

## **APROVEITAMENTO DO RESÍDUO DO PRÉ-SEPARADOR NA FABRICAÇÃO DE PEÇAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO**

**Joana Zandonadi Pinheiro<sup>1</sup>**

**Ana Paula Romeira Silva<sup>2</sup>**

**Elaine Cristina da Silva Medeiros Ferreira<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> UFPA, Tucuruí – Pará, Brasil, joanazandonadi@yahoo.com.br  
aprs.romeira@gmail.com; elainecsmf@gmail.com

### **Introdução**

Devido à intensa industrialização e o crescimento populacional, as matérias-primas vêm se tornando cada vez mais escassas. A exploração de recursos naturais constitui tema de grande relevância por causar danos ao meio ambiente, como: erosão, assoreamento e alteração da paisagem. Ao mesmo tempo deve ser levado em consideração que a não exploração dos recursos naturais, implica na falta de desenvolvimento, pois a ausência de obras de infraestrutura pode resultar na manutenção dos baixos níveis econômicos (MENKES, 2004).

A indústria Dow Corning Metais do Pará atua como produtora de silício metálico desde 1943, sendo este produto gerado através da fusão redutora de quartzo (minério de silício), carvão vegetal e cavaco de madeira. O processo de produção possui um sistema de despoeiramento, que visa captar os gases e partículas finas originadas no processo de redução. Esta poeira captada pelo sistema de despoeiramento é a chamada sílica ativa. As partículas grossas originadas da combustão do carvão vegetal são retidas no ciclone pré-separador e posteriormente descartadas, sendo esse resíduo objeto desse estudo, o qual denominaremos como “resíduo do pré-separador”.

### **Material e Métodos**

#### *Materials*

Os materiais utilizados para a produção dos traços de concreto dos elementos das PCP foram o cimento (CP II – E 32), o agregado miúdo natural (areia), a areia artificial, que no caso trata-se do resíduo do pré-separador, o agregado graúdo (rejeito de quartzo) e a água de amassamento.

#### *Métodos*

Para a dosagem do concreto foi utilizado o método do IPT/EPUSP onde foi fixado o abatimento de tronco de cone entre  $0 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ , devido as PPC apresentarem características de consistência seca, o que é adequado para a sua produção. Conforme o método foi definido três traços unitários; traço inicial 1:4,5 e traços auxiliares 1:3,5 e 1:5,5 (traço rico e traço pobre respectivamente). A determinação do teor ideal de argamassa ( $\alpha$ ) foi realizada através dos procedimentos experimentais conforme método IPT, sendo que o teor encontrado foi igual a 37% ( $\alpha = 0,37$ ).

A fabricação das PCP foi realizada utilizando-se os 3 traços definidos pelo estudo de dosagem do concreto. Em função de cada traço foram feitas substituições percentuais de agregado miúdo pelo resíduo do pré-separador (5%, 10 e 20%) sem o uso de aditivos. A relação água/cimento utilizada foi igual a 0,46 e 0,48. Observa-se que não foi produzido o traço de referência (traço sem adição de resíduo) pelo fato do mesmo apresentar alto valor de fluidez, confirmado pelo ensaio de slump test, que deu 180mm tornando-se impossível realizar a desforma das PCP. No total foram moldados 108 corpos de provas (CP) sendo 72 para os ensaios de resistência à compressão (36 corpos de prova para 7 dias e 36 para 28 dias) e 36 para o ensaio de absorção de água. Os ensaios de determinação da resistência à compressão dos corpos de prova de PCP e de absorção de água foram realizados de acordo com a NBR 9781:2013 (Peças de concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio).

## Resultados e Discussão

### Caracterização do agregado miúdo utilizado na produção das PCP

O resultado da composição granulométrica da areia, resíduo do pré-separador e agregado graúdo estão representados nas Figuras 1 e 2 respectivamente.

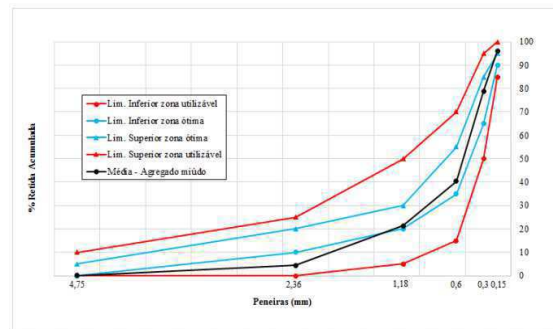


Figura 1. Limites granulométricos para o agregado miúdo (areia).

Conforme podemos observar a areia utilizada na pesquisa se enquadra segundo a NBR 7211:2009 dentro da zona inferior utilizável, atendendo aos limites estabelecidos pela ABNT. Como resultado, o DMC encontrado foi de 2,36 mm.

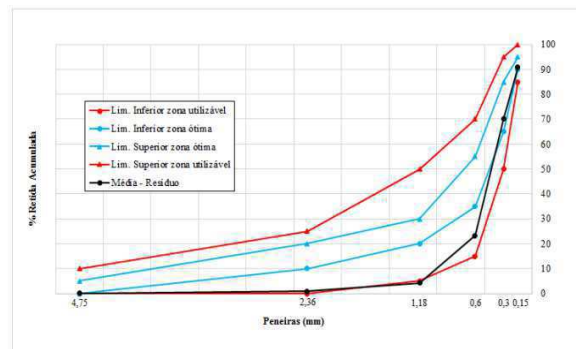


Figura 2. Limites granulométricos para o resíduo do pré-separador.

Observa-se que a distribuição granulométrica do resíduo do pré-separador não se situa na zona ótima, porém se enquadra nos limites aceitáveis da NBR 7211:2009. O valor de DMC é igual 1,18 mm. Outra informação importante está relacionada com o MF do resíduo, tendo como resultado médio 1,9, podendo ser enquadrado como uma areia fina, segundo o Quadro 1.

### Ensaio de absorção e massa específica dos agregados miúdos

Os resultados da absorção e massa específica dos agregados miúdos podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultado dos ensaios de absorção e massa específica dos agregados miúdos

Areia Natural		Resíduo	
Absorção de água (%)	Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	Absorção de água (%)	Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )
0,35	2,5	11,43	2,10

### Ensaio de absorção e massa específica dos agregados graúdo

Os resultados obtidos das massas específicas e absorção do agregado graúdo podem ser vistos na Tabela 2.

Tabela 2. Resultado dos ensaios de absorção, massa específica e massa específica aparente do agregado graúdo

Massa específica seca ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	Massa específica saturada superfície seca ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	Massa específica aparente ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	Absorção de água (%)
2,38	2,51	2,60	2,8

### Ensaio das propriedades tecnológicas do concreto

#### Absorção de água dos corpos de prova

Os resultados da absorção obtidos com a média dos corpos-de-prova de PCP estão registrados nas Figuras 3 e 4, conforme suas respectivas relações a/c.

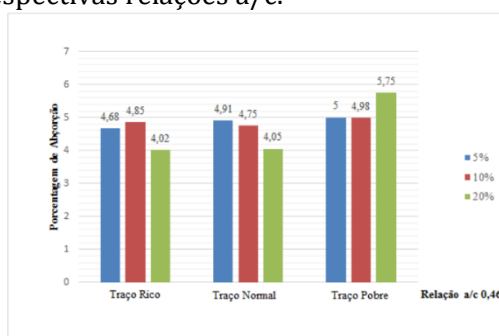


Figura 4. Absorção da PCP com relação a/c 0,46.

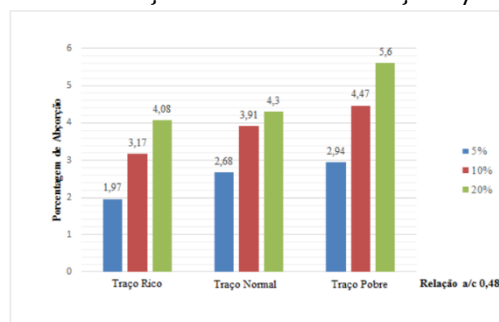


Figura 5. Absorção da PCP com relação a/c 0,48.

Verifica-se também que para o fator a/c 0,48 foram observados menores índices de absorção, o que é positivo. Desta forma, o concreto com fator a/c 0,48 apresentou melhor consistência, por meio da maior lubrificação dos agregados, o que conseqüentemente diminuiu o número de vazios, tornando o concreto menos poroso.

### Conclusão

O presente estudo mostrou que de modo geral não ocorreram diferenças significativas entre os traços estudados, no entanto foi constatado que com o aumento da quantidade de resíduo, houve aumento no valor da absorção dos corpos de prova, bem como pôde-se observar que com o fator água/cimento de 0,48, obteve-se um menor resultado de absorção, comparado ao fator a/c de 0,46. Os resultados de índice de absorção de água por imersão obtidos nos traços da pesquisa para todos os traços e seus respectivos percentuais de resíduo atenderam ao limite máximo estabelecido pela norma de referência, que é de 6%.

Em relação à resistência à compressão dos corpos de prova obteve-se melhores resultados para as PCP com 5% e 10% de resíduo, para os traços normal e rico. Porém, nenhuma das dosagens das PCP atingiu o valor de resistência mínima (35 MPa) prescrito na NBR 9781:2013 para solicitações leves. Desta forma, sugere-se que as PCP com os teores de 5% e 10% de resíduo seja utilizado na pavimentação intertravada de baixa intensidade de sobrecarga, como, por exemplo, em calçadas, praças, ciclovias e condomínios residenciais.

Entre as alternativas de tratamento e disposição final de resíduos industriais disponíveis, a incorporação desse resíduo em materiais de construção apresenta-se como uma solução técnica viável e de grande potencial de crescimento, configurando uma ação muito interessante do ponto de vista da sustentabilidade, por meio da redução do uso de recursos naturais e do consumo de energia e diminuição de impactos ambientais, gerando mais qualidade de vida para os cidadãos e para o planeta.

### Referências

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2009. 9p
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9781: Peças de concreto para pavimentação — Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. 21p
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 23: Cimento portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2001. 5p.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. 6p
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 26: Agregados - Amostragem. Rio de Janeiro: ABNT, 2009. 10p.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 27: Agregados - Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório. Rio de Janeiro: ABNT, 2001. 7p.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 30: Agregado miúdo - Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2001. 3p.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 52: Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro: ABNT, 2009. 6p.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 53: Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2009. 8p.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 67: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: ABNT, 1998. 8p.
- CRUZ, F. A. A. Estudo sobre a utilização do resíduo da queima da biomassa em argamassas. Tese de Mestrado. Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC, Joinville, 2002.
- DINIZ, I. N. Planejamento: brita. Equipe de Obra. Ed. 61. Julho de 2013. Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/61/brita-ao-comprar-epreciso-conferir-rocha-de-origem-291318-1.aspx>>. Acesso em: 15 de jul. de 2017.
- MARTINS, J. 50 perguntas: Especialistas respondem as dúvidas mais comuns sobre sistemas construtivos e soluções tecnológicas. Equipe de Obra, São Paulo, Ed. 50, 2012. Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/50/artigo2629025.aspx>>. Acesso em: 15 de jul. de 2017.
- MENKES, M. Eficiência energética, políticas públicas e sustentabilidade. Tese (Doutorado). Centro de Desenvolvimento Sustentável – UnB, Brasília, 2004.
- OLIVEIRA, A. M. et al. Estudos Preliminares para Potencial Uso de Resíduos da Produção de Ferro-Silício Como Substituição Parcial a Agregados Miúdos em Concretos. 52º Congresso Brasileiro do concreto. 2010a.
- OLIVEIRA, A. M. et al. Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com resíduos da produção de silício metálico. 52º Congresso Brasileiro do concreto. 2010b.
- PETRUCCI, E. G. R. Concreto de cimento Portland. 10ª Edição. São Paulo: GLOBO, 1970.