

**RESUMO**

**ABSTRACT**

A indústria do petróleo, presente no Brasil, é responsável pela geração de grande quantidade de resíduo. Este resíduo rico em metais pesados e inertes tem a capacidade de degradação muito lenta e gera grande impacto ambiental. Mesmo em aterros sanitários esse material ocupa grande volume devido ao seu baixo peso específico (763,94 kg/m³). A incorporação desse material em blocos de concreto intertravado apresenta vantagens do ponto de vista ecológico, dando destino seguro a um material possivelmente poluidor, e econômico, pois substitui a matéria prima natural por resíduo.

Neste trabalho serão apresentados resultados de ensaios comparativos em corpos-de-prova de argamassa entre o grupo controle e grupos com diferentes quantidades de substituição de agregado miúdo (areia) por resíduo, visando substituir a maior quantidade de resíduo sem haver perda de capacidade de compressão, confirmando o ensaio de melhor resultado em corpos-de-prova de concreto.

O objetivo deste trabalho é verificar a compatibilidade do resíduo com os outros materiais componentes do concreto e determinar a quantidade de resíduo máxima que pode ser incorporada sem perda de capacidade de compressão do bloco de concreto.

Os resultados encontrados indicam a compatibilidade do resíduo com os componentes do concreto e o índice ótimo de substituição do agregado miúdo na ordem de 15% do peso do agregado miúdo.

The oil industry, present in Brazil, is responsible for the generation of large amounts of waste. This residue is rich in heavy metals and inert is capable of very slow degradation and generates great environmental impact. Even in landfills this material occupies a large volume due to their low specific weight (763,94 kg/m³). The incorporation of this material in concrete interlocked blocks presents advantages in an ecologically point of view, providing safe destination to a possibly polluting material, and is economic, because it substitutes natural raw material waste.

In this paper we present results of comparative tests on body-of-proof mortar between the control group and groups with different amounts of substitution aggregates (sand) per residue, to replace the greatest amount of residue with no loss of compression capacity confirming the test result in better body-of-proof concrete.

The objective of this work is to verify the compatibility of the waste with other materials concrete components and determine the maximum amount of residue that can be incorporated without loss capacity compression of the concrete block. The results indicate the compatibility with the components of the residue and the index of concrete optimal replacement of fine aggregate in the order of 15% of the weight of the aggregate.

**KEY - WORDS**

**PALAVRAS - CHAVES**

Bloco de Concreto,  
Pavimento,  
Resíduo,  
Indústria Petróleo,

Concrt Block,  
Pavimentation,  
Resíduo,  
Oil Industry,  
Copress Resistance

**1. INTRODUÇÃO**

A indústria de petróleo presente em grande parte do Brasil, em particular no estado do Rio Grande do Sul (cidade de Triunfo), tem como função receber o petróleo bruto extraído pela empresa estatal e transformá-lo em poliestirenos e polipropilenos. Estas substâncias são utilizadas como insumos para uma grande variedade de outros materiais e produtos.

O processo de refino do petróleo tem várias fases e cada uma delas possui a geração de resíduos específicos e testes de qualidade. Quando o material produzido não atinge o nível aceitável de qualidade, ele é descartado. O descarte é, normalmente, feito por incineração. O produto da incineração é uma fuligem escura e de baixa densidade.

Atualmente o destino final mais aceito para o resíduo da indústria petroquímica é o aterro sanitário, que ocupa grande volume. "Buscando um desenvolvimento mais sóbrio e ambientalmente responsável, a reciclagem aparece como uma alternativa que apresenta inúmeros benefícios, dentre os quais, pode-se citar: a redução das áreas destinadas aos aterros, a diminuição da poluição e o menor consumo dos recursos naturais." - Amadei (2011).

Uma das utilizações que podem ser dadas por este material é incorporá-lo em peças de concreto intertravado, pois conforme Piorotti (1985), a vida útil deste tipo de pavimentação é bastante elevada, como já foi testado com outros tipos de materiais FIORITI (2002).

**2. OBJETIVOS**

2.1 Objetivo principal: Verificar a compatibilidade do resíduo com os materiais constituintes do concreto na produção de blocos de concreto intertravado para pavimentação.

2.2 - Objetivo secundário: Definir a quantidade de resíduo possível para substituir o agregado miúdo.

**3. METODOLOGIA**

O trabalho foi iniciado consultando bibliografia existente (livros e referências eletrônicas) sobre os materiais utilizados: cimento, agregado miúdo (areia), água e resíduos em geral e metodologia empregado para determinação da resistência à compressão (NBR 9780), peças de concreto para pavimentação (NBR 9781).

A realização da pesquisa iniciou-se com a coleta do resíduo na indústria petroquímica localizada em Triunfo/RS e aquisição dos materiais disponíveis no mercado. Após a coleta dos materiais foram aferidas as seguintes características dos materiais: massa unitária, massa específica e granulometria, dados necessários para cálculos das quantidades dos materiais para confecção dos corpos-de-prova. Não houve variação dos materiais durante todo o desenvolvimento da pesquisa.

Usou-se o traço 1:2, como ponto inicial e grupo de controle. O material utilizado foi: cimento portlan e areia média. Optou-se pela substituição parcial da areia pelo resíduo nas proporções, em massa, de 30% e 60%. Conforme tabela 1, ao lado.

A tabela 1 mostra as quantidades dos materiais utilizados para moldagem de cinco corpos de prova cilíndricos de 5cm de diâmetro por 10 cm de altura para cada formulação.

Para a mistura dos materiais utilizou-se de uma bacia de plástico e uma colher de pedreiro, a mistura foi feita manualmente. Os corpos-de-prova de argamassa foram moldados em moldes metálicos de 5 cm de diâmetro por 10 cm de altura. Distribuiu-se o concreto no molde em duas camadas. Cada camada recebeu vários golpes distribuídos uniformemente ao longo de toda superfície. Após moldagem, foram colocados os corpos-de-prova descansando por 24 horas. Decorrido o tempo, as amostras foram completamente submersas em tanques com água levemente alcalina até o dia de seu rompimento 35 dias após a moldagem.

O resultado obtido demonstrou grande variação de resultados entre os corpos-de-prova com 30% e 60% de substituição. A fim de resultados mais próximos com o grupo de controle, os ensaios foram refeitos com substituições de 10%, 15% e 20%, conforme tabela 2, ao lado.

A tabela 2 mostra as quantidades dos materiais utilizados para moldagem de cinco corpos de prova cilíndricos de 5cm de diâmetro por 10 cm de altura para cada formulação.

Para a mistura dos materiais utilizou-se de uma bacia de plástico e uma colher de pedreiro, a mistura foi feita manualmente. Os corpos-de-prova de argamassa foram moldados em moldes metálicos de 5 cm de diâmetro por 10 cm de altura. Distribuiu-se o concreto no molde em duas camadas. Cada camada recebeu vários golpes distribuídos uniformemente ao longo de toda superfície. Após moldagem, foram colocados os corpos-de-prova descansando por 24 horas. Decorrido o tempo, as amostras foram completamente submersas em tanques com água levemente alcalina até o dia de seu rompimento 35 dias após a moldagem.

O resultado obtido demonstrou pouca variação entre as amostras de do grupo de controle e as amostras com 10% e 15% de substituição.

Um último ensaio foi feito com corpos-de-prova de concreto. Usou-se o traço 1:2:3, como ponto inicial e grupo de controle. Foi utilizado cimento portlan, areia média, e pedrisco (brita 0) conforme tabela 3, ao lado.

Os corpos-de-prova de concreto foram moldados em moldes metálicos de 10 cm de diâmetro por 20 cm de altura. Distribuiu-se o concreto no molde em duas camadas. Cada camada recebeu vários golpes distribuídos uniformemente ao longo de toda superfície. Após moldagem, foram colocados os corpos-de-prova descansando por 24 horas. Decorrido o tempo, as amostras foram completamente submersas em tanques com água levemente alcalina até o dia de seu rompimento 28 dias após a moldagem.

**4. RESULTADOS**

Os resultados obtidos dos corpos-de-prova no testes de compressão seguem na tabela 4, ao lado.

**5. CONCLUSÃO**

5.1 Objetivo principal

Foi verificada a compatibilidade do resíduo com os materiais constituintes do concreto na produção de blocos de concreto intertravado para pavimentação.

5.2 - Objetivo secundário

O maior índice de substituição que não altera a compressão mecânica é 15%.

**6. BIBLIOGRAFIA**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1987). **NBR 9780: Peças de concreto para pavimentação. Determinação da resistência à compressão.** Rio de Janeiro.  
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1987). **NBR 9781: Peças de concreto para pavimentação.** Rio de Janeiro.

AMADEI, Daysa Ione Braga. (2011). **Avaliação de blocos de concreto para pavimentação produzidos com resíduos de construção e demolição do Município de Juranda/PR.** Mestrado em andamento em Engenharia Urbana (Conceito CAPES 3). Universidade Estadual de Maringá, UEM, Brasil,

FIORITI, C. F. (2002). **Avaliação de compósitos de concreto com resíduos de borracha na produção de blocos para alvenaria.** Ilha Solteira 2002. 134 p. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.  
FIORITI, César Fabiano (1); AKASAKI, Jorge Luis (2); INO, Akemi (3)  
(1) Doutorando em Ciências da Engenharia Ambiental; e-mail: cffioriti@hotmail.com  
Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. USP  
(2) Professor Doutor, Departamento de Engenharia Civil; e-mail: akasaki@dec.feis.unesp.br  
Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista. UNESP  
(3) Professora Doutora, Departamento de Arquitetura e Urbanismo; e-mail: inoakemi@sc.usp.br  
Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. USP

PIOROTTI, J. L. (1985). **Pavimentação intertravada.** 1ª edição. Rio de Janeiro: Montana S. A. Indústria e Comércio, 1985, 64p.

Designação	Amostra	% de resíduo	Cimento (g)	Areia (g)	Resíduo (g)	Água mL
AR00	A1	0	144	288	0	50
	A2	0	144	288	0	50
	A3	0	144	288	0	50
	A4	0	144	288	0	50
	A5	0	144	288	0	50
AR30	B1	30	144	192	96	70
	B2	30	144	192	96	70
	B3	30	144	192	96	70
	B4	30	144	192	96	70
	B5	30	144	192	96	70
AR60	C1	60	144	96	192	134
	C2	60	144	96	192	134
	C3	60	144	96	192	134
	C4	60	144	96	192	134
	C5	60	144	96	192	134

Designação	Amostra	% de resíduo	Cimento (g)	Areia (g)	Resíduo (g)	Água mL
AR10	D1	10	144	256	32	50
	D2	10	144	256	32	50
	D3	10	144	256	32	50
	D4	10	144	256	32	50
	D5	10	144	256	32	50
AR15	E1	15	144	240	48	50
	E2	15	144	240	48	50
	E3	15	144	240	48	50
	E4	15	144	240	48	50
	E5	15	144	240	48	50
AR20	F1	20	144	224	64	50
	F2	20	144	224	64	50
	F3	20	144	224	64	50
	F4	20	144	224	64	50
	F5	20	144	224	64	50

Designação	Amostra	% de resíduo	Cimento (g)	Areia (g)	Brita (g)	Resíduo (g)	Água mL
TR00	A1	0	540	1655	1680	0	28
	A2	0	540	1655	1680	0	28
	A3	0	540	1655	1680	0	28
	A4	0	540	1655	1680	0	28
	A5	0	540	1655	1680	0	28
TR15	B1	15	540	1407	1680	248	28
	B2	15	540	1407	1680	248	28
	B3	15	540	1407	1680	248	28
	B4	15	540	1407	1680	248	28
	B5	15	540	1407	1680	248	28
	B6	15	540	1407	1680	248	28
	B7	15	540	1407	1680	248	28
	B8	15	540	1407	1680	248	28
	B9	15	540	1407	1680	248	28
	B10	15	540	1407	1680	248	28

Designação	Amostra	% de resíduo	kgf a 35d	Tensão kgf/cm²	Média kgf/cm²	Desvio Padrão kgf/cm²
AR00	A1	0	4261	217,01	214,37	58,28695836
	A2	0	4238	215,84		
	A3	0	2978	151,67		
	A4	0	6021	306,65		
	A5	0	3548	180,70		
AR30	B1	30	2988	152,18	135,08	23,33518187
	B2	30	2819	143,57		
	B3	30	2487	126,66		
	B4	30	1929	98,24		
	B5	30	3038	154,72		
AR60	C1	60	2252	114,69	120,12	21,75431317
	C2	60	2292	116,73		
	C3	60	1739	88,57		
	C4	60	2666	135,78		
	C5	60	2844	144,84		

Designação	Amostra	% de resíduo	kgf a 35d	Tensão kgf/cm²	Média kgf/cm²	Desvio Padrão kgf/cm²
AR10	D1	10	3559	181,26	208,69	25,2979
	D2	10	3905	198,88		
	D3	10	4720	240,39		
	D4	10	4517	230,05		
	D5	10	3787	192,87		
AR15	E1	15	3874	197,30	190,36	41,7256
	E2	15	4392	223,68		
	E3	15	4369	222,51		
	E4	15	3671	186,96		
	E5	15	2383	121,37		
AR20	F1	20	3128	159,31	153,01	22,7098
	F2	20	3528	179,68		
	F3	20	2460	125,29		
	F4	20	2901	147,75		
	F5	20	não usado	não usado		

Designação	Amostra	% de resíduo	MPA a 28d	kgf a 28d	Tensão kgf/cm²	Média kgf/cm²	Desvio Padrão kgf/cm²
TR00	A1	0	24,06	19270	245,35	217,80	27,3531
	A2	0	23,84	19090	243,06		
	A3	0	21,65	17340	220,78		
	A4	0	19,01	15220	193,79		
	A5	0	18,24	14610	186,02		
TR15	B1	15	20,54	16450	209,45	164,73	35,3500
	B2	15	19,40	15530	197,73		
	B3	15	19,25	15420	196,33		
	B4	15	18,30	14660	186,66		
	B5	15	17,77	14230	181,18		
	B6	15	15,11	12100	154,06		
	B7	15	15,07	12070	153,68		
	B8	15	14,34	11490	146,30		
	B9	15	11,36	9101	115,88		
	B10	15	10,40	8328	106,04		



Resíduo da indústria petroquímica em estado natural. A pesquisa utilizou o material neste estado.



Corpo de prova de argamassa confinado por pratos metálicos no pórtico de compressão. Os pratos garantem a transmissão uniforme do carregamento.



Corpos de prova de argamassa AR00, AR30 e AR60.



Corpos de prova de argamassa AR10, AR15 e AR20.

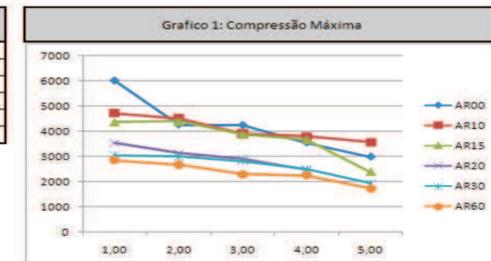


Prensa de Compressão, modelo EMIC PC 200, capacidade de até 2MN.



Corpos de prova de concreto TR00 e TR15, respectivamente.

Designação	AR00	AR10	AR15	AR20	AR30	AR60
kgf a 35 d	6021	4720	4369	3528	3038	2844
	4261	4517	4392	3128	2988	2666
	3548	3905	3874	2901	2819	2292
	3548	3787	3671	2460	2487	2252
	2978	3559	2383		1929	1739



Designação	AR00	AR10	AR15	AR20	AR30	AR60
kgf a 35 d	306,65	240,39	223,68	179,68	154,7241	144,8437
	217,01	230,05	222,51	159,31	152,1776	135,7783
	215,84	198,88	197,30	147,75	1	