

Evento: edição e nome do evento. Exemplo: XXX Seminário de Iniciação Científica.....

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE FUNDIÇÃO NA PRODUÇÃO DE BASE GRANULAR PARA PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS ¹

USE OF WASTE FROM THE FOUNDRY INDUSTRY IN THE PRODUCTION OF GRANULAR BASE FOR FLOORS ROAD.

Claudia Jackowski ², André Luiz Bock ³

¹ Pesquisa institucional desenvolvida e pertencente ao PROFAP - Programa de bolsas de formação e aperfeiçoamento de estudantes de graduação e de pós-graduação pela interação universidade e instituições públicas e privadas

² Graduanda em Engenharia Civil, UNIJUI. Bolsista PROFAP - Programa de bolsas de formação e aperfeiçoamento de estudantes de graduação e de pós-graduação pela interação universidade e instituições públicas e privadas - claudia.jackowski@sou.unijui.edu.br

³ Docente do curso de graduação em Engenharia Civil da UNIJUI – andre.bock@unijui.edu.br

INTRODUÇÃO

Segundo a Associação Brasileira de Fundição (ABIFA, 2022) houve um crescimento da ordem de 20% da indústria brasileira de fundição em 2021. Foram mais de 2,70 milhões de toneladas fundidas, das quais 87% consumidas no mercado interno. O Brasil já possui capacidade instalada para produzir 4 milhões de toneladas de materiais fundidos ao ano e, estima-se que em 2022, 75% desta capacidade seja usada, resultando num acréscimo do montante de resíduos gerados, especialmente a Areia Descartada de Fundição - ADF (ABIFA, 2018). Sendo os produtos fundidos essenciais em inúmeras cadeias produtivas e a geração de resíduos oriundos desse processo inevitável, faz-se necessário viabilizar alternativas contrárias à disposição final destes.

A pesquisa é uma parceria universidade empresa que visa analisar a possibilidade da produção de composição granulométrica de brita graduada simples (BGS) para bases de pavimentos rodoviários por meio da incorporação de areia de fundição em distintos percentuais a fim de destinar de forma técnica, ambiental e economicamente este material.

A proposta foi de realizar ensaios de caracterização granulométrica de agregados pétreos para composição de BGS (Brita 3/4", Brita 3/8" e Pó de pedra) e Areia de Fundição; Definir uma composição granulométrica que atenda as especificações da Normativa DNIT 141/2010 – Bases estabilizadas granulometricamente; Verificar os limites de liquidez e de

plasticidade da composição granulométrica definida na etapa anterior (pss#40); Realizar ensaios de Compactação Proctor e seus resultados; Definir o Índice de Suporte Califórnia (CBR) com a composição granulométrica definida verificando seu desempenho ante as exigências normativas para bases de pavimentos; Classificar a areia descartada de fundição segundo a NBR 10004/04 tendo em vista sua utilização em obras de pavimentação.

METODOLOGIA

Para este relatório, podemos apontar a pesquisa como sendo bibliográfica e analítica. Uma vez que neste trabalho se ressaltou a busca pela caracterização dos materiais através de ensaios laboratoriais e análises dos materiais constituintes de uma base de Brita Graduada Simples (BGS). As amostras, tanto de areia de fundição quanto de agregados pétreos foram encaminhadas pela FUNDIMISA ao Laboratório de Engenharia Civil (LEC) da UNIJUÍ campus Ijuí, onde foram preparadas para realização das análises propostas.

PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS E RESULTADOS

As amostras, tanto de areia de fundição quanto de agregados pétreos, foram encaminhadas pela FUNDIMISA ao Laboratório de Engenharia Civil (LEC) da UNIJUÍ campus Ijuí, onde foram preparadas para realização dos ensaios laboratoriais e análises.

Análise granulométrica:

Para análise granulométrica do material seguiu-se as recomendações da Especificação de Serviço Norma DNIT 141/2010, foram observadas as peneiras para atendimento às faixas especificadas pela normativa e os resultados utilizados para definição das faixas de trabalho.

Definição da faixa de trabalho (DNIT ES – 141/2010):

Seguiu com a verificação das especificações das 6 faixas (A, B, C, D, E e F) definidas na Tabela 1 da Normativa DNIT ES 141/2010. Buscou-se definir percentuais que se enquadrassem na referida faixa, e posteriormente realizou-se uma otimização para utilizar o maior percentual possível de areia de fundição.

Composição final de projeto:



Analisando as possibilidades de enquadrar o material pétreo disponível em uma das faixas granulométricas para bases de pavimentos e visando incorporar o máximo de areia de fundição, realizou-se uma análise mais refinada da Faixa E, E (única com a qual conseguiu-se atender à especificação de faixa granulométrica para mistura de Brita Graduada Simples - BGS). Desta análise resultou o comparativo de três diferentes misturas (M1, M2 e M3), sendo a mistura M1 uma mistura mais fina, composta apenas por Pó-dePedra e Areia de fundição.

Com a misturas M2 utilização de agregados mais grosseiros (Brita 3/4" e brita 3/8"), porém nesta situação foi necessária uma diminuição do percentual de Areia de Fundição incorporado à mistura (de 15% para 10%), fato que não se apresentou muito atrativo.

Já para a mistura M3 otimizou-se os percentuais de brita 3/4" e brita 3/8", resultando em uma composição intermediária quanto ao esqueleto pétreo e aumentou-se o percentual de Areia de Fundição (de 10% para 14%).

A composição granulométrica eleita para o prosseguimento do estudo através dos ensaios de Compactação Proctor e de Índice de Suporte Califórnia foi a M3, composta por 5% de brita 3/4", 5% de brita 3/8", 76% de Pó-Pedra e 14% de Areia de Fundição.

Realizando os ensaios de limite de liquidez e plasticidade, observouse resultados satisfatórios, sendo o Limite de Liquidez igual a 12% ($LL = 12\% < 25\%$) e no ensaio de Plasticidade o resultado obtido foi NP (não plástico) atendendo desta forma as instruções da normativa, que indica que o índice de plasticidade deve ser inferior a 6%. De acordo com a granulometria estabelecida para a Faixa E, confirmou-se que a porcentagem do material passante na peneira 200 (#200) é inferior a 2/3 da porcentagem que passa na peneira n°40, atendendo desta maneira a especificação normativa.

Ensaio de compactação:

O ensaio de compactação do solo foi realizado com emprego de Energia Modificada e sem reuso de material, seguindo as instruções da NBR 7182/2016. Preparadas 8 amostras com 6.000g da composição granulométrica enquadraram na Faixa E (5% de Brita 3/4", 5% de Brita 3/8", 76% de Pó-Pedra e 14% de Areia de Fundição). Com o resultado do ensaio de compactação do solo definiu-se a umidade ótima ($W_{ót}$) e a massa específica aparente seca máxima do solo ($\gamma_d \text{ Máx}$), sendo $W_{ót} = 7,30\%$ e $\gamma_d \text{ Máx} = 2356\text{kg/m}^3$.



Índice de suporte Califórnia:

Após ensaios de compactação procedeu-se com a realização de Índice de suporte Califórnia seguindo a NBR 9895/2016, a moldagem das amostras foi realizada em duplicata a fim de garantir uma maior segurança em relação ao resultado. Os resultados obtidos, tanto de índice de suporte (CBR) quanto de expansão foram semelhantes em ambas as determinações, o índice de suporte Califórnia (ISC) de 131,09% para Amostra 01 e 132,10% para a Amostra 02. Expansão de 0,05% para Amostra 01 e 0,10% para Amostra 02, define-se, em parâmetros médios, um índice de Suporte ISC=131,60% e expansão de 0,075%, demonstrando um excelente comportamento do material.

Classificação do resíduo ABNT 1004/04

Conforme definições firmadas entre a empresa FUNDIMISA e a UNIJUÍ, a classificação do resíduo (ADF) conforme normativa ABNT NBR 10004/04, seria de responsabilidade da empresa e os referidos ensaios realizados em laboratório de sua preferência. Segundo Relatório de Análise fornecido pela FUNDIMISA, o Resíduo de Areia de Fundação (ADF) - Moldagem IMF (No Bake) analisado obteve a seguinte classificação: “NÃO PERIGOSO- CLASSE II A - NÃO INERTE. De acordo com a NBR 10.006:2004 - Classificação de resíduos sólidos - item Solubilizado - anexo G.: O(s) parâmetro(s) Cloreto ultrapassam os limites máximos permitidos. O(s) demais parâmetro(s) satisfazem os limites permitidos.” Vale ressaltar que os resultados apresentados pela empresa são resultados datados de 30/08/2013, sendo necessário observar que estes resultados são válidos enquanto persistirem a origem, a natureza e a composição química do resíduo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista o atendimento ao objetivo geral da presente pesquisa, observam-se resultados promissores, é possível chegar às seguintes conclusões:

Segundo a classificação ambiental, sugere-se verificar legislação ambiental quanto à necessidade de encapsulamento, devido à característica de material não inerte e a presença de cloreto acima dos limites máximos permitidos pela NBR 10006/2004; Na análise para definição da faixa granulométrica (DNIT 141/2010), observou-se certa dificuldade em enquadrar o material disponibilizado, no entanto esta dificuldade deu-se em função do Pó-de-Pedra



disponibilizado que apresentou pouco material passante nas peneiras n°40 e n°200 e não em relação a areia de fundição, comprometendo a fração mais fina; Com as características granulométricas dos materiais foi possível apenas enquadrar de forma satisfatória uma composição na Faixa E, pavimentos de baixo volume de tráfego; Em relação às características técnicas e mecânicas da composição analisada (Faixa E), os resultados foram totalmente satisfatórios, tanto no ensaio de compactação quanto no ensaio de índice de suporte (CBR) atingindo valores expressivos para o objetivo proposto.

Para continuidade da pesquisa, sugere-se analisar materiais pétreos de outra procedência, produzidos para fins de aplicação em obras rodoviárias.

Palavras-chave: areia de fundição, BGS, pavimentação

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIFA - Associação Brasileira de Fundição. Anuário ABIFA 2018: Guia ABIFA de Fundição. São Paulo, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6459: Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 1984 versão corrigida 2016.

_____. NBR 10004: Classificação de Resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

_____. NBR 9895: Solo – Índice de Suporte Califórnia. Rio de Janeiro, 2016.

_____. NBR 7182: Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 1984 versão corrigida 2016.

Conforme normas da ABNT.

_____. NBR 7217: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 1987 versão corrigida 2016.

_____. NBR 6459: Solo – Determinação do Limite de Liquidez. Rio de Janeiro, 1984 versão corrigida 2016.