudo realizado por [12], em São Paulo, a utilização de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil é de uso promissor como insumo na construção de bases, sub-bases e reforços do subleito de vias de baixo volume de tráfego.

Além desse estudo, outros casos de pavimentos ecológicos podem ser apresentados por outros autores como mostra a Tabela 1. Todos estes apresentados na tabela obtiveram resultados positivos, validando o emprego dos resíduos. A partir do tipo de pavimento, é realizado um estudo da sua composição, e por fim, as possibilidades de substituição dos insumos por materiais reciclados.

Tabela 1: Casos de pavimentos ecológicos no Brasil.

Autor	Material Reciclado	Utilização	Local
Merighi e Suzuki [13]	Borracha moída de pneu com mistura asfáltica morna.	Revestimento de pavimento	São Paulo
Loures <i>et al.</i> [14]	Escória de aciaria em misturas do tipo PMF	Revestimento de pavimento	Rio de Janeiro
Santos e Leandro [15]	Asfalto fresado e resíduo de rocha ornamental.	Base e sub-base de pavimentos	Goiânia
PD Petro [16]	Fibras de Coco	Misturas asfálticas tipo SMA	São Paulo

3 Metodologia

As etapas dessa pesquisa foram baseadas na norma DNER – ES 317/97 [17] de Pavimentos flexíveis – Pré misturado a frio. Dentro das diretrizes, o agregado reciclado utilizado nesse estudo foi de brita 1 coletado, em usina, localizada em São José do Mipibú/RN. Realizou-se a produção de dois tipos de misturas asfálticas para fins comparativos: a primeira com todos os materiais naturais (brita 1 natural, brita 0 natural, areia natural, cimento Portland como material de enchimento e emulsão asfáltica do tipo RM-1C); e a segunda mistura foi produzida com os mesmos materiais, porém, com a substituição da brita 1 natural pelo agregado reciclado coletado na usina.

A dosagem das misturas iniciou-se com o cálculo dos teores preliminares de asfalto e emulsão asfáltica baseada na proposição de Duriez. Após a dosagem das misturas asfálticas, determinou-se a estabilidade das misturas betuminosas usinada a frio com o emprego do equipamento Marshall para fins comparativos.

3.1 Caracterização física

O material coletado na usina foi a brita reciclada, um material com dimensão máxima característica inferior a 19mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto. O uso recomendado desse material é para fabricação de concretos não estruturais e obras de drenagem.

O material coletado na usina apresentou em porcentagens pequenas em sua composição materiais cerâmicos. A partir disso, houve uma seleção manual para retirada do material cerâmico e em sequência

DOI: 10.25286/repa.v6i1.1229

realizou-se o processo de homogeneização para tornar uniforme a amostra para a realização do quarteamento.

Após seleção do material foram realizados os seguintes ensaios físicos: análise granulométrica (DNER – ME 083/98 [18]), índice de forma (DNER – ME – 086/94 [19]), abrasão Los Angeles (DNER – ME – 035/98 [20]) e equivalente de areia (DNER – ME – 054/97 [21]).

3.2 Dosagem da mistura a frio

Essa etapa da pesquisa teve como base o documento DNER-ME 107/94 [22] para mistura betuminosa a frio, com emulsão asfáltica – ensaio Marshall. A dosagem da mistura iniciou-se com o cálculo dos teores preliminares de asfalto e emulsão asfáltica. Para isto, utilizou-se o método de dosagem baseada na proposição de Duriez ([23]). Esta consiste no cálculo da superfície específica dos agregados a partir da proporção dos diversos tamanhos de partícula devidamente ponderada. Para isso, utilizou-se a fórmula de Vogt, que consiste em uma adaptação da formulação de Duriez para as peneiras correspondentes às especificações brasileiras de acordo com a equação 4.

$$100\Sigma = 0,07P4 + 0,14P3 + 0,33P2 + 0,81P1 + 2,7S3 + 9,15S2 + 21,9S1 + 135F \quad (1)$$

Onde:

Σ = superfície específica de agregados (m²/kg);

P4 = massa do material retido entre as peneiras 50mm – 25mm (%);

P3 = massa do material retido entre as peneiras 25mm – 12,5mm (%);

P2 = massa do material retido entre as peneiras 12,5mm – 4,75mm (%);

P1 = massa do material retido entre as peneiras 4,75mm – 2mm (%);

S3 = massa do material retido entre as peneiras 2mm – 0,425mm (%);

S2 = massa do material retido entre as peneiras 0,425mm – 0,18mm (%);

S1 = massa do material retido entre as peneiras 0,18mm – 0,075mm (%);

F = massa do material passante na peneira 0,075mm (%).

Determinou-se a massa específica real média dos agregados a partir da massa específica de três frações predefinidas da composição, a fração A (material de P1 até P4) fração B (material de S1 até S3), e a fração C (material de F). Para encontrar os valores de massa específica dos agregados foi realizado o ensaio de determinação da massa específica de agregado graúdo de acordo com a DNER-ME 195/97 [24] e o ensaio de determinação da densidade real do agregado miúdo de acordo com a DNER-ME 194/98 [25]. Em sequência, a massa específica real média das frações A, B e C dos agregados foi utilizada para corrigir o valor de (Σ) através do fator indicado no Quadro 1 para posterior cálculo do asfalto residual. (SANTANA, [23])

Quadro 1: Fatores corretivos da superfície específica do método de Duriez.

Massa específica real, Gsa (g/cm ³)	Fatores corretivos
2,35	1,13
2,45	1,08
2,55	1,02
2,65	1,00
2,75	0,97
2,85	0,93
2,95	0,90

Fonte: Bernucci (2010)

Conduziu-se o cálculo de teor de asfalto residual (p) em relação ao total da massa de agregados através da expressão de Duriez na equação 5. Cujo o valor de k é o módulo de riqueza, e seu valor é relacionado ao tipo de mistura empregada e sua finalidade de aplicação. Para PMF denso esse valor é compreendido entre 3,2 e 4,5 de acordo com Santana (1993).

$$p = k \times (\Sigma)^{0,2} \quad (2)$$

Encontrou-se o teor de asfalto (p') e de emulsão asfáltica (P'EA) sobre a mistura asfáltica total a partir das relações indicadas na equação 6 e 7.

$$p' = \frac{100 \times p}{100 + p} \quad (3)$$

$$P'EA = \frac{100 \times p'}{t} \quad (4)$$

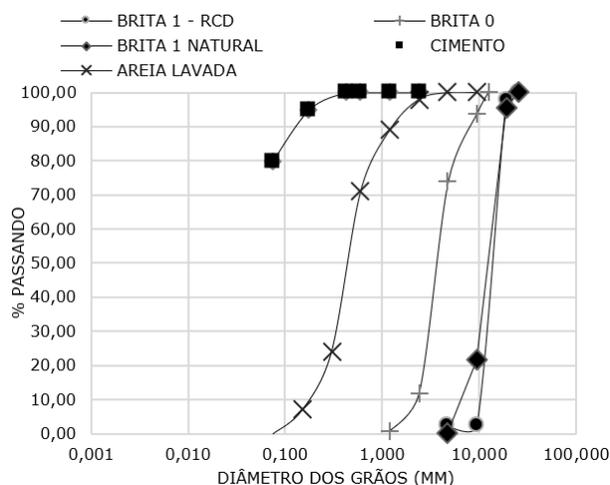
O valor de (t) corresponde ao teor de asfalto na emulsão. Em sequência, confeccionou-se os corpos de provas para realização do ensaio Marshall para obter os resultados de estabilidade de acordo com a norma DNER-ME 107/94 [22]. Após todo o procedimento foi determinado e adotado um teor de 8,33% de ligante.

Com o ligante definido, a composição de agregados minerais na mistura asfáltica é: brita 1 (reciclada ou natural) 41,77%; brita 0 25,95%; areia 23,08% e o cimento 0,87%.

4 Análises e discussões

4.1 Granulometria e índice de forma

Na análise granulométrica, cada material foi peneirado e comparado com os limites granulométricos prescritos pelas normas. Na Figura 1 é apresentado as curvas granulométricas da brita 1 RCD, brita 1 natural, brita 0 natural, areia lavada e cimento (fíler). Todas as curvas se mantiveram padronizadas de acordo com os limites granulométricos das normas.



finos, como argilominerais e materiais orgânicos, contida na areia estudada. Os resultados analisados foram satisfatórios, obtendo-se um resultado da média aritmética de 99,51% de areia da composição total.

4.3 Estabilidade Marshall

Para encontrar a estabilidade, as amostras foram submetidas a uma carga máxima de compressão diametral e encontrou-se os valores da resistência dos corpos de prova em unidade de força. Para a mistura sem material reciclado, o valor médio dos três corpos de prova foi de 208,54 kgf, enquanto para a mistura com material reciclado, em substituição ao natural, o valor de estabilidade foi de 214,39 kgf. Ambas composições apresentaram valores que não atenderam os limites da norma DNER-ES 317/97 [17], no qual impõe o limite mínimo de 250 kgf para 75 golpes.



Figura 2: Corpos de prova da mistura natural e reciclada.

Os resultados fora dos limites da norma podem ter causas como a ausência de testes com diferentes teores de emulsão, o tempo de cura da emulsão catiônica antes da compactação, a execução dos golpes realizados manualmente, assim como uma série de fatores que contribuem para a produção da mistura asfáltica com teor ótimo.

Tabela 3: Resultados de Estabilidade das misturas

Descrição	Estabilidade (kgf)	Limite mínimo (Kgf)
Mistura 1 PMF - NAT	208,54	250,00
Mistura 2 PMF - RCD	214,39	250,00

Todavia, o objetivo da pesquisa é focado na

comparação do comportamento mecânico entre a mistura com material natural e a mistura parcialmente substituída com material reciclado. Nessa perspectiva, os resultados foram satisfatórios como apresentado na Tabela 3, observando um resultado superior do material reciclado. Acredita-se que o melhor desempenho seja causado devido às características físicas, como a granulometria e o índice de forma, do agregado reciclado que se mostrou mais adequado que o material substituído.

5 Conclusões

O material reciclado coletado na usina manteve-se dentro dos parâmetros de caracterização física exigidos, apresentando resultados satisfatórios nos limites granulométricos, assim como no índice de forma e no ensaio de abrasão. Essas características importantes são dependentes do processo de coleta e britagem da usina, como também a correta seleção em campo e a redução da amostra para ensaios no laboratório. Uma vez que materiais frágeis e de baixa resistência podem ser encontrados no RCD.

A aplicação da fórmula de Vogt mostrou-se adequada para o cálculo do teor de emulsão demonstrando uma relação direta entre a absorção da emulsão pela quantidade de finos na mistura. Os valores dos coeficientes são maiores nas frações miúdas, implicando no teor de ligante ideal. Apesar das misturas asfálticas não terem alcançados a estabilidade mínima exigida, ainda é considerado sucesso no teor de ligante adotado, já que essa resistência pode ter sido afetada também pela escolha dos teores de agregados minerais.

Mesmo com as misturas asfálticas não atendendo o limite imposto pela norma, usada como referência para realização desse trabalho, foi possível comparar os resultados dos dois tipos de misturas e observar tendências positivas para o uso de RCD em misturas asfálticas a frio. O ganho de resistência média da mistura com RCD pode ser atribuído às características físicas do resíduo em relação ao agregado natural. Recomenda-se, inclusive, uma análise química comparativa entre a interação do ligante e o agregado natural e reciclado.

Referências

[1] IBGE-PAIC. 2017. Pesquisa Anual da Indústria da Construção 2015. Estatística, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Acessado em: 15/04/2017

<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/54/paic_2015_v25.pdf>, 25, 1 53.

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RCD – ABRECON. Relatório Pesquisa setorial 2014/2015.

[3] SENA NETO, Plácido Gondim de. ANÁLISES DE DOSAGENS DE CONCRETO ASFÁLTICO DO TIPO PRÉ MISTURADO A FRIO (PMF) UTILIZANDO RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO DE OBRAS (RCD). 2018. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

[4] BERNUCCI, Liedi Bariani et al. Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda, 2010. 504 p.

[5] ROSSI, Anna Carolina. ETAPAS DE UMA OBRA DE PAVIMENTAÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO PARA UMA VIA NA ILHA DO FUNDÃO. 2017. 63 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

[6] CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE – CNT. Transporte rodoviário: por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram, Brasília, 2017.

[7] GÓMEZ-PABLO, Francisco Guerrero. PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS NOS PAVIMENTOS E SUA POSSÍVEL APLICAÇÃO NO MERCADO BRASILEIRO: PRESENTE E FUTURO. 2017. 78 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

[8] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2014.

[9] PEREIRA, R. B. Uma análise da produção de resíduos sólidos urbanos no município de Pilõezinhos/PB. 35 p., 2016. Trabalho de conclusão de curso –Universidade Estadual da Paraíba.

[10] CASTRO, Cristina. Gestão de Resíduos na Construção Civil, 2012. 54 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

[11] SILVA, M. G. B. da; SILVA, B. T. A. BARROSO, S. H. A. Um Primeiro Estudo dos Resíduos de Construção e Demolição da Construção Civil para Aplicação em Camadas de Pavimentos na Cidade de Fortaleza. In: 15ª REUNIÃO DE PAVIMENTAÇÃO URBANA, 2008, Salvador. Anais da 15a RPU, 2008.

[12] MOTTA, Rosangela dos Santos. ESTUDO LABORATORIAL DE AGREGADO RECICLADO DE RESÍDUO SÓLIDO DA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA APLICAÇÃO EM PAVIMENTAÇÃO DE BAIXO VOLUME DE TRÁFEGO. 161 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

[13] MERIGHI, Cecília Fortes; SUZUKI, Carlos Yukio. Estudo do comportamento do revestimento de pavimento utilizando mistura asfáltica morna com adição de borracha moída de pneu na SPA-248/055. Antep – Associação nacional de pesquisa e ensino de transportes, São Paulo, p.136-146, ago. 2017.

[14] LOURES, Rita de Cássia Barreto de Araújo et al. Pré-misturado a frio contendo escória de aciaria: Uma alternativa viável para construção de pavimentos. Transportes, [s.l.], v. 26, n. 1, p.54-67, 30 abr. 2018. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/transportes.v26i1.1372>.

[15] SANTOS, Állan Sousa dos; LEANDRO, Eduardo de Almeida. ESTUDO DA APLICAÇÃO DE ASFALTO FRESADO E RESÍDUO DE ROCHA ORNAMENTAL COMO BASE E SUB-BASE DE PAVIMENTOS. 2017. 100 f. Monografia - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia - Go, 2017.

[16] PDPETRO. APLICABILIDADE DE FIBRAS DE COCO EM MISTURAS ASFÁLTICAS TIPO SMA. São Paulo, 2007. 9 p

[17] DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-ES 317/97: Especificação de Serviço. Pavimentação – Pré Mistura a Frio. Rio de Janeiro, 1997.

[18] DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-ME 083/98: Método de Ensaio. Agregado – Análise Granulométrica. Rio de Janeiro, 1998.

[19] DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-ME 035/98: Método de

Ensaio. Agregados – determinação da abrasão “Los Angeles”. Rio de Janeiro, 1997.

[20] DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-ME 086/94: Método de Ensaio. Agregado – determinação do índice de forma. Rio de Janeiro, 1994.

[21] DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-ME 054/97: Método de Ensaio. Equivalente de Areia. Rio de Janeiro, 1997.

[22] DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-ME 107/94: Método de Ensaio. Mistura betuminosa a frio, com emulsão asfáltica – ensaio Marshall. Rio de Janeiro, 1994.

[23] SANTANA, H. Manual de pré-misturados a frio. Rio de Janeiro: IBP/Comissão de Asfalto, 1993.

[24] DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-ME 195/97: Método de Ensaio. Agregados – determinação da absorção e da massa específica de agregado graúdo. Rio de Janeiro, 1994.

[25] DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-ME 194/98: Método de Ensaio. Agregados – determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman. Rio de Janeiro, 1994.