

RESÍDUOS SÓLIDOS

RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS: UMA FONTE ALTERNATIVA PARA O DESENVOLVIMENTO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS DE SOLO CIMENTO

Adriano Oliveira da Silva – adriano_able@hotmail.com
Universidade Estadual da Paraíba-UEPB.

Djane de Fátima Oliveira – djaneufcg@yahoo.com.br
Universidade Estadual da Paraíba-UEPB.

William de Paiva – marianacsevero15@gmail.com
Universidade Estadual da Paraíba-UEPB.

Mariana Costa Severo – marianacsevero15@gmail.com
Universidade Estadual da Paraíba-UEPB.

Thiago Santos de Almeida Lopes – thiago.s.16@hotmail.com
Universidade Estadual da Paraíba-UEPB.

Camila Bonfim Miranda – camilabonfimm@gmail.com
Universidade Estadual da Paraíba-UEPB.

Resumo: O grande potencial da indústria de beneficiamento de rochas ornamentais no Brasil e sua enorme geração de resíduos exige a constante necessidade de projetos de pesquisa que viabilizem o aproveitamento racional desses rejeitos na indústria da construção civil, uma vez que este setor sofre com elevados custos de produção devido as escassez de matéria prima. Em busca de melhorias na destinação adequada desses resíduos industriais, a pesquisa teve como objetivo estudar a potencialidade do uso dos resíduos provenientes do beneficiamento de rochas ornamentais para a produção de uma mistura alternativa de solo-cimento para construções civis. Nesta atividade de pesquisa foram realizados ensaios de caracterização física, química e mineralógica dos resíduos das rochas e do solo, além da análise ambiental desses resíduos conforme as normas da ABNT. Com base nos resultados obtidos na pesquisa, chegou-se a conclusão de que a adição dos resíduos sólidos industriais possibilitou condições técnicas favoráveis para se produzir tijolos prensados de solo-cimento com qualidade e, o aproveitamento dos resíduos sólidos industriais na fabricação de tijolos de solo-cimento pode configurar-se numa prática ecologicamente correta, podendo contribuir para reduzir o volume de material descartado na natureza, reduzir a exploração dos recursos naturais, e assim contribuindo para a preservação do meio ambiente.

Palavras-chave: Resíduos sólidos industriais, tijolos ecológicos, solo-cimento, e beneficiamento de rochas ornamentais.

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

A indústria de extração e beneficiamento de rochas ornamentais é uma das áreas promissoras de negócios no setor de mineração, apresentando nos últimos dez anos considerável crescimento na produção mundial. O grande crescimento populacional e o elevado déficit habitacional em todo o mundo fazem com que um dos maiores desafios para o século XXI seja a necessidade de se obter materiais de construção com baixo consumo de energia e capazes de satisfazer aos anseios de infraestrutura da população, sobretudo nos países em desenvolvimento (ANJOS et al., 2003a).

A necessidade de preservação ambiental e a tendência de escassez dos recursos naturais fazem com que a construção civil obtenha soluções técnicas modernas que ajudem na sustentabilidade de suas atividades. Nesse contexto, a reciclagem e o aproveitamento dos resíduos industriais se destacam como alternativas alinhadas a esses novos conceitos, buscando valorizar os materiais descartados nas indústrias, atribuindo-lhes a posição de material nobre, ao invés de simplesmente lançá-los na natureza.

A incorporação de resíduos poluentes na construção civil é atrativa devido à possibilidade no menor consumo do volume de matérias primas natural e o processo produtivo normalmente não sofre grandes alterações com a introdução do resíduo na composição da massa para formação do produto.

Em busca de melhorias na destinação adequada desses resíduos industriais, a pesquisa mostra como alternativa para esse propósito o desenvolvimento de tijolos de solo-cimento. As vantagens dessa utilização consistem desde a sua fabricação até a sua utilização na obra de construção civil. O equipamento utilizado é muito simples de se manusear e não há necessidade de mão de obra especializada para operar a máquina de produção, que podem ser instaladas no próprio canteiro, eliminando-se boa parte dos custos com transporte.

O uso de tijolos de solo-cimento apresenta várias vantagens como: dispensa o emprego de fôrmas, acelera a construção e facilita a passagem das instalações hidráulicas e elétricas. Os Tijolos de solo-cimento são produzidos utilizando-se prensa manual ou hidráulica. A mistura fresca de solo-cimento é colocada dentro de moldes e prensada. Depois de retirado da prensa, o bloco é estocado em local coberto, onde é molhado periodicamente durante o tempo de cura determinado, para adquirir a resistência necessária.

É viável lembrar que, o aproveitamento dos resíduos provenientes do desdobramento de rochas ornamentais deve ser encarado com uma atividade complementar, que poderá contribuir muito na redução de custos finais de produção, permitindo a adição de algum valor ao resíduo. Os depósitos de resíduos devem ser vistos como mais uma fonte de renda para a sociedade e não apenas simples armazenadores de resíduos.

Diante disso, esse trabalho visa à possibilidade de reutilizar parte deste resíduo proveniente do desdobramento de rochas ornamentais para a fabricação de tijolos ecológicos, em proporções que a qualidade e o bom desempenho do material não sejam danificados. O tijolo ecológico é composto por cimento portland, solo, resíduo e água; o resíduo neste trabalho de pesquisa substituirá parte da areia usada na produção do tijolo de solo-cimento.

O presente trabalho tem como objetivo geral o estudo da potencialidade do uso dos resíduos provenientes do beneficiamento de rochas ornamentais para a produção de uma mistura alternativa de solo-cimento para construções civis.

2. METODOLOGIA

O estudo iniciou-se com o levantamento bibliográfico sobre a caracterização do resíduo do corte das rochas ornamentais e o levantamento de dados sobre aplicação de materiais de construção alternativos incorporando resíduo da lama abrasiva do proveniente do beneficiamento de rochas ornamentais.

A pesquisa teve como realização dos ensaios o procedimento da substituição dos agregados pela lama proveniente do corte e polimento do mármore e granito. A otimização do processo, na busca do melhor fator água/cimento(A/C) e percentual de resíduos foi realizado um delineamento composto com pontos centrais (DCC), ver a Tabela 1.

Tabela 1- Matriz de Planejamento

Variáveis	Menor Valor	Ponto Central	Maior Valor
Fator água cimento (A/C)	2	2,5	3
% de Resíduos	30	45	60

Após todo o estudo bibliográfico, iniciou-se a parte experimental em laboratório. Primeiramente, foi realizada a fabricação de corpos de provas com os traços previamente obtidos no Planejamento Fatorial, variando a relação A/C e o percentual de resíduo (Figura 1). Para cada relação A/C foram moldados 4 (quatro) Tijolos de solo-cimento.

O ensaio de compactação foi conduzido de acordo com a norma NBR 12023 (ABNT, 1990), aplicada a solo-cimento, sendo a moldagem dos corpos de prova cilíndricos, de 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura, realizada conforme os procedimentos indicados pela norma NBR 12024 (ABNT, 1992). Na preparação das misturas, levou-se em conta a quantidade de água em relação à massa do cimento (fator água/cimento).

A mistura dos componentes foi feita manualmente, sendo primeiramente misturado o cimento e a areia, até se conseguir homogeneidade, para depois adicionar-se o resíduo gerado no beneficiamento de rochas ornamentais, e, por último, a água. Os moldes foram previamente untados com óleo desmoldante, sendo a moldagem dos corpos de prova feita logo em seguida.

Observa-se na Figura 2, a realização da moldagem dos corpos de prova que foram feitas imediatamente após o amassamento e com a maior rapidez possível. Para tanto, foi necessário que o recipiente contendo a mistura estivesse junto aos moldes durante o adensamento. A colocação da mistura na forma é feita com o auxílio da espátula, em quatro



camadas de alturas aproximadamente iguais, recebendo cada camada 30 golpes uniformes com o soquete normal, homogeneamente distribuído.

Esta operação foi terminada com a rasadura do topo dos corpos de prova, por meio da régua que o operador faz deslizar sobre as bordas da forma em direção normal à régua, dando-lhe também um ligeiro movimento de vaivém na sua direção. Após 24 horas da confecção, os corpos de prova foram desmoldados (Figura 3) e submetidos ao processo de cura por 28 dias, como mostra a Figura 4.



Figura 1: Tipo (B) com o Fator A/C 3; Tipo (E) com o Fator A/C 2,5



Figura 2: Confecção dos corpos de prova



Figura 3: Corpos de prova moldados e desmoldados



Figura 4: Corpos de prova em cura

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estudo foi realizado com a confecção de corpos de prova com o traço 1/7 (cimento e solo) sendo incorporados percentuais de resíduos de 60%, 45% e 30% na substituição do solo. Para cada composição teve a variação da relação água/cimento de 3, 2 e 2,5. De acordo com o planejamento fatorial da pesquisa foram obtidos 7 tipos sendo confeccionados no total de 28 corpos de provas.

Foram avaliados os ensaios de resistência à compressão simples, através do rompimento dos corpos de prova em uma prensa específica para este ensaio. Os resultados da determinação da resistência à compressão simples dos corpos de prova fabricados com diferentes combinações em relação à A/C e o percentual de resíduo, aos 28 dias, estão apresentados na Tabela 2. Para cada tipo, foram obtidos quatro valores, na qual foi descartado o valor que menos se aproximava dos demais pontos do ensaio, sendo, portanto representado por três valores.

Esses dados com a variação do percentual de resíduos e o A/C passaram por tratamento estatístico, na qual obteve resultados significativos.

Tabela 2: Dados dos corpos de prova estudados

Traço	Tipo	% Resíduo	A/C	Tempo (dia)	Código	Valor obtido no ensaio	Resistência (Mpa)
1/7	A	60	3	28	A1	110	1,476
					A2	110	1,476
					A3	102	1,275
	B	30	3	28	B1	105	1,409
					B2	103	1,383
					B3	117	1,570
	C	60	2	28	C1	147	1,973
					C2	179	2,403
					C3	180	2,416
	D	30	2	28	D1	178	2,389
					D2	189	2,537
					D3	189	2,537
	E	45	2,5	28	E1	155	2,080
					E2	156	2,094
					E3	165	2,215
	F	45	2,5	28	F1	155	2,080
					F2	155	2,080
					F3	150	2,013
	G	45	2,5	28	G1	165	2,215
					G2	177	2,376
					G3	180	2,148

A Tabela 3 apresenta um resumo descritivo para os valores de resistência a compressão simples da argamassa dos Tijolos de solo-cimento. Observa-se uma resistência média de 1,97 MPa e um coeficiente de variação de 21,83% o que mostra uma média dispersão dos dados.

Tabela 3: Valores Descritivos da Resistência a Compressão Simples

Valores Descritivos da Resistência a Compressão Simples				
Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Máximo (MPa)	Mínimo (MPa)
1,97	0,43	21,83	2,53	1,39

Após a realização dos ensaios de resistência a compressão simples, observou-se que a variável independente fator água-cimento (A/C) e o fator mais influente no processo, pois com o aumento deste fator observa-se uma redução na resistência (Figura 5).

O gráfico de pareto para resistência e compressão permitiu uma fácil visualização e identificação das causas ou problemas mais importantes, possibilitando a concentração de esforços sobre os mesmos. Além disso, o diagrama de Pareto para as duas variáveis de resposta (Resistência a Compressão simples e Absorção da água) permitem determinar quais coeficientes dos modelos realmente apresentam influência estatística ao nível de significância de 5%.

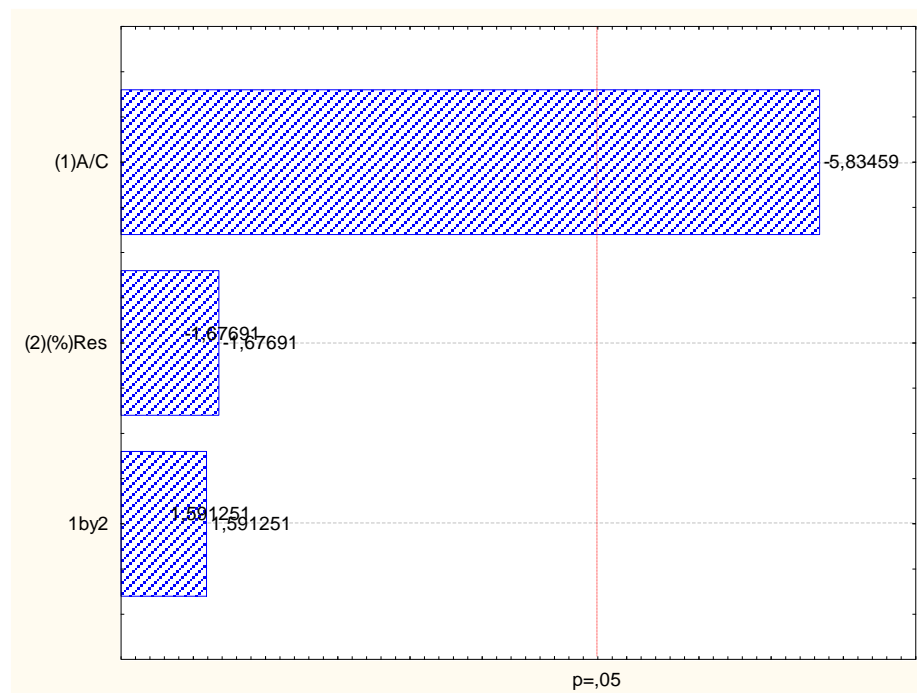


Figura 5: Gráfico de pareto para resistência e compressão

A superfície resposta apresenta uma maior resistência para um fator água-cimento(A/C) e um percentual de resíduo em torno de 2 e 30%, respectivamente. A Figura 6 apresenta a superfície resposta do Planejamento Fatorial.

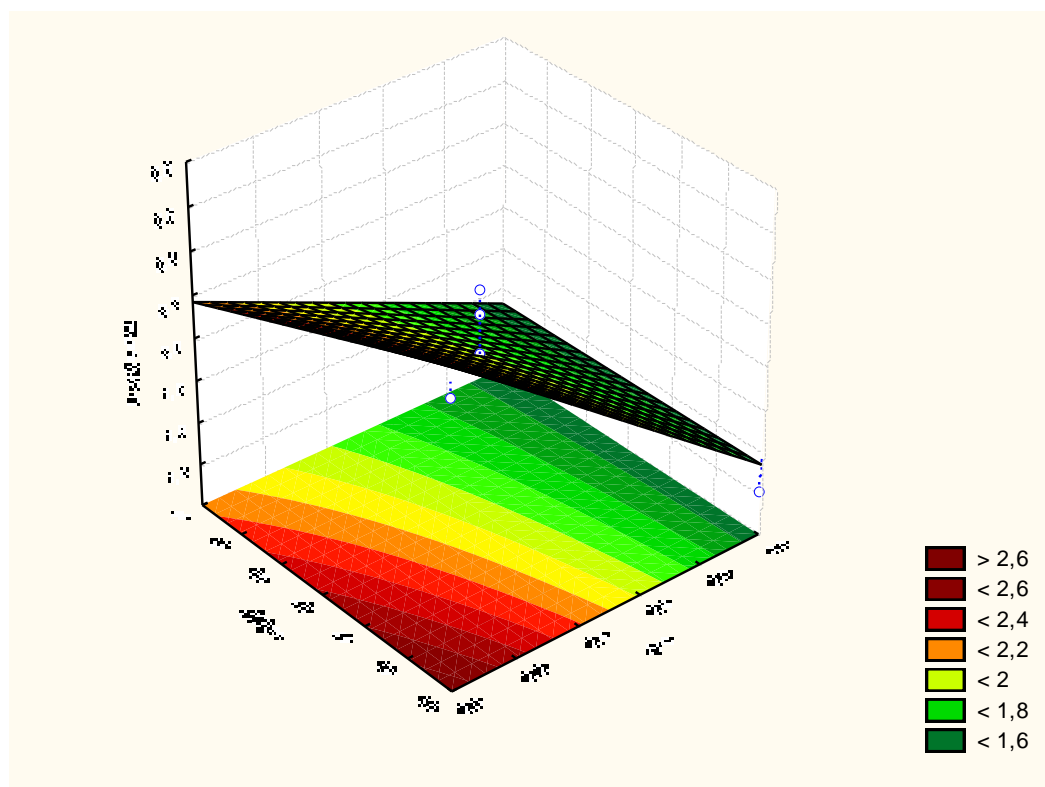


Figura 6: Superfície resposta do Planejamento Fatorial

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos na pesquisa, conclui-se que:

- A adição dos resíduos sólidos industriais possibilitou condições técnicas favoráveis para se produzir tijolos prensados de solo-cimento com qualidade;
- O aproveitamento dos resíduos sólidos industriais na fabricação de tijolos de solo-cimento pode configurar-se numa prática ecologicamente correta, pois pode contribuir para reduzir o volume de material descartado na natureza, reduzir a exploração dos recursos naturais, e assim contribuindo para a preservação do meio ambiente.

5. REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 10004** - Resíduos Sólidos: Classificação. São Paulo, 2004.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 07215** - Cimento Portland: determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996. 8 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 12023** - Solo-cimento: ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 1990. 9 p.

ANJOS, M. A. S.; Ghavami, K.; Barbosa, N. P. **Compósitos à base de cimento reforçado com polpa celulósica de bambu**. Parte II: Uso de resíduos cerâmicos na matriz. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, n.2, p.346-349, 2003.

Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais – ABIROCHAS (2004)
Rochas Ornamentais no século XXI – Situação Brasileira. São Paulo – SP.

RODRIGUES, M. L. A. (2008) **Adição de resíduos de argamassas mistas na produção de tijolos modulares de solo-cimento**. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) – Goiânia – GO, Universidade Federal de Goiás.

DOS REIS, Alessandra Savazzini; DE ALVAREZ, Cristina Engel. **A sustentabilidade e o resíduo gerado no beneficiamento das rochas ornamentais**.

GONÇALVES, Jardel Pereira. **Utilização do resíduo de corte de granito (RCG) como adição para produção de concretos**. 2000.