

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE LAPIDÁRIO NA FABRICAÇÃO DE CONCRETO DECORATIVO

G. B. Coelho; F. T. Vieira; S. C. Cabral;
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – Campus do
Mucuri Rua Marcelo Guedes, 268, Cidade Alta, Teófilo Otoni, Minas Gerais.
CEP: 39800-109. e-mail: stenio.cavalier@gmail.com

RESUMO

Verificar a viabilidade da completa substituição da areia natural pelo pó de lapidário e areia artificial (pó de pedra) em concreto, obtendo uma resistência maior que a utilizada nos traços convencionais utilizados por concreteiras, assim podendo ser utilizado na construção civil, e também na confecção de peças decorativas em concretos, viabilizando assim seu uso em ambientes mais arrojados.

INTRODUÇÃO

As atividades extrativas e industriais no setor de rochas ornamentais geram resíduos nos mais variados volumes, toxicidades e graus de aproveitamento. O acabamento final é a produção de joias personalizadas e outros serviços desenvolvidos por empresas denominadas lapidários, que também geram resíduos, dos quais a maior parte são fragmentos e pós de diversos tipos de rochas.

O presente trabalho faz um estudo da substituição da areia natural existente no concreto por um material alternativo: areia artificial (granulométrica maior) e pó de lapidário (granulométrica menor) que são descartados em abundância aqui na cidade de Teófilo Otoni - MG. Os cavacos maiores destas pedras são usados para produção de peças decorativas. O pó de lapidário é o rejeito do polimento das pedras semipreciosas da região e os cavacos são os rejeitos maiores também descartados na natureza.

Um dos fatores de grande impacto é que o pó de lapidário é descartado na maioria das vezes em redes de esgoto ou diretamente na natureza, desta

forma entupindo as tubulações das redes de esgoto e também poluindo o meio ambiente, quando o mesmo é descartado direto nos rios da cidade.

Os objetivos específicos são analisar o desempenho do concreto, com a substituição total de areia natural por resíduo de lapidário, quanto à resistência à compressão axial e a microestrutura e analisar a utilização dos rejeitos maiores dos lapidários como peça decorativa no concreto para a utilização em ambientes mais arrojados.

REVISÃO TEÓRICA

A lapidação de pedras preciosas e semipreciosas gera como rejeito o pó de lapidário que se acumula nas oficinas sem um destino certo, podendo ser despejado na natureza e provocar danos ao meio ambiente e à saúde humana. Por isso, este resíduo é o foco de nosso estudo.

As pesquisas referentes ao tema em questão são, ainda, escassas. Contudo, pode-se fazer uma analogia deste subproduto com um similar que possua características e propriedades semelhantes. Por o pó de lapidário ser em essência pó de pedra, as pesquisas relacionadas a resíduos de rochas ornamentais como granito e mármore podem ser usadas como referência para o nosso estudo.

O levantamento teórico oferece-nos informações relevantes como ciclo de vida dos materiais, suas utilidades e aplicações, composição, resistência, subproduto e ainda dispõe de dados que quantificam aspectos importantes acerca do produto e sua comercialização.

Quanto ao ciclo de vida do pó de pedra proveniente de rocas graníticas e de mármore sabemos, através de SILVA¹, que “a cadeia de rochas ornamentais se inicia normalmente nas pedreiras ou jazidas de onde são extraídas as rochas que são transportadas, geralmente em blocos, para as indústrias de beneficiamento, que são compostas por serrarias, responsáveis por desdobrar os mesmos em chapas, e as empresas de polimento, responsáveis para dar o acabamento final nas chapas. Após o desdobramento e polimento de chapas de rochas as mesmas são encaminhadas para as empresas responsáveis por cortar em pisos, ladrilhos, pias, bancadas e

diversos outros materiais para utilização geralmente na indústria da construção civil”.

Por outro lado, conforme afirma SILVA; LAMEIRAS², as etapas da cadeia produtiva de gemas joias e artefatos “se inicia com a identificação da ocorrência dos minerais-gema. Uma vez avaliado o potencial de exploração da ocorrência, é executada a lavra da ocorrência. Boas práticas de lavra são necessárias para otimização do trabalho e redução da geração de resíduos. O martelamento é a etapa onde se separam as partes da pedra sem defeitos visuais e que são mais adequadas para a lapidação. A irradiação das pedras marteladas é feita em irradiadores gama (no Brasil) ou com feixe de elétrons (fora do Brasil ou no Brasil, a partir de março de 2008). As pedras são expostas à radiação por um determinado tempo para adquirirem ou intensificarem as suas cores. Depois elas passam por um aquecimento ou exposição a raios ultravioleta para desenvolvimento de outras cores. As pedras coradas são então submetidas à lapidação, para então serem enviadas para a confecção de jóias. A última etapa dessa cadeia é o marketing”.

Em ambos os casos há a geração de lama que é constituída tanto pela rocha de origem na forma de pó quanto pelos componentes necessários para o trabalho e manuseio do material. No caso das rochas ornamentais, segundo SOUZA et. al.³, os resíduos na forma de lama são “ricos em óxidos como SiO₂, Al₂O₃, K₂O, Na₂O, Fe₂O₃ e CaO. Estes óxidos são normalmente encontrados nas matérias primas convencionais utilizadas na fabricação de produtos cerâmicos diversos para construção civil”. Complementando, no estudo de REIS; TRISTÃO⁴, constata-se que o “resíduo é constituído por pó de rocha acrescido de água no caso dos teares que usam fios diamantados, e no caso dos teares que utilizam lâminas metálicas, acrescenta-se também cal, granelha e fragmentos metálicos provenientes do desgaste das lâminas, formando assim a lama (polpa abrasiva), responsável por diversos problemas, principalmente ambiental”.

Já a composição da lama de lapidário temos, especificamente, os resultados da análise laboratorial de pó do lapidário da oficina do Isaac em que se predomina Fe e Mn ocorrendo também Zn e Cu. Além disso, encontram-se informações sobre a ocorrência de minerais-gemas na região do APL de Teófilo Otoni nos estudos de SILVA¹.

Esta cadeia produtiva gera rejeitos que são prejudiciais ao meio ambiente. De acordo com SANTOS; BORLINI⁵, “a produção brasileira de rochas ornamentais atingiu 8,9 milhões de toneladas em 2010. Sabe-se também, conforme afirma SILVA; LAMEIRAS², que somente no processo de desdobramento de rochas a quantidade de lama gerada é equivalente a 20 a 25% do bloco serrado.

240.000 toneladas por ano é a quantidade estimada de geração conjunta do resíduo de corte de mármore e granito distribuída entre ES, BA, CE, e PB (MOURA et. al.⁶). Como podemos ver em NOGUEIRA et. al.⁷, ocorre a deposição de rejeitos “sobre pequenas drenagens e nascentes de rios, assoreando diversos riachos e comprometendo assim os recursos hídricos locais e, no médio prazo, os recursos hídricos regionais”. Além de causar impactos ambientais negativos, uma vez que para se atingir a rocha é necessária a remoção de solo e vegetação.

Porém, a imposição de leis ambientais e movimentos ecológicos surge como uma necessidade de preservação. O Instituto Estadual do Meio Ambiente do Espírito Santo (IEMA) e a Lei 6938/1981 já atuam neste sentido estabelecendo normas para armazenamento de resíduos e incentivando pesquisas voltadas para proteção de recursos ambientais, respectivamente (SILVA¹).

Além do mais, destaca-se que “o pó produzido pela serragem das rochas causa uma doença chamada silicose, que é provocada pela poeira da sílica que aspirada pelo funcionário provoca fibrose intersticial no pulmão”⁸.

Em razão disso, procuram-se alternativas para destinação, redução e reciclagem do subproduto. As pesquisas apresentam 11 diferentes aplicações para o rejeito de pedra, britador e lapidário.

Para começar, tem-se que os subprodutos de extração de gemas podem ser utilizados para a produção de pedra composta feita de partículas minerais provenientes dos pegmatitos e resina de poliestireno SILVA; LAMEIRAS².

Outra proposta é o ecodesign em que resíduo de gemas é matéria prima para a produção de colares. No texto de BRUXEL et. al.⁹ há também o projeto contábil para a viabilização formal desse mercado de colares de gemas.

Verificando a composição do resíduo de granito (75,25% de sílica e 0,18% de cálcio), pode-se ajustar a composição química da escória de aciaria uma vez que ela possui alto teor de CaO e baixo teor de SiO₂ (SANTOS; BORLINI⁵).

Principalmente nos trabalhos de ALVES-2008, constata-se o aproveitamento dos resíduos de rochas ornamentais para melhorar o desempenho do concreto. Além disso, este material pode ser usado na área de construção civil ainda para a produção de cerâmica vermelha, argamassas e lajotas para piso.

Segundo SOUZA et. al.¹⁰, o filer constituído de cimento Portland, cal e resíduo de serragem de granito podem encher o concreto asfáltico.

“Os resíduos oriundos do corte de mármore podem ser adicionados à massa de produção de sabonetes esfoliantes, pois os resultados indicaram baixa perda de massa e alta estabilidade do produto final. No entanto, a utilização do resíduo fica limitada a 40% em massa, com tamanho de partícula de até 0,053 mm para que não haja irritabilidade dérmica. (OLIVEIRA, 2009)” do texto de SILVA¹.

Por sua composição química, os resíduos do corte de mármore e granito podem ser também usados para a fabricação de lã mineral como menciona RODRIGUES et. al.¹¹.

Por fim, o adubo é outra aplicação para o rejeito. Quanto à incorporação de pó de pedra no solo existem duas abordagens que garantem a sua fertilidade.

Na primeira, o pó de mármore constituído de CaCO₃ e MgCO₃ corrige a acidez do solo. Nos testes realizados com a cultura de milho houve elevação do ph e dos teores de Ca²⁺ e Mg²⁺, a neutralização de Al³⁺ e maior produção de massa seca e nutrientes, comparada a corretivos comerciais (BALDOTTO et. al.¹²).

Já na segunda abordagem, os testes foram realizados com o pinhão manso usando resíduo de rochas ornamentais associados com compostos orgânicos via compostagem. Nesse caso foi avaliada a disponibilidade de potássio no solo que, segundo CAZOTTI et. al.¹³, aumentou refletindo em maior produção de massa seca.

COSTA et. al.¹⁴ adverte que altos teores de ferro devido à presença de resíduos de granalha podem ser tóxicos.

Ademais, como se trata de um estudo de aproveitamento de pó de lapidário da região de Teófilo Otoni, não poderia deixar de lembrar da importância dos conhecimentos que dizem respeito a extração e comercialização de gemas na nossa região assim como a funcionalidade de Associações e APL's. O artigo "Pólo de gemas e jóias do estado de Minas Gerais" aponta para a grande desorganização, informalidade e vulnerabilidade quanto a isso, o texto começa da seguinte forma: "Sobre as características da região do Vale do Jequitinhonha (Araçuaí e Coronel Murta), Mucuri (Teófilo Otoni) e Rio Doce (Governador Valadares), o Diagnóstico Setorial de Gemas e Jóias do Nordeste de Minas Gerais assinala que: 'assentada numa das maiores províncias gemológicas do mundo, dada sua extensão e a diversidade de gemas que vão desde o diamante até a ametista e o citrino, tendo ainda dentro de suas fronteiras a produção de ouro aluvionar, além de diversos minerais industriais, esta região se constitui no maior paradoxo econômico-social, pois é a região mais pobre do Estado de Minas Gerais' "¹⁵.

METODOLOGIA

O traço utilizado no preparo dos corpos de prova foi o traço comercial da Pedreira e Concreteira Um Valemix da cidade de Teófilo Otoni – MG para concreto de fck de 20 MPa.

O pó de lapidário e os rejeitos maiores foram fornecidos pela Oficina de Lapidação do Isaac. A areia artificial foi obtida com a contribuição da Pedreira e Concreteira Um Valemix.

Para execução do traço, utilizou-se como agregado miúdo pó de lapidário e areia artificial em substituição de 100% da areia natural, em proporção respectiva de 40% e 60%; como agregado graúdo, utilizou-se brita "1" e cimento portland CII-E-32RS ambos fornecidos pela Universidade Presidente Antônio Carlos (UNIPAC) – Campus de Teófilo Otoni.

O teor de argamassa do traço é de 54% e o fator água/cimento de 9%.

O traço foi rodado em betoneira CS145. Em substituição do índice de remoldagem de Powers, foi utilizado o “Slump Test” para avaliar a trabalhabilidade do concreto.

Foram preparados seis corpos de provas cilíndricos de 10x20 cm com duas camadas de 12 golpes para serem rompidos em pares para uma análise comparativa aos 7, 14 e 28 dias.

Para confecção das peças decorativas em concreto foram feitas duas tentativas realizadas no laboratório de engenharia civil da Universidade Presidente Antônio Carlos (UNIPAC) – Campus de Teófilo Otoni.

Para confecção das peças foi produzida uma fôrma metálica de 25x10x5 cm.

Na primeira tentativa, utilizou-se o concreto deste trabalho especificado acima que foi colocado primeiro. Depois, incrustou-se os cavacos em cima homogeneamente.

Na segunda tentativa, utilizou-se concreto com agregados de brita “1” e areia natural e o cimento foi o portland CII-E-32RS. Colocou-se primeiro os pedaços de pedras semipreciosas no fundo da forma, homogeneamente, fixados com cola tenaz. Em seguida, adicionou-se o concreto.

Em ambas as tentativas, foram confeccionadas duas lajotas e o tempo de cura foi de 28 dias.

Para retirar a camada de concreto superficial e enaltecer o brilho das pedras, a peça foi lixada com lixas d’água Norton e Carborundum de granulometrias: 80, 100, 120, 150, 180, 220, 320, 360, 400 e 600 mesh. Luvas e máscara foram usadas para proteção durante o trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela I mostra a composição dos metais presentes no pó de lapidários, em mg/kg (ppm).

Tabela I – Análise foliar

Cu	Fe	Mn	Zn
42	4310	288	27

A tabela II mostra a resistência à compressão axial dos corpos de prova após 7, 14, 28 dias de cura.

A figura 1 mostra a evolução da resistência à compressão em MPa.

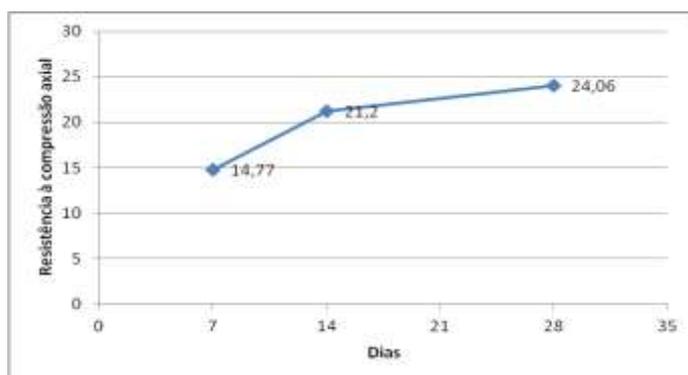


Figura 1 – Evolução da resistência à compressão axial

Tabela II – Resistência à compressão axial

Corpo de Prova	Dias de Cura	Força (MN)	Área (m ²)	Pressão (MPa)
1	7 dias	0,112	0,007854	14,26
2		0,12	0,007854	15,28
3	14 dias	0,165	0,007854	21,01
4		0,168	0,007854	21,39
5	28 dias	0,2	0,007854	25,46
6		0,178	0,007854	22,66

A partir do “*Slump Test*”, realizado de acordo com a NBR 7223^[16], obteve-se a consistência do concreto. A tabela III mostra a classificação da consistência do concreto.^[17]

Tabela III consistência do concreto conforme abatimento ^[2]

Consistência	Abatimento (cm)
Seca	0 a 2
Firme	2 a 5
Média	5 a 12
Mole	12 a 18
Fluida	18 a 25

O resultado do abatimento foi de 11,5 cm, demonstrando que o concreto possui consistência média.

A figura 2 mostra a rede de poros formada após o rompimento do corpo de prova de 7 dias.



Figura 2 – Rede de poros após 7 dias

A consistência do concreto obtida foi satisfatória, sendo concisa e homogênea, com poucos poros em sua estrutura. A resistência obtida foi maior do que a esperada de 20 MPa, demonstrando a viabilidade da substituição da areia natural em 100% pela areia artificial e pó de lapidário.

A figura 3 mostra que o aspecto do concreto (1ª tentativa) antes do polimento é mais rústico, mas podemos ver algumas pedras de cores diferentes aparecendo.



Figura 3 – Concreto antes do polimento (1ª tentativa)

A figura 4 mostra que o concreto (1ª tentativa) após ser lixado ainda apresenta muitas imperfeições devido aos diferentes níveis e ângulos dos cavacos fixados. Uma das pedras situada numa profundidade maior criou superfície de clivagem em uma das amostras que, conseqüentemente, quebrou-se.



Figura 4 – Concreto depois do polimento (1ª tentativa)

A figura 5 mostra que depois do polimento o concreto (2ª tentativa) ficou bem homogêneo com uma aparência muito bonita onde também as pedras semipreciosas ficaram bem fixadas não sendo arrancadas no momento do polimento.



Figura 5 – Concreto após o polimento (2ª tentativa) seco e molhado

Na figura 6, a superfície que forma o mosaico (2ª tentativa) foi envernizada com verniz Sparlack Premium que mudou a coloração para um tom mais amadeirado. As vantagens percebidas está na textura e proteção da peça.



Figura 6 – Concreto polido e envernizado (1ª tentativa)

CONCLUSÕES

As experiências bem-sucedidas de desenvolvimento de produtos para a construção civil com resíduos incorporados são impulsionadas, principalmente, pela legislação ambiental, e há uma verdadeira política visando reduzir a eliminação direta de resíduos descartados direto na natureza.

Do trabalho realizado relacionando a utilização de resíduos de pós de lapidário e areia artificial (pó de pedra), verificou-se que a utilização dos mesmos para a produção de concreto teve bons resultados, obtendo uma resistência maior que a utilizada nos traços da concreteira que forneceu o traço para análise, assim podendo ser utilizado na construção civil.

Além disso, os resíduos da lapidação também podem ser utilizados na confecção de peças decorativas em concretos para ambientes abertos ou fechados, públicos ou privados onde se procura um visual arrojado e ambientalmente saudável.

PALAVRAS-CHAVE

Resíduo de pó de lapidário

Concreto

Areia artificial

Pedras semipreciosas

Mosaico de pedras

REFERÊNCIAS

1. SILVA, A. A. A.. Gestão de resíduos na indústria de rochas ornamentais, com enfoque para a lama abrasiva. 2011.
2. SILVA, E. C.; LAMEIRAS, F. C.. Utilização dos resíduos da extração de gemas no APL de gemas, jóias e artefatos de pedra de Teófilo Otoni.
3. SOUZA, A. J.; PINHEIRO, B. C. A.; HOLANDA, J. N. F.. Efeito da adição de resíduo de rocha ornamental nas propriedades tecnológicas e microestrutura de piso cerâmico vitrificado. 2011.
4. REIS, A. S.; TRISTÃO, F. A.. Análise de argamassas com resíduos de corte de rochas ornamentais.
5. SANTOS, L. G.; BORLINI, M. C.. Estudo da ferramenta ACV voltado para o setor de rochas ornamentais. 2011.
6. MOURA, W. A.; GONÇALVES, J. P.; LEITE, R. S.. Utilização do resíduo do corte de mármore e granito em argamassas de revestimento e confecção de lajotas para pisos. 2002.
7. NOGUEIRA, R. E. F. Q.; ARGONZ, R.; MATTOS, I. C.; CORDEIRO, E. R.. Caracterização de resíduos provenientes da extração de granitos da Serra da Meruoca (CE) visando seu aproveitamento como matéria-prima cerâmica. 2006.
8. A INOVAÇÃO tecnológica no setor de rochas ornamentais: uma solução para redução dos rejeitos do processo produtivo no meio ambiente.
9. BRUXEL, E.; ETCHEPARE, H. D.; BRANDT, E. A.. Viabilidade econômica de utilização do ecodesign na diminuição do impacto ambiental no beneficiamento de gemas. 2008.
10. SOUZA, J. N.; RODRIGUES, J. K. G.; SOUZA NETO, P. N.. Utilização do resíduo proveniente da serragem de rochas graníticas como material de enchimento em concreto asfálticos usinados a quente.
11. RODRIGUES, G. F.; ALVES, J. O.; TENÓRIO J. A. S.; ESPINOSA, D. C. R.. Estudo de resíduo de rochas ornamentais para a produção de materiais vítreos. 2011.
12. BALDOTTO, M. A.; ASPIAZÚ, I.; SILVA, A. P.; CORRÊA, M. L. T.; VENEGAS, V. H. A.. Potencialidades agronômicas do resíduo de rochas ornamentais. 2007.

13. CAZOTTI, M. M.; RIBEIRO, R. C. C.; MACHADO, L. V.; MACHADO, R. V.; ANDRADE F. V.. Resíduos de rochas ornamentais associados à compostagem e liberação de potássio no solo e o desenvolvimento do pinhão manso.

14. COSTA, A. S. V.; HORN, A. H.; DONAGEMMA, G. K.; SILVA, M. B.. Uso do resíduo de granito oriundo da serraria e polimento como corretivo e fertilizante de solos agrícolas.2010.

15. PÓLO de gemas e jóias do estado de Minas Gerais.

16. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10520: determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. 1992.

17. MENOSSI, R. T.. Utilização do pó de pedra basáltica em substituição à areia natural do concreto. 2004.