



**Resíduo da indústria de vagões como agregado em argamassa  
Michael Poloni da Silva<sup>1</sup>, Rodrigo Ferreira da Silva<sup>2</sup>, Lidiane Bittencourt  
Barroso<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Centro Universitário Franciscano (michael\_poloni@hotmail.com)

<sup>2</sup> Centro de Educação Superior Norte (rofesil@bol.com.br)

<sup>3</sup> Universidade Federal do Pampa (lidianebarroso@unipampa.edu.br)

**Resumo**

No processo industrial com utilização de metais a liberação de resíduos é inevitável. Assim, vários trabalhos vêm sendo desenvolvidos com a utilização de diferentes tipos de resíduos em argamassas e concretos. O objetivo nesse trabalho foi determinar o uso de resíduo de varrição em argamassa para construção civil com CP IV-32, fazendo ensaios de resistência à compressão aos 7, 14 e 28 dias. Foram moldados corpos-de-prova cilíndricos de 5cm x 10cm para cada idade, sem adição de resíduo de varrição como referência, e substituindo 10%, 20%, 30%, 40% e 50% da areia normal por resíduo de varrição. Os resultados mostraram-se satisfatórios para a substituição de 20% da areia pelo resíduo de varrição. Contudo recomenda-se a repetição desse trabalho para obtenção de resultados mais conclusivos.

Palavras-chave: Argamassa. Varrição. Resistência à compressão.

Área Temática: Tema 1 – Resíduos Sólidos

**Abstract**

*In industrial process with utilization of metals the residues release is inevitable. Then, a lot of researches are being development with different kinds of residues in mortars and concrete. The aim of this research is determine the use of sweeping residue in mortars to civil construction with cement CP IV-32, doing traction resistance to compression in 7, 14, and 28 days. It was mold cylindrical specimens of 5cm x 10cm to each age without addition of sweeping residue as reference, replacing in 10%, 20%, 30%, 40%, and 50% of the sand for sweeping residue. The results are showed satisfactory with the replacement of 20% of sand by the sweeping residue. However repetition of this work for attainment of more conclusive results sends regards to it.*

*Key words: Mortar. Sweeping. Resistance to compression.*

*Theme Area: Theme 1 – Solid Residues*



## 1 Introdução

No processo industrial com utilização de metais a liberação de resíduos é inevitável. Para fabricação de peças e estruturas o metal é utilizado em forma de chapas metálicas ou bastões de ferro, que necessitam ser ajustado por meio de processos de corte, esmerilhamento e soldagem. Assim, nesses momentos ocorre liberação de resíduos, que devem ser recolhidos e uma maneira para realizar esse trabalho é por meio da varrição do chão da fábrica.

Estes resíduos representam um problema no desenvolvimento das indústrias metalúrgicas, as quais têm gastos adicionais para atender a legislação vigente, dentre elas a Lei Federal nº 6938 (BRASIL, 1981).

A destinação final inadequada destes resíduos gerados pelas indústrias, residências, hospitais e demais, causa uma séria preocupação ambiental. Os impactos decorrentes podem ser evidenciados pela poluição dos recursos hídricos, da atmosfera, do solo, além da geração de problemas ambientais e sócio-econômicos. Assim, percebe-se uma necessidade da adoção de medidas para amenizar os impactos ambientais, desde a redução na produção de resíduos até o destino final (GODOY et al, 2008).

Na indústria Santa Fé Vagões S.A. a produção de vagões libera resíduos metálicos, oriundos da fabricação das peças, do corte das chapas metálicas, da soldagem das peças e bem como no acabamento. Esse resíduo que contém raspa de solda, limalha de ferro, lixa de esmeril, óxido de alumínio zirconado, telas de fibra de vidro, é varrido e armazenado em tonéis na própria indústria, quando adquirem volume adequado são destinados para aterros industriais, sendo chamado de resíduo de varrição. A classificação desse resíduo como Classe I pela sua composição, implica na destinação para aterros industriais, NBR 10004 (ABNT, 2004). Essa é uma destinação de alto custo, gerando gastos para indústria e representam um grande problema ambiental, devidos aos materiais presentes nesse resíduo e também pelo volume gerado em período de alta produção.

Toda empresa que visa o crescimento, investe em pesquisa, com a intenção de melhoria continua dos processos e máxima eficiência.

Atualmente, existem técnicas para transformar determinados resíduos produzidos em novas matérias-primas. A utilização do vidro cominuído e entulho como agregado no preparo de concreto apresentou aumento na resistência à compressão dos corpos-de-prova de acordo com López et al (2005) e Zordan (1997), materiais estes que seriam destinados aos aterros.

Portanto, o trabalho visa incorporar o resíduo de varrição como agregado na argamassa para construção civil, substituindo porcentagens de areia. A utilização do resíduo de varrição dentro de uma argamassa representaria economia para indústria, além de evitar aumento do volume de aterros industriais.

## 2 Material e Métodos

Os resíduos de varrição foram obtidos na indústria Santa Fé Vagões S.A., localizada no bairro São José Km 3, a Rua Osvaldo Cruz nº 48, no município de Santa Maria – RS, conforme a figura 1. A indústria conta com área total de aproximadamente 160.000 m<sup>2</sup> e possui área útil construída de 30.000 m<sup>2</sup> e contando com acesso ferroviário direto à malha férrea do sul do Brasil.



Figura 1. Localização da Indústria Santa Fé Vagões S. A. (Google Maps, 2008).

O material foi escolhido por ser um resíduo abundante na indústria. Esse resíduo é composto pela varrição do chão da área de produção de vagões. O resíduo de varrição foi separado por peneiramento, para caracterização e preparação da mistura de argamassa. Conforme a NBR 7215 (ABNT, 1996), as peneiras utilizadas foram as de número 16, 30, 50, 100. Desse modo, separou-se a fração grosseira que não foi utilizada no trabalho e o restante das frações granulométricas foi novamente misturado para utilização nos corpos-de-prova.

Os ensaios de argamassa foram realizados no laboratório do Centro Universitário Franciscano (UNIFRA), localizado a Rua Silva Jardim sem número, no município de Santa Maria – RS. No quadro 1 estão as quantidades em massa dos materiais para a moldagem do traço de referência.

<b>Material</b>	<b>Quantidade (g)</b>
Cimento CP IV-32	624 ± 0,4
Água	300 ± 0,2
Areia normal nº 16 fração grossa	468 ± 0,3
Areia normal nº 30 fração média grossa	468 ± 0,3
Areia normal nº 50 fração média fina	468 ± 0,3
Areia normal nº 100 fração fina	468 ± 0,3

Fonte: NBR 7215 (ABNT, 1996).

Quadro 1 – Quantitativo para o traço de referência.

O planejamento do experimento contemplou a moldagem de corpos-de-prova de argamassa de Cimento Portland com seis traços distintos, nomeados no quadro 2. Os corpos-de-prova de argamassa, cilíndricos de 5cm x10cm, foram moldados em conformidade com a NBR 7215 (ABNT, 1996), os quais foram rompidos à compressão nas idades de 7, 14 e 28 dias. Desse modo, o delineamento experimental foi constituído de 72 exemplares, ou seja, 6 corpos-de-prova em 3 idades de compressão, com 4 repetições.



Sigla	Substituição
SF0	0% traço de referência
SF10	10% de resíduo de varrição
SF20	20% de resíduo de varrição
SF30	30% de resíduo de varrição
SF40	40% de resíduo de varrição
SF50	50% de resíduo de varrição

Quadro 2 – Nomenclatura dos traços.

O preparo das argamassas consistiu na mistura de cimento, água e areia normal, no traço SF0 e na para a moldagem dos outros traços foi adicionado o resíduo de varrição nas proporções conforme o quadro 3.

Material	SF10	SF20	SF30	SF40	SF50
Cimento	624 g	624 g	624 g	624 g	624 g
Água	300 ml	300 ml	300 ml	300 ml	300 ml
Areia normal (nº 16, 30, 50, 100)	421,2 g	374,4 g	327,6 g	280,8 g	234g
RV (nº 16, 30, 50, 100)	46,8 g	93,6 g	140,4 g	187,2 g	234 g

Quadro 3 – Quantitativos dos traços com substituição.

Para homogeneização da mistura utilizou-se de um misturador mecânico de movimento planetário para argamassa, na figura 2, com velocidade variando entre 62 rpm (baixa) e 125 rpm (alta).



Figura 2. Misturador Planetário, modelo E094X.

O procedimento de ensaio consiste em inicialmente, colocar-se na cuba toda a quantidade de água e adiciona-se o cimento. A mistura destes materiais deve ser feita com o misturador na velocidade baixa, durante 30 segundos. Após este tempo, e sem paralisar a operação de mistura, inicia-se a colocação das quatro frações de areia normal, previamente misturadas, com o cuidado de que toda esta areia seja colocada gradualmente durante o tempo de 30 segundos. Imediatamente após o término da colocação da areia, muda-se para a



velocidade alta, misturando-se os materiais nesta velocidade durante 30 segundos. Após este tempo, desliga-se o misturador durante 1 minuto e 30 segundos. Nos primeiros 15 segundos, retira-se com auxílio de uma espátula, a argamassa que ficou aderida às paredes da cuba e à pá e que não foi suficientemente misturada, colocando-a no interior da cuba. Durante o tempo restante (1 minuto e 15 segundos), a argamassa deve ficar em repouso na cuba, coberta com pano limpo e úmido. Imediatamente após este intervalo, liga-se o misturador na velocidade alta por mais 1 minuto. Deve ser registrada à hora em que o cimento é posto em contato com a água de mistura.

Os corpos-de-prova foram rompidos em prensa hidráulica, na figura 3, nas idades de 7, 14 e 28 dias, após permanência na câmara úmida.



Figura 3. Prensa hidráulica - Pavitest Servi.

### 3 Resultados e Discussão

Os resultados foram submetidos à análise de variância e foram ajustadas equações de regressão para os valores de resistência a compressão.

Comparando os traços moldados com resíduo de varrição de 10, 20, 30, 40 e 50% com o traço SF0, verificou-se um declínio na resistência a compressão, conforme a tabela 1.

Tabela 1. Resistência à compressão média dos corpos-de-prova.

<b>Traços</b>	<b>7 dias</b>	<b>14 dias</b>	<b>28 dias</b>
SF0	26,08 (Mpa)	30,48 (Mpa)	37,9 (Mpa)
SF10	20,73 (Mpa)	25,67 (Mpa)	28,86 (Mpa)
SF20	22,81 (Mpa)	23,76 (Mpa)	33,00 (Mpa)
SF30	16,71 (Mpa)	22,52 (Mpa)	24,57 (Mpa)
SF40	18,94 (Mpa)	22,31 (Mpa)	28,42 (Mpa)
SF50	18,91 (Mpa)	22,15 (Mpa)	25,65 (Mpa)

No uso de 10 % de varrição aos 28 dias houve perda de resistência de 25,96% em relação ao SF0. Com uso de 20% de varrição na mistura observou-se perda de 12,93%. Com uso de 30% houve perda de 35,17%. Com uso de 40% a perda foi de 25,01% e com o uso de



50% de substituição da areia normal pelo resíduo a perda foi de 32,32%.

Entretanto, Godoy et al (2008) utilizando sucata de vidro na fabricação de argamassa, com substituição de 25% da areia pela sucata de vidro encontrou resistência aos 28 dias de 30,19 MPa. O resíduo de varrição com 20% de substituição alcançou uma resistência de 33,00 MPa. Desse modo, esse resíduo mostra-se aparentemente mais resistente que o uso de sucata de vidro.

Washington (2002) encontrou resistências médias de 17,7 MPa aos 28 dias com 10 % de substituição de areia por resíduo de mármore, utilizado na fabricação de lajotas. No presente trabalho com 10% de substituição de resíduo de varrição obteve-se uma resistência de 28,86 MPa. Desse modo o resíduo de varrição poderia ser utilizado na fabricação de lajota.

A figura 4 apresenta resistência à compressão média em relação ao tempo de ruptura e pode-se observar comportamento linear nos traços SF0, SF10 e SF20. Observando o traço de referência obteve-se coeficiente angular de 0,56, enquanto que nos traços SF10 e SF20 obteve-se coeficiente angular de 0,51 e 0,36. Esses resultados indicam que os traços SF10 e SF20 sempre apresentaram resistência menor que o traço de referência ao longo do tempo.

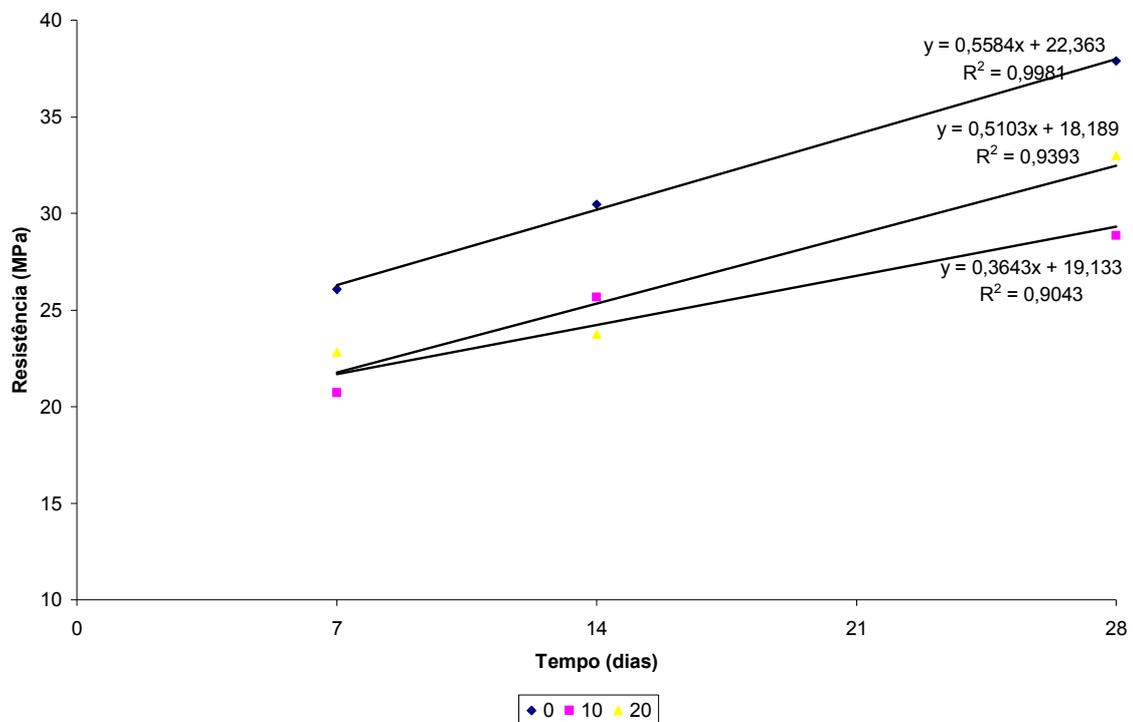


Figura 4. Resistência a compressão nos corpos-de-prova SF0, SF10 e SF20.

A figura 5 apresenta resistência à compressão média em relação ao tempo de ruptura. Observa-se também o comportamento linear nos traços SF30, SF40 e SF50 do resíduo de varrição. Os traços SF30, SF40 e SF50 apresentam coeficiente angular de 0,45, 0,31 e 0,34, respectivamente. Esses resultados demonstram que a inclinação da reta dos traços SF30, SF40 e SF50 é menor que a inclinação da reta do traço de referência. Portanto, os traços SF30, SF40 e SF50 também apresentaram menor resistência, em relação ao traço SF0.

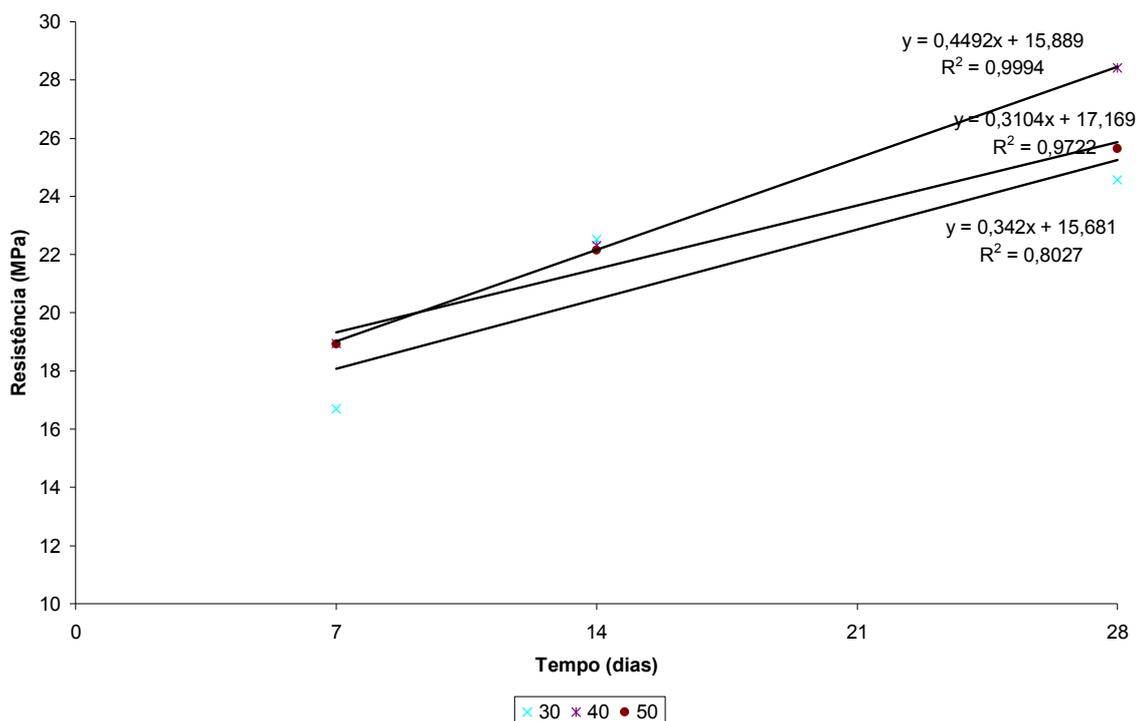


Figura 5. Resistência a compressão nos corpos-de-prova SF30, SF40 e SF50.

#### 4 Considerações Finais

Os resultados apenas indicam um possível uso dos resíduos de varrição na confecção de argamassa para construção civil.

O traço SF20 satisfaz as exigências físicas e mecânicas para argamassas, ou seja, resistência aos 7 dias maior ou igual a 20 MPa e aos 28 dias maior ou igual a 32 MPa. Entretanto, esperava-se que a resistência apresentasse um decréscimo com adição de porcentagens de resíduo de varrição, conforme resultados de outros trabalhos.

Embora, os resultados tenham se mostrado satisfatórios para a substituição de 20% da areia pelo resíduo de varrição da indústria Santa Fé Vagões S. A., recomenda-se a repetição dos ensaios para obtenção de resultados mais conclusivos.

#### Referências

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5736 – **Cimento Portland pozolânico**. Rio de Janeiro, ABNT, 1991.

\_\_\_\_\_. NBR 7215 – **Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro, ABNT, 1996.

\_\_\_\_\_. NBR 10004 – **Resíduos Sólidos Classificação**. Rio de Janeiro, ABNT, 2004.

BRASIL. Lei Federal nº 6938 de 31 de Agosto de 1981. Dispõe sobre a **Política Nacional do Meio Ambiente**, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm)> Acesso em: 11/09/2008.



## 2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

GODOY, J. et al. **Utilização de sucata de vidro na fabricação de argamassa.** XII Simpósio de Ensino, Pesquisa e Extensão, SEPE – 2008, UNIFRA, Santa Maria – RS.

GOOGLE MAPS. Endereço: **Rua Osvaldo Cruz nº 48, Santa Maria, RS.** Disponível em: <<http://maps.google.com.br/>> Acesso em: 04/10/2008.

LÓPEZ, D. A. R. et al. **Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de concretos produzidos com vidro cominuído como agregado fino.** Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ce/v51n320/29526.pdf>> Acesso em: 11/09/2008.

WASHINGTON, A. M. **Utilização do resíduo de corte de mármore e granito em argamassas de revestimento e confecção para piso.** Disponível em: <[http://residuosindustriais1.locaweb.com.br/arquivos/Artigos/utilizacao\\_do\\_residuo\\_de\\_corte\\_de\\_marmore.pdf](http://residuosindustriais1.locaweb.com.br/arquivos/Artigos/utilizacao_do_residuo_de_corte_de_marmore.pdf)> Acesso em 12/10/2008.

ZORDAN, S. E. **A utilização do entulho como agregado na confecção do concreto.** Campinas 1997. Dissertação (mestrado). UNICAMP-SP.