

## UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE JATEAMENTO NA PRODUÇÃO DE PAVERS

### **Janaina de Melo Franco<sup>(1)</sup>**

Bolsista DTI-B CNPq, Mestre em Engenharia Urbana do programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana. Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá-PR.

### **Célia Regina Granhen Tavares**

Professora-orientadora do programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá-PR.

### **Oswaldo Teruo Kaminata**

Professor do departamento de Engenharia Civil do Centro Universitário de Maringá (CESUMAR), Maringá-PR.

### **Hugo Renan Bolzani**

Mestre em Engenharia Urbana do programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana. Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá-PR.

### **Paulo Henrique Souza Almeida**

Doutorando em Engenharia Química – bolsista CNPq, programa de Pós-graduação em Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá-PR.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Colombo, 5.790 - Jd. Universitário - Maringá - PR - Brasil - CEP 87020-900. Fone: (44) 3011-5129.  
E-mail: [janydemelo@gmail.com](mailto:janydemelo@gmail.com)

## RESUMO

Este trabalho teve o objetivo de utilizar resíduos de jateamento na produção de Pavers, por meio da técnica de solidificação/estabilização (S/E), caracterizando-os quanto às suas propriedades físicas, químicas e mecânicas. Foram produzidos Pavers com 5, 10, 15, 20 e 25% de Poeira de Jateamento (PJ), bem como blocos referência (REF), sem adição dos resíduos, que foram avaliados em idades de cura 7, 14 e 28 dias. O ensaio de granulometria mostrou que estes resíduos apresentaram uma faixa granulométrica que possibilita o seu uso como agregado miúdo. Aos aspectos químicos dos resíduos de jateamento, observou-se que os valores encontrados para alguns metais pesados estão relacionados a própria atividade desenvolvida, porém, com a técnica de S/E estes metais possam ficar imobilizados e não lixiviam ou solubilizam, durante ou após sua vida útil. Os ensaios mecânicos mostraram que os Pavers produzidos com a PJ nas proporções de 5% e 15%, apresentaram valores de resistência a compressão acima do limite estabelecido na norma brasileira, para pavimentação de áreas a serem utilizadas por veículos leves, que é de 35 Mpa. Portanto, a técnica S/E mostrou-se promissora, indicando a viabilidade técnica e ambiental quanto à utilização de resíduos sólidos, antes enviados para aterros industriais, como matéria-prima no setor da construção civil.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos metalúrgicos, solidificação/estabilização, matriz cimentícia.

## INTRODUÇÃO

A técnica de tratamento de resíduos industriais conhecido por solidificação/estabilização é uma alternativa, antes da disposição em aterros, que vem sendo impulsionada pela necessidade de se melhorar o manuseio do resíduo, provendo um produto tratado com alta resistência e integridade estrutural, bem como reduzindo a mobilidade de poluentes no solo por lixiviação. Embora esta técnica seja amplamente utilizada há mais de 30 anos em países como Estados Unidos, Alemanha, França, Inglaterra e Japão, no Brasil, esta tecnologia ainda é bastante recente e está basicamente direcionada ao tratamento de resíduos industriais classificados segundo a NBR 10004/2004, classificação de resíduos em classe I (perigoso) e classe II (não perigosos), dividido em classe IIA (não inerte) e classe IIB (inerte), respectivamente (OLIVEIRA, 2003). O objetivo deste trabalho foi avaliar a substituição do cimento por estes resíduos em matriz cimentícia, ou seja, na produção pavers, também conhecidos como blocos de concreto para pavimentação.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizadas análises quanto às propriedades físicas, químicas e mecânicas da poeira de jateamento (PJ) provenientes de câmaras de jateamento em indústria galvanotécnica, utilizando-os em proporções (5, 10, 15, 20 e 25%) na substituição ao cimento para produção de Pavers. A determinação granulométrica dos resíduos e agregados foi realizada no Laboratório de Construção Civil da Universidade Estadual de Maringá - UEM, através da metodologia de peneiramento segundo a NBR 7181/1984. Determinação química, por meio de ensaios de lixiviação e solubilização, realizada no Complexo de Centrais de Apoio à Pesquisa COMCAP - UEM, através do Espectrofotômetro de Absorção Atômica, SPECTRAA-240FS, além de análises de cloreto, fluoreto, nitrato e fosfato através de cromatografia de íons, conforme limites preconizados na NBR 10004/2004 e extração por meio das NBR 10005/2004 e NBR 10006/2004. Os traços utilizados foram de proporções (5, 10, 15, 20 e 25%), em substituição ao cimento, além dos corpos de prova de referência com finalidade de comparação dos resultados (Tabela 1) e tendo como agente cimentante o CPV ARI.

**Tabela 1. Composição dos traços dos BCP.**

Traço	a/c	cimento: areia: pedrisco: PJ
CP	0,40	1:2,5:1,3:0
CP5	0,40	0,95:2,5:1,3:0,05
CP10	0,33	0,90:2,5:1,3:0,10
CP15	0,35	0,85:2,5:1,3:0,15
CP20	0,29	0,80:2,5:1,3:0,20
CP25	0,31	0,75:2,5:1,3:0,25

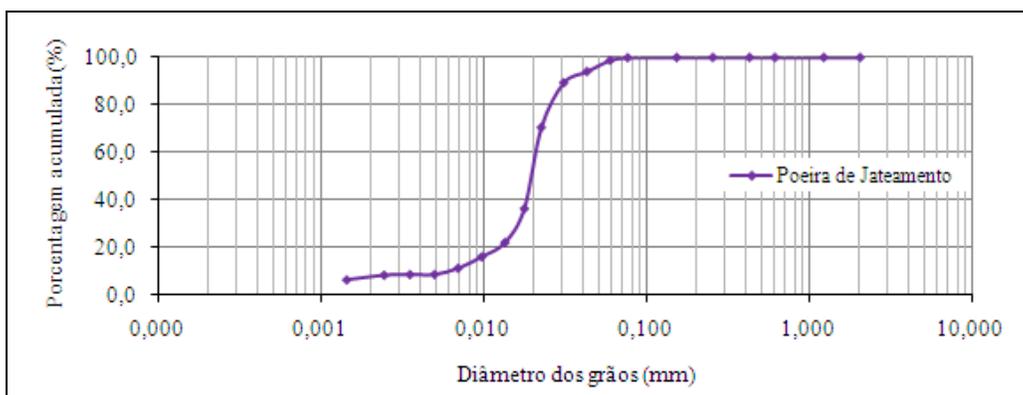
CP: padrão; CP5 a 25: porcentagens de substituição de poeira de jateamento.

Foram fabricados cerca de 110 pavimentos com dimensões 100 mm x 200 mm x 80 mm e a análise mecânica através da avaliação da resistência à compressão através de prensa hidráulica, realizadas aos 7, 14 e 28 dias de cura conforme a NBR 9780/1987 e NBR 9781/1987, realizada no laboratório de construção civil da Universidade Estadual de Maringá - UEM.

## RESULTADOS

### CARACTERIZAÇÃO FÍSICA: GRANULOMETRIA DO RESÍDUO

Observou-se que os diâmetros das partículas da poeira de jateamento variaram de 2,47  $\mu\text{m}$  a 58,4  $\mu\text{m}$  e o tamanho de partículas médio foi de 22,92  $\mu\text{m}$ .



**Figura 1: Curva granulométrica da poeira de jateamento**

A NBR 12653/1992 especifica nas exigências físicas, que um material pozolânico independente de sua classe, não deve no ensaio granulométrico apresentar uma porcentagem maior que 34% de material retido acumulado na peneira # 0,045mm. Apesar de no ensaio granulométrico dos resíduos de jateamento a abertura da peneira utilizada ter sido um pouco menor do que a especificada na norma, a porcentagem retida na peneira # 0,044mm foi de 25,41% ou seja, menor do que a espessura preconizada pela norma, portanto o material atende os padrões para um material pozolânico.

## CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA: LIXIVIAÇÃO/SOLUBILIZAÇÃO

Os resultados dos ensaios de caracterização química dos resíduos de jateamento encontram-se nas Tabelas 2 e 3.

**Tabela 2. Características tóxicas dos resíduos de jateamento (procedimentos de lixiviação - NBR 10005/2004).**

Parâmetros	Amostra (mg/L)	Limite máximo NBR 10004/04 (Anexo F)
Arsênio	0,77	<b>1,0</b>
Bário	4,65	<b>70,0</b>
Cádmio	0,70	<b>0,5</b>
Chumbo	0,16	<b>1,0</b>
Cromo total	0,01	<b>5,0</b>
Fluoreto	n.d	<b>150,0</b>
Mercurio	n.d	<b>0,1</b>
Prata	0,01	<b>5,0</b>
Selênio	0,04	<b>1,0</b>

n.d: valor não detectado pelo aparelho.

O Cádmio foi o único metal encontrado no espectrofotômetro de absorção atômica com valores acima limite máximo proposto pela NBR 10004/2004, obtendo o código de indentificação D007 e Chemical Abstrat Substance (CAS) 7440-43-9. Passando então a ser classificado como resíduo Classe I – Perigoso.

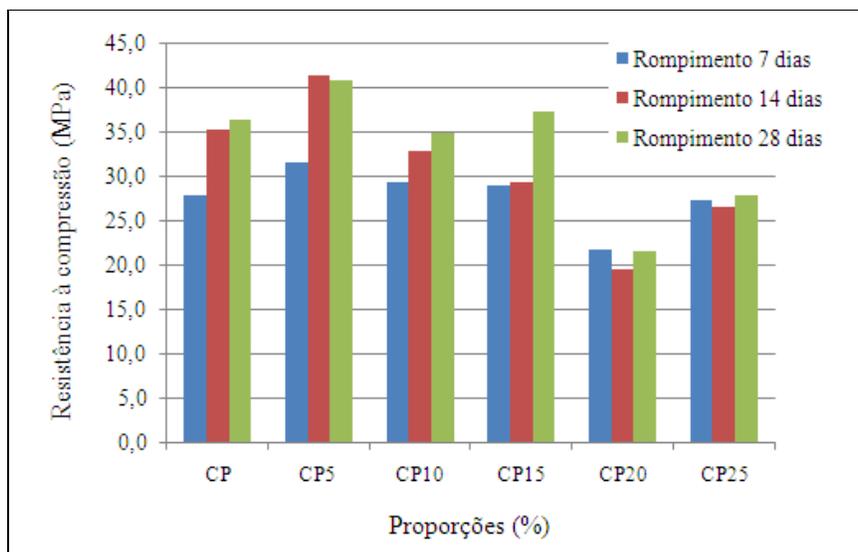
**Tabela 3. Características tóxicas dos resíduos de jateamento (procedimentos de solubilização- NBR 10006/2004).**

Parâmetros	Amostra (mg/L)	Limite máximo NBR 10004/04 (Anexo G)
Arsênio	0,80	<b>0,01</b>
Bário	0,21	<b>0,7</b>
Cádmio	n.d	<b>0,005</b>
Chumbo	0,30	<b>0,01</b>
Cloreto	0,30	<b>250,0</b>
Cobre	3,15	<b>2,0</b>
Cromo	0,02	<b>0,05</b>
Ferro	0,09	<b>0,3</b>
Manganês	0,02	<b>0,1</b>
Nitrato	13,52	<b>10,0</b>
Selênio	0,30	<b>0,01</b>
Sódio	249,10	<b>200</b>
Sulfato	13,66	<b>250,0</b>
Zinco	0,04	<b>5,0</b>

Nos resultados referentes ao ensaio de solubilização pôde-se verificar que os compostos que se encontram acima dos limites do anexo G da NBR 10004/2004 foram: Arsênio (0,80 mg/L), Chumbo (0,30 mg/L), Cobre (3,15 mg/L), Nitrato (13,52 mg/L), Selênio (0,30 mg/L) e Sódio (249,10 mg/L). Esses resultados mostram o grau de toxicidade desses resíduos, sendo então necessário que os mesmos passem por um tratamento especial antes de sua disposição ou ainda estudos que avaliem seus processos de reutilização, desde que fiquem imobilizados, durante ou após sua vida útil.

## RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DOS PAVERS

No caso deste estudo, pode-se observar através da Figura 2, os valores alcançados na substituição do cimento pela poeira de jateamento.



**Figura 2: Resistência a compressão de 7, 14 e 28 dias**

Na idade de 7 dias, para os pavimentos de referência o valor da resistência média à compressão foi de 27,94 MPa, passando para um aumento de 31,60 MPa (5%), 29,44 MPa (10%), 28,94 MPa (15%), e decaindo para 21,82 MPa (20%) e 27,39 (25%). Ou seja, a substituição da PJ foi efetiva até a proporção de 15% de resíduo, após isso sofreu diminuição na resistência. Na idade de 14 dias, os resultados médios da resistência a compressão dos pavimentos de referência foi de 35,27 MPa, aumentando para 41,25 MPa (5%), após esse comportamento a resistência diminuiu respectivamente para 32,87 MPa (10%), 29,37 MPa (15%), 19,49 MPa (20%) e 26,62 MPa (25%). Na idade de 28 dias, a resistência média a compressão do pavimento de referência foi de 36,30 MPa, aumentando nas proporções de 5% e 15% com os valores de 40,82 e 37,27 MPa, respectivamente. E sofreu diminuição nas proporções 10, 20 e 25% com os valores de 34,87; 21,52 e 27,97 MPa, respectivamente. Para a NBR 9781/1987 a resistência à compressão dos Pavers, calculada de acordo com as prescrições da NBR 9780/1987, deve ser de 35 MPa para solicitações de veículos comerciais de linha ou 50 MPa quando houver tráfego de veículos especiais ou solicitações capazes de produzir acentuados efeitos de abrasão. As proporções de substituição da que permaneceram em conformidade com o valor de 35 MPa foi a com 5% nas idades de 14 e 28 dias, e a de 15% na idade de 28 dias.

## CONCLUSÕES

O trabalho fundamentou-se em analisar a viabilidade técnica do uso da poeira de jateamento como substituinte do cimento na confecção de Pavers mediante avaliação da resistência à compressão. A partir das constatações apresentadas, foi verificada a possibilidade de utilizar os resíduos de jateamento como agregados reciclados na substituição ao cimento Portland na construção de blocos de concreto para pavimentação, tendo em vista que a proporção mais indicada de 5% de substituição, pois confere aos blocos de concreto para pavimentação uma resistência maior que ao traço referência aos 14, 28 dias e 15% de substituição nos 28 dias de cura, ou seja, valor acima ao permitido pela NBR 9781/1987, que é de 35 MPa para solicitações normais de tráfego.

## AGRADECIMENTOS

À CAPES pela concessão de bolsa de estudo.

Ao Prof. Dr. Jose Marcos Sasaki do laboratório de Raios-X da Universidade Federal do Ceará - UFC.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 9780: Peças de concreto para pavimentação determinação da resistência a compressão - Método de ensaio. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1987.
2. \_\_\_\_\_. NBR 10004: Classificação de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2004.
3. \_\_\_\_\_. NBR 10006: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2004.



***II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental***

---

4. OLIVEIRA, D.M. Aplicação da técnica de Solidificação/Estabilização para resíduos oleosos da Indústria Petrolífera, utilizando solo argiloso e bentonita. Dissertação de M.Sc., PPGEA/UFSC, Florianópolis, SC, Brasil, 2003.