



# CRICTE 2017

XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia



## ANÁLISE DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DE CONCRETOS ASFÁLTICOS COM INCORPORAÇÃO DE AREIA DE FUNDIÇÃO

### **Alessandra Ponciano**

Acadêmica do Curso de Engenharia Civil na Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI  
poncianoalessandra@yahoo.com.br

### **Alessandra Caroline Moellmann Lautharte**

Acadêmica do Curso de Engenharia Civil na Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI  
ale\_lautharte@hotmail.com

### **André Luiz Bock**

Professor/Pesquisador do Curso de Engenharia Civil na Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUI  
andre.bock@unijui.edu.br

**Resumo.** *A areia de fundição é um resíduo da indústria siderúrgica e contém elementos químicos que podem causar impactos ambientais. O objetivo do presente estudo foi embasado na reutilização da areia de fundição em concretos asfálticos (CA). Para avaliar a potencialidade de utilização deste resíduo na pavimentação rodoviária foram realizadas dosagens de CA convencional (sem adição de resíduo) e CA com adição de dois teores (5% e 10%). Para análise de viabilidade foram realizados, além dos ensaios volumétricos e mecânicos da metodologia Marshall (Estabilidade e Fluência), ensaios de resistência a tração (RT), módulo de resiliência (MR) e de adesividade. Foi possível observar que a adição da areia de fundição, em um teor ideal, apresentou-se com uma solução tecnicamente viável para CA, aumentando a estabilidade da mistura, diminuindo sua rigidez sem afetar os valores de resistência.*

**Palavras-chave:** *Resíduo. Areia de fundição. Dosagem Marshall.*

## 1. INTRODUÇÃO

A construção de rodovias demanda um consumo elevado de recursos naturais, os quais estão ficando mais escassos. Dessa forma, a busca por alternativas mais ecológicas e de reutilização de materiais torna-se imprescindível para manter a sustentabilidade das construções. Diferentes resíduos são estudados visando a sua reutilização em obras de pavimentação evitando dessa forma a extração de matéria prima. Neste sentido, a areia de fundição é um resíduo com potencial para substituir parcial ou totalmente os agregados finos frequentemente utilizados nas camadas da estrutura do pavimento (KLINSKY [1]).

Visando diminuir os impactos ambientais causados pelos resíduos da indústria siderúrgica no Brasil, estudos apontam a possibilidade de reutilização da areia de fundição na pavimentação asfáltica, podendo ser reutilizada na construção de base, sub-bases e revestimento, obtendo bom desempenho nas misturas asfálticas.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esse capítulo refere-se a revisão bibliográfica sobre pavimentos asfálticos, areia de fundição, os fatores que influenciam na dosagem de CA e sua análise mecânica.

### 2.1 Pavimento Asfáltico

A estrutura do pavimento é projetada para receber e transmitir esforços oriundos principalmente do tráfego de veículos de carga diminuindo pressões sobre as camadas interiores. Para o correto funcionamento, todas as camadas que compõem o pavimento devem trabalhar em níveis de deformações compatíveis com sua natureza e capacidade, para que não ocorram processos de ruptura ou danificação prematura e inadvertida nos materiais que constituem suas camadas (BALBO [2]).

### 2.2 Resíduo: Areia de Fundição

Conforme descrito por Coutinho [6], o reaproveitamento do resíduo de fundição está diretamente ligado com a construção civil, como na pavimentação asfáltica e entre outros. Ainda de acordo com o autor, foram realizados diversos estudos com a areia de fundição, sendo um deles sobre o impacto ambiental, o mesmo resultou impacto ambiental negativo, com baixa possibilidade de contaminação do lençol freático, tornando-se possível a utilização do resíduo areia de fundição como parte de agregado em misturas asfálticas.

### 2.2 Concretos Asfálticos (CA): Dosagem

A Metodologia de Dosagem Marshall é o mais difundido procedimento de dosagem de CA empregado no país. O método procura definir a máxima massa específica aparente, a fim de garantir máxima estabilidade para que haja flexibilidade, garantir que não ocorra oxidação da massa asfáltica pela ação da água e/ou ar e uma relação betume vazios garantindo betume

suficiente para união dos agregados e que não exsude (BUDNY [3]).

### 2.3 Estabilidade e Fluência

A Estabilidade e a Fluência são dois importantes parâmetros mecânicos do CA analisados durante a dosagem para definição do teor ideal de ligante asfáltico na mistura, ou seja, o teor de projeto [3].

### 2.3 Resistência a Tração (RT)

O ensaio Resistência à Tração por Compressão Diametral (RT) é o ensaio que determina a resistência do CA, que na estrutura do pavimento trabalha basicamente à esforços de flexão que geram tensões de tração na fibra inferior do revestimento asfáltico [3].

O ensaio de RT consiste na aplicação de um carregamento de compressão em uma amostra cilíndrica que geram, ao longo do diâmetro, tensões de tração razoavelmente uniformes no plano perpendicular a esse diâmetro (BERNUCCI *et al.* [4]).

### 2.4 Módulo de Resiliência (MR)

O ensaio de Módulo de Resiliência (MR) define a rigidez do CA, propriedade extremamente importante na definição do dimensionamento coerente dos pavimentos asfálticos, estando diretamente ligado ao projeto do CA [4].

Núñez *et al.* [5] define que a tensão de tração e a sua correspondente deformação específica recuperável estão diretamente ligadas à dosagem do CA e representam o comportamento dos revestimentos asfálticos quando os mesmos estão submetidos a carregamentos repetitivos de curta duração.

## 3. METODOLOGIA

Tendo em vista que os objetivos desta pesquisa visam analisar o comportamento de CA com a substituição de material fino por areia de fundição, a metodologia utilizada

consiste, primeiramente, na caracterização granulométrica dos materiais utilizados e na realização de dosagens de misturas asfálticas utilizando o método de dosagem Marshall.

Para tanto, o agregado mineral utilizado é proveniente de rocha basáltica, encontrada na região noroeste do Rio Grande do Sul. Os agregados foram submetidos a ensaios de propriedades físicas e mecânicas, tendo em vista a utilização na pavimentação.

Para a realização desta pesquisa foi utilizado um projeto de CA já existente classificado como Faixa B – DAER-ES-P, no qual utilizava-se 20% de brita 3/4', 20% de brita 3/8', 59% de pó-de-pedra, 1% de cal hidratada e CAP 50/70. Este CA será denominado de Referência (CA-REF) e possui um teor de projeto de 5% de ligante.

Para análise de potencialidade de incorporação da areia de fundição no CA, foram mantidos os percentuais de brita 3/4' e de brita 3/8' e substituídas percentuais de pó de pedra por areia de fundição em valores de 5% e de 10% (CA+5%AF e CA+10%AF).

O teor de ligante asfáltico foi mantido constante, ou seja, 5,0% para as três misturas analisadas. Esta abordagem deu-se para evitar a influência do teor de asfalto nos resultados de análise mecânica, pois teores mais elevados ou mais baixos poderiam camuflar a influência da areia de fundição.

Para a caracterização mecânica misturas (CA-REF; CA+5%AF; CA+10%AF) foram moldadas amostras com volume de vazios em torno de 4,0%, conforme projeto, para a realização dos ensaios de MR e RT.

As moldagens das amostras foram realizadas no Laboratório de Engenharia Civil – LEC da Unijuí e os ensaios de MR e RT foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção Civil e de Pavimentação da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Dosagem Marshall – Teor de Ligante

A dosagem das diferentes misturas de CA foi realizada conforme prescrição da norma DNER-ME 043/95.

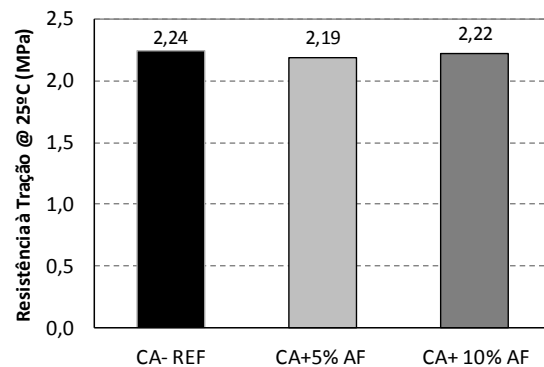
O teor de ligante não se manteve constante nas misturas analisadas, dessa forma o teor de ligante de todas as misturas foi mantido em 5,0% (valor encontrado com relação a volume de vazios de 4,0%).

### 4.3 Resistência a Tração

Os ensaios para determinação da resistência à tração das misturas analisadas foram realizados com as amostras condicionadas em laboratório à 25°C.

Após a realização dos ensaios, observou-se que a RT das misturas analisadas com adição de Areia de Fundição (CA+5%AF e CA+10%AF) não tiveram variações significativas de resistência em relação à mistura de Referência, ficando os valores bastante semelhantes conforme observado na Figura 1 (valores médios).

Figura 1. Resultado de Resistência a Tração



A RT tem relação com a durabilidade do revestimento asfáltico sob ação repetida do tráfego, portanto como observado, a adição de areia de fundição nas misturas não afeta significativamente esta propriedade.

Vale a pena ressaltar que os valores encontrados são bastante elevados para misturas convencionais.

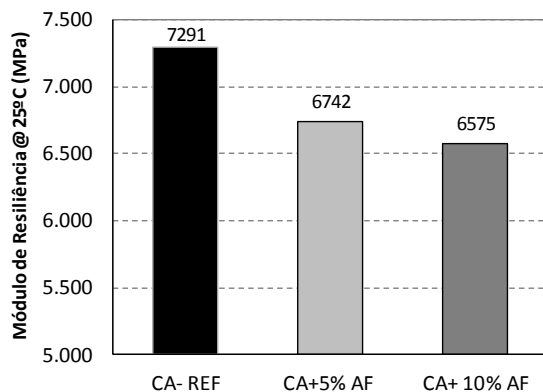
### 4.4 Módulo de Resiliência

Os ensaios de módulo de resiliência também foram executados com as amostras

condicionadas na temperatura 25°C. O valor de MR adotado para a mistura é a média dos valores admitidos de cada corpo de prova, após análise de dispersão.

A Figura 2 apresenta os valores médios obtidos para as misturas de CA analisadas neste estudo.

Figura 2. Resultados Módulo de Resiliência



Constatou-se que houve uma redução dos valores de módulo de resiliência para as misturas asfálticas com incorporação de areia de fundição, os valores tiveram uma queda de 7,5% para as misturas CA+5%AF e de 9,8% para as misturas CA+10%AF, variando de 7291 MPa para 6565MPa.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o objetivo de analisar as potencialidades da reutilização da areia de fundição em misturas asfálticas, visando um destino sustentável, foram realizadas dosagens de CA com diferentes teores de incorporação (5% e 10%) e analisados os parâmetros mecânicos das misturas.

Em uma análise inicial realizada nesta pesquisa constatou-se que utilização de teores elevados não representou nenhuma modificação considerável na resistência, entretanto uma redução de rigidez do CA foi observada para ambos os teores incorporados, o que tornou as misturas mais flexíveis.

Analisando de forma conjunta os valores de rigidez e resistência, a utilização da areia de fundição em misturas asfálticas nas condições analisadas na presente

pesquisa parece ser uma alternativa viável de emprego do resíduo siderúrgico.

Ressalta-se a necessidade de melhores avaliações quanto à dosagem, pois para o caso apresentado, a adoção de um mesmo teor de projeto para as misturas com incorporação de resíduo pode influenciar os dados de desempenho mecânico do CA.

## 6. REFERÊNCIAS

- [1] KLINSKY, L. M. G. Proposta de reaproveitamento de areia de fundição em sub-bases e bases de pavimentos flexíveis, através de sua incorporação a solos argilosos. Dissertação de Mestrado – USP, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- [2] BALBO, J. T. Pavimentação Asfáltica: materiais, projetos e restauração. São Paulo; Oficina de Textos, 2007.
- [3] BUDNY, J. Avaliação dos efeitos de diferentes tipos de cal em misturas de concreto asfáltico. Trabalho de conclusão de curso. Curso Engenharia Civil – UNIJUI, Ijuí, 2009.
- [4] BERNUCCI, L. B. et al. Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros. Rio de Janeiro, PETROBRAS, ABEDA, 2006, 504p.
- [5] NÚÑEZ, W. P. Produzindo Misturas Asfálticas de Elevado Desempenho com Emprego de Cal Hidratada. Reunião Anual De Pavimentação - 38a RAPv / 12º ENACOR, Manaus-AM, 2007.
- [6] COUTINHO N. B. Avaliação do Reaproveitamento de Areia de Fundição como Agregado em Misturas Asfálticas Densas. 2004. Tese de Doutorado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2004.