

ANÁLISE DOS ENSAIOS PARA REAPROVEITAMENTO DA CINZA PESADA DO COMPLEXO JORGE LACERDA PARA FABRICAÇÃO DE BLOCOS DE SOLO/CINZA/CAL/CIMENTO

Lucimara Aparecida Schambeck Andrade – Mestre em Engenharia de Produção, lucimara.andrade@unisul.br, Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL

Maykon Luiz da Silva – Graduando no Curso de Arquitetura e Urbanismo, kakoarq@ac.unisul.br, Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL

Resumo: Os resíduos produzidos pelo Complexo Termoelétrico Jorge Lacerda, estimados em 966 mil t/ ano, são classificados em cinza leve e cinza pesada. A cinza leve, é utilizada pelas indústrias cimenteiras da região, enquanto a cinza pesada, sem reaproveitamento, é depositada em bacias de sedimentação, causando prejuízos econômicos e ambientais. Almejando ambientes auto-sustentáveis analisa-se a viabilidade técnica da cinza ser utilizada na confecção de blocos, através de ensaio de Resistência à Compressão e Absorção de Água. A partir destes resultados, sugere-se a utilização de misturas que empreguem maiores quantidades de cinza pesada, com intuito de minimizar este poluente no meio ambiente.

Palavra-chave: Cinza Pesada, Reaproveitamento, Meio Ambiente.

1 - INTRODUÇÃO

O Brasil possui hoje um conjunto formado por 13 (treze) Usinas Termoelétricas, distribuídas entre os estados de SC, PR, RS, GO e MS, que juntas geram 9% (nove por cento) de toda a energia consumida no país, ao mesmo tempo em que produzem cerca de 3 (três) milhões de toneladas/ano de cinzas.

O Complexo Termoelétrico Jorge Lacerda está situado na cidade de Capivari de Baixo no sul do estado de Santa Catarina e sozinho produz cerca de 744 (setecentos e quarenta e quatro) mil toneladas/ano de cinza leves que são utilizadas pelas indústrias produtoras de cimento da região e 192 (cento e noventa e duas) mil toneladas/ano de cinzas pesadas, que tem como destino final às bacias de sedimentação, localizadas no entorno do Complexo, sendo que sua utilização é secundária e a sua comercialização é inexistente, conforme o Relatório Final do Aproveitamento de Cinzas Volantes e Pesadas para a Produção de Concretos Usinados, Blocos e Pavimentos de Concretos, do departamento de Engenharia Civil da UFSC (2001).

As cinzas produzidas pelas termoelétricas apresentam um grande potencial para o reaproveitamento e alternativa para redução de custos na construção civil. Em função destas características, a pesquisa propõe que essas cinzas pesadas sejam utilizadas junto com o solo estabilizado na fabricação de blocos de alvenaria, para construção de casas

populares na cidade de Tubarão, uma vez que as características físicas, químicas e mineralógicas das cinzas de carvão são compatíveis com várias matérias-primas utilizadas pelas indústrias cerâmicas, o que sugere a possibilidade da substituição parcial dessas matérias-primas por este resíduo.

Até o momento, no âmbito regional, não existe nenhum estudo mais profundo e específico sobre o assunto, tendo sido realizados apenas trabalhos de conclusão de curso.

2 – MATERIAIS E METODOLOGIA

Após o levantamento das informações iniciais, teve início à localização das jazidas e a coleta das amostras de cinzas pesadas, que foram levadas ao laboratório de materiais e solos, onde foram passadas em peneira e depois secas em estufa por um período de 24 (vinte e quatro) horas em uma temperatura média de 100° C (cem graus Celsius).

Em um primeiro momento optou-se em estudar apenas a mistura solo/ cinza pesada/ cimento, onde o teor da mistura que apresentou maior resistência foi utilizado 75% do volume da mistura de solo Cambissolo de substrato de granito estabilizado, 25% de cinza pesada e 45% de cimento.

Uma vez definida a dosagem inicial de cinza pesada em relação ao volume de solo, através da avaliação das propriedades físicas (como resistência à compressão e absorção de água) obtidos em ensaios anteriores, iniciaram-se os estudos da segunda parte da pesquisa onde se buscou verificar as melhores condições de misturas solo/ cinza pesada/ cal/ cimento, com a finalidade de baixar o custo com aglomerante.

Para a confecção das amostras optou-se em utilizar 25% (vinte e cinco por cento) do volume de solo com cinza pesada, uma vez que este foi o teor da mistura que apresentou melhor resistência mecânica.

Tabela 01 - Composição das Amostras das Misturas – solo/ cinza pesada/ cal/ cimento.

AMOSTRA	SOLO	CINZA	CIMENTO	CAL
I	13.000 kg	2.240 kg	0.867 kg	0.144 kg
II	13.000 kg	2.205 kg	0.758 kg	0.287 kg
III	13.000 kg	2.169 kg	0.650 kg	0.431 kg
IV	13.000 kg	2.133 kg	0.542 kg	0.575 kg
V	13.000 kg	2.099 kg	0.433 kg	0.718 kg
VI	13.000 kg	2.062 kg	0.325 kg	0.862 kg
VII	13.000 kg	2.027 kg	0.217 kg	1.006 kg
VIII	13.000 kg	1.992 kg	0.108 kg	1.150 kg
IX	13.000 kg	1.880 kg	1.083 kg	0.287 kg
X	13.000 kg	1.736 kg	1.083 kg	0.431 kg

Para confecção dos corpos de prova foram realizados ensaios para determinação da umidade ótima, onde ficou estabelecida a quantidade de água, que deve ser isenta de impurezas nocivas à hidratação do cimento.

Para cada amostra foram moldados 10 (dez) corpos de prova com auxílio de uma prensa manual, “Figura 01”, em seguida os corpos de prova foram postos para curar, por um período de 28 (vinte e oito) dias, sendo que foram devidamente molhados após as 6 (seis) primeiras horas da moldagem e durante os sete primeiros dias, a fim de manter os blocos úmidos e de garantir a cura necessária. Após a cura, foram preparados 6 (seis) corpos de prova para os ensaios de compressão axial, e 3 (três) corpos de prova para os ensaios de absorção de água.

Figura 01 - Corpo de prova sendo moldado.



3 – RESULTADOS OBTIDOS

Para o ensaio de compressão axial foram moldados 6 (seis) corpos de prova para cada amostra, onde cada bloco foi cortado ao meio, perpendicular à sua maior dimensão, figura 02, em seguida as duas metades foram sobrepostas por suas faces maiores, sendo que as superfícies cortadas foram posicionadas invertidas e unidas por uma fina camada de cimento portland.

Figura 02 - Bloco sendo cortado ao meio perpendicular à sua maior dimensão.



Os corpos de prova devem permanecer durante 24 (vinte e quatro) horas submerso no tanque com água, “Figura 03”, já que para o ensaio de compressão axial a ser realizado, o corpo de prova deve estar saturado, “Figura 04”.

Figura 03 - Corpo de prova submerso no tanque – ensaio de compressão axial



Figura 04 - Corpo de prova saturado recebendo carga – ensaio de compressão axial



A NBR 8491.84 - especifica uma resistência mecânica ao ensaio de compressão axial de 2,0 MPa de média para cada amostra e uma resistência individual de 1,7 MPa. A tabela 02, abaixo mostra os resultados obtidos nos ensaios a compressão axial da mistura solo/ cinza pesada/ cimento, que obteve o melhor desempenho.

Tabela 02 - Resistência a Compressão Axial – 75% de solo, 25% de cinza pesada e 45% de cimento.

N CP	Carga (Kgf)	Área Bruta (cm ²)	Resistência MPa
1	1800	92	1,95
2	2000	91	2,19
3	2050	93	2,20
4	2000	89	2,24
5	2050	91	2,25
6	2050	92	2,22

Como podemos observar na tabela 03 abaixo, os resultados obtidos com os ensaios de resistência à compressão axial das misturas solo/ cinza pesada/ cimento/ cal apresentaram variações, sendo que a amostra que apresentou o resultado mais próximo do estabelecido pela NBR 8491.84, apresenta um volume de 25% (vinte e cinco por cento) de cinza pesada, 15% (quinze por cento) de cal e 50% (cinquenta por cento) de cimento alcançando uma resistência média de 1,9 MPa.

Tabela 03 - Resistência a Compressão Axial – 75% de solo, 25% de cinza pesada, 15% de cal e 50% de cimento.

AMOSTRA	CARGA (kgf)	ÁREA BRUTA (cm ²)	RESISTÊNCIA Média (MPa)
I	1.458	95,33	1,53
II	1.458	95,16	1,53
III	1.384	94,83	1,47
IV	1.350	94,83	1,43
V	1.208	95,16	1,27
VI	800	95,16	0,84
VII	683	95,16	0,72
VIII	630	94,60	0,67
IX	1.767	94,5	1,87
X	1.784	94.5	1,90

No ensaio de absorção de água foram utilizados os 3 (três) corpos de prova, que foram postos em estufa, entre 105°C (cento e cinco graus Celsius) e 110°C (cento e dez graus Celsius), figura 04, até constância de massa, obtendo assim a massa específica do bloco seco, em seguida o corpo de prova ficou imerso em um tanque com água por um período de 24 (vinte e quatro) horas, figura 05, obtendo-se assim a massa do bloco saturado.

Figura 04 - Corpo de prova na estufa – ensaio de absorção de água.



Figura 05 - Corpo de prova submerso no tanque – ensaio de absorção de água.



Os resultados obtidos com os ensaios de absorção de água das misturas solo/ cinza pesada/ cimento/ cal estão descritos na tabela 04 abaixo.

Tabela 04 - resultados obtidos – ensaio de absorção de água.

AMOSTRA	% MÉDIA
I	25
II	24
III	25
IV	23
V	24
VI	27
VII	23
VIII	29
IX	22
X	23



A NBR 8491.84 estabelece que cada amostra não pode apresentar média superior a 20% (vinte por cento), sendo que nenhuma amostra alcançou este percentual, porém muitas amostras individuais alcançaram resultados satisfatórios, uma vez que a norma estabelece valores individuais menores que 22% (vinte e dois por cento), mostrando que estamos próximos de encontrar a dosagem correta para que amostra a alcance os resultados estabelecidos pela norma.

4 – CONCLUSÕES

A mistura solo/ cinza pesada/ cimento apresentou resultados dentro do recomendado pela NBR 8491.84 – na qual específica que o tijolo maciço de solo-cimento, deve atingir uma Resistência média a compressão axial de 2 MPa e absorção de água de 20%.

Como a pesquisa busca não só contribuir com o meio ambiente, mas também atender as comunidades carentes da região, foi realizada na segunda etapa da pesquisa a adição de cal, com a finalidade de baixar o custo final da alvenaria.

Os resultados obtidos com os ensaios da segunda parte da pesquisa com adição de cal mostraram-se satisfatório, alcançando uma resistência média à compressão axial de 1,9 MPa e 22% de absorção de água, não atendendo as especificações da NBR 8491.84, mas deixando claro que estamos muito próximo de concluir mais esta parte da pesquisa com sucesso.

Outro fator muito importante nesta pesquisa é o fato dessa matéria prima ser encontrada com grande disponibilidade degradando o meio ambiente, observa-se então a necessidade e a importância de estudos relacionados ao reaproveitamento da cinza pesada, visando às questões ambientais e de qualidade de vida da sociedade, bem como a diminuição de custos na execução de blocos de alvenaria com adição de cinza pesada.

Os blocos solo/ cinza pesada/ cal/ cimento poderão ser empregados na construção civil, para execução de Moradias Econômicas em parcerias com o Escritório Modelo de Arquitetura e Urbanismo e o Escritório Modelo de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina, sendo que os próprios moradores poderão participar do processo de fabricação dos blocos em sistema de mutirão, visando um menor custo final da residência além de estar utilizando um material sustentável, contribuindo para preservação do meio ambiente.

5 – REFERÊNCIAS

- (1) BEVILAQUA, Fernanda Ziegler. et al. **Análise da Influência do Teor de Cal na mistura solo-cinza pesada visando ao emprego na Geotecnia.** REGEU – V Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental. Porto Alegre, 2003.
- (2) BONDUKI, Nabil Georges. **Habitat – As práticas bem sucedidas em habitação, meio ambiente e gestão urbana nas cidades brasileiras.** – 2^o ed. São Paulo. Studio Nobel, 1997.



- (3) HIGASHI, Rafael Reis. et al. **Análise do comportamento de mistura cinza pesada-solo-cal visando aproveitamento geotécnico.** REGEU – V Congresso Brasileiro de Geotécnica Ambiental. Porto Alegre, 2003.
- (4) ROCHA, Janaíde Cavalcante. et al. **Reaproveitamento das cinzas pesadas do Complexo Jorge Lacerda na elaboração de materiais de construção. Aspectos tecnológicos e ambientais.** XV SNPTEE – Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica. Paraná, 1999.