

Aproveitamento do resíduo do beneficiamento de rocha ornamental em ladrilho hidráulico piso tátil

Utilization of residue from the processing of ornamental rock in hydraulic tile tactile floor

DOI: 10.55905/rdelosv16.n42-001

Recebimento dos originais: 05/12/2022

Aceitação para publicação: 04/12//2022

Cássio de Oliveira Ferreira

Graduado em Engenharia Civil

Instituição: Universidade de Vila Velha (UVV- ES)

Endereço: Vila Velha - ES, Brasil

E-mail: cassiooliveiraferreira@gmail.com

Maria Aparecida Nogueira Campos

Mestre em Construção Civil

Instituição: Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

Endereço: Vitória - ES, Brasil

Sarah Santos Barros

Graduada em Engenharia Civil

Instituição: Universidade de Vila Velha (UVV- ES)

Endereço: Vila Velha - ES, Brasil

RESUMO

O Brasil é um dos países que mais beneficia rochas ornamentais no mundo, grande parte dessa produção se concentra nos Estados do Espírito Santo e Minas Geras. A lama de beneficiamento de rochas ornamentais (LBRO) é produzida no corte e polimento das rochas já laminadas, e é considerada tóxica e prejudicial ao meio ambiente. Este trabalho teve como objetivo a análise do aproveitamento da LBRO, na fabricação do ladrilho hidráulico piso tátil. O resíduo foi utilizado em porcentagens de 10, 20, 30 e 40% em substituição ao cimento que age como aglomerante na composição do ladrilho hidráulico. Foram analisados, por meio de ensaios em laboratórios, os aspectos físicos, geométricos e mecânicos dos ladrilhos, por meio dos ensaios dimensionais, absorção e resistência à flexão, entre as diferentes porcentagens da LBRO. Os resultados obtidos foram comparados com os valores limites estabelecidos pelas normas brasileiras. Neste trabalho, foi possível perceber que a aplicação da LBRO na porcentagem de 30% é viável para fins de fabricação de ladrilhos hidráulicos pisos táteis, levando em consideração seus resultados de resistência à flexão, absorção e análises dimensionais.

Palavras-chave: rochas ornamentais, resíduo, piso tátil.

ABSTRACT

Brazil is one of the countries that most benefit ornamental rocks in the world, most of this production is concentrated in the states of Espírito Santo and Minas Gerais. The sludge from processing of ornamental rocks (SOSP) is produced when cutting and polishing the already rolled rocks, and is considered toxic and harmful to the environment. The objective of this work was to analyze the use of SOSP in the manufacture of tactile floor tiles. The residue was used in percentages of 10, 20, 30 and 40% to replace the cement that acts as a binder in the composition of hydraulic tile. The physical, geometric and mechanical aspects of the tiles were analyzed by means of laboratory tests, through dimensional tests, absorption and flexural strength, between the different percentages of SOSP. The results obtained were compared with the limit values established by Brazilian standards. In this work, it was possible to realize that the application of SOSP in the percentage of 30% is feasible for the manufacture of tile hydraulic tiles tactile floors, taking into account their results of flexural strength, absorption and dimensional analysis.

Keywords: ornamentais rocks, residue, tactile flooring.

1 INTRODUÇÃO

O beneficiamento de rochas ornamentais refere-se ao desdobramento de materiais brutos, extraídos nas pedreiras geralmente em forma de blocos. Os blocos são beneficiados, sobretudo através da serragem (processo de corte) em chapas, por teares, para posterior acabamento e esquadrejamento até sua dimensão final. Na Figura 1 pode-se observar exemplos de granitos encontrados no Espírito Santo.

Figura 1 - Variedade de cores e desenhos de mármores granitos do Estado do Espírito Santo



Fonte: SARDOU FILHO, 2013

Uma das principais preocupações, segundo Braga *et all* (2010), é a grande quantidade de resíduos gerados no beneficiamento, dados mostram que cerca de 1/3(um terço), em peso seco, da rocha ornamental é transformada em resíduo. Outra preocupação é a contaminação que esses resíduos podem causar ao meio ambiente, contaminando lençóis freáticos.

Considerando o crescimento da demanda das prefeituras municipais brasileiras, dos governos estaduais e federais, na utilização de ladrilhos hidráulicos, pisos táteis em calçadas acessíveis; uma das soluções propostas é o uso da LBRO na fabricação desses pisos táteis, verificando se ele atende à norma da ABNT NBR 9457:2013 que especifica os requisitos para o ladrilho hidráulico. A Figura 2 motra calçada cidadã ou calçada acessível, com uso do ladrilho hidráulico piso tátil.

Figura 2 – Calçada acessível com uso de ladrilhos Hidráulicos pisos táteis



Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DE VILA VELHA, 2015

2 OBJETIVO

Verificar se o ladrilho hidráulico piso tátil, fabricado com resíduos de beneficiamento de rochas, atendem aos requisitos mínimos necessários para s sua utilização.

3 ESTUDO DE CASO

3.1 AMOSTRAGEM

A coleta da LBRO foi realizada em agosto de 2016, em uma empresa beneficiadora de rochas ornamentais do Estado do Espírito Santo, e o granito escolhido foi o “Siena Bege”.

3.2 ANÁLISE FÍSICA DA LBRO

Os ensaios foram realizados no laboratório de materiais da Universidade Vila Velha (UVV), onde a LBRO foi caracterizada por meio dos meios de massa específica, tempo de pega, expansibilidade, e determinação da finura.

3.3 MATERIAIS UTILIZADOS NA FABRICAÇÃO DO LADRILHO HIDRÁULICO

Para a fabricação do ladrilho hidráulico piso tátil deste artigo, utilizou-se o traço de Reis (2008), composto por cimento Portland, areia média e água. Sendo o Cimento Portland CPIII 40 usado como aglomerante, e de acordo com o fabricante segue as exigências da NBR 11579: 2012, atendendo ao nível de finura exigido para cimentos. Além disso, a areia média possuía um diâmetro máximo de 0,42mm a 2 mm.

3.4 PROPORÇÃO DOS MATERIAIS UTILIZADOS

A LBRO foi adicionada ao traço nas proporções de 0%, 10%, 20%, 30% e 40% em substituição ao cimento. Neste trabalho, o ladrilho hidráulico piso tátil foi fabricado com apenas uma camada e moldado por vibração. A Tabela 1 apresenta os traços, em massa, necessários para fabricação de doze peças de 200x200mm, para cada uma das quatro porcentagens da LBRO.

Tabela 1 - Traço de materiais segundo as porcentagens da LBRO

Porcentagem da LBRO	Cimento(kg)	LBRO(kg)	Areia (kg)	Água (kg)
0%	2	0	6	0,5
10%	1,8	0,2	6	0,5
20%	1,6	0,4	6	0,5
30%	1,4	0,6	6	0,5
40%	1,2	0,8	6	0,5

Fonte: Autores, 2016

3.5 PRODUÇÃO DO LADRILHO HIDRÁULICO PISO TÁTIL

Os materiais foram misturados, homogeneizados e a massa produzida foi colocada nos moldes com dimensões de 200x200mm, seguindo as especificações da NBR 9050:2015. A Figura 3 ilustra o preenchimento manual das formas sobre a mesa vibratória.

Figura 3 – Preenchimento das formas



Fonte: Autores, 2016

3.6 RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICAS

Massa Específica: Os valores da massa específica encontrados neste trabalho são ilustrados na Tabela 2, e situam-se dentro do intervalo de 2,71 a 2,93 g/cm³, semelhantes aos valores encontrados em Reis (2008).

Tabela 2 – Ensaio massa específica da LBRO

Percentual da LBRO	Massa Específica (g/cm ³)
0%	2,88
10%	2,93
20%	2,90
30%	2,71
40%	2,88

Fonte: Autores, 2016

Tempo de pega: Os tempos de pega não puderam ser definidos, pois após 26(vinte e seis) horas de ensaio não apresentou nenhum endurecimento. Isso ocorreu provavelmente pelo fato das características da LBRO serem diferentes do cimento.

Expansibilidade: Também não pôde ser definida, provavelmente pela mesma razão do tempo de pega.

Finura: A determinação da finura apresentou um percentual de 1,006% de finura, ou seja, trata-se de um material pulverulento (partículas de dimensão inferior a 0,075mm).

3.7 RESULTADOS DAS PROPORÇÕES DOS MATERIAIS UTILIZADOS

Após a secagem dos ladrilhos com 40% de substituição, aparentaram estar frágeis e três amostras quebraram na retirada da forma. Partes dos ladrilhos ficaram porosos e quebradiços e a parte inferior dos ladrilhos esfarelava facilmente.

Os ladrilhos com 30%, apresentavam menor porosidade e foram desformados facilmente. A parte inferior do ladrilho também esfarelou facilmente.

Com 20% de substituição, os ladrilhos apresentavam baixa porosidade, e desformavam facilmente. Algumas trincas foram encontradas em um corpo de prova.

Os corpos de prova com 10%, apresentavam poucos poros e desformaram facilmente, as quinas dos ladrilhos apresentaram fragilidade e também esfarelaram.

Os ladrilhos sem LBRO desformaram facilmente, e apresentavam pouca porosidade seu acabamento superficial era menos liso em relação aos demais.

A Figura 4 ilustra a diferença entre os ladrilhos com as respectivas porcentagens, da esquerda para direita estão posicionados os ladrilhos de 0, 10, 20, 30, 40 %.

Figura 4 – Ladrilhos produzidos com 0, 10, 20, 30 e 40% de LBRO



Fonte: Autores, 2016

3.8 RESULTADOS DAS CARACTERÍSTICAS DO LADRILHO HIDRÁULICO PISO TÁTIL

Absorção: Verificou-se que as amostras dos ladrilhos com 40% de LBRO apresentaram os maiores valores de absorção de água (10,72%), este fato pode ter ocorrido devido à grande exsudação ocorrida na vibração durante sua fabricação que gerou grande porosidade. Os ladrilhos com 10% da LBRO apresentaram os menores valores de absorção (7,84%). A NBR 13818:1997 impõem limites máximos de 10% de absorção para os corpos de prova, sendo assim os ladrilhos de 40% ficariam reprovados neste quesito. A Tabela 3 mostra os resultados obtidos.

Tabela 3 – Resultados obtidos para determinação da absorção

Percentual de LBRO	Nº de corpos de prova	Média de Absorção (%)
0%	10	8,07
10%	10	7,84
20%	10	8,51
30%	10	9,06
40%	10	10,72

Fonte: Autores, 2016

Carga de Ruptura(CR) e Módulo de Ruptura à Flexão(MRF): Observa-se pela Tabela 4 que os maiores valores de CR e MRF encontrados foram da média dos ladrilhos com 30% de LBRO, respectivamente 487,35N e 1,95MPa.

Tabela 4 – Resultados obtidos para determinação da carga de ruptura

Percentual de LBRO	Nº de corpos de prova	Média CR (N)	Média MRF (MPa)
0%	7	461,97	1,87
10%	7	281,25	1,12
20%	7	348,45	1,42
30%	7	487,35	1,95
40%	7	264,73	1,11

Fonte: Autores, 2016

Considerando a norma NBR 13818:1997 que determina um limite mínimo de 800N para média de carga de ruptura dos corpos de prova e 3,5 MPa para módulo de ruptura a flexão, os valores atingidos pelos ladrilhos neste trabalho, estão abaixo do especificado. Os baixos valores de carga de ruptura encontrados podem estar relacionados ao grande número de poros presentes

nos ladrilhos. O alto teor de material pulverulento presente no ladrilho também pode influenciar na baixa carga de ruptura, e o processo de fabricação manual é um fator que também pode ter influenciado.

3.8.1 Características dimensionais

-A Tabela 5 apresenta os resultados da modulação dos ladrilhos fabricados neste trabalho, e os limites estabelecidos por norma. Pode-se observar que os diâmetros da base e do topo encontrados, foram maiores que os especificados na NBR 9050:2015. Nos demais ensaios, as dimensões encontradas atendem à norma.

Tabela 5 – Resultados da modulação dos ladrilhos

Ensaio dimensionais NBR 9050:2015	Limites estabelecidos em mm	0% LBRO	10% LBRO	20% LBRO	30% LBRO	40% LBRO
Diâmetro da base do relevo	22-30	32,61	33,70	32,84	32,21	31,98
Diâmetro do topo do relevo	11-20	32,28	33,11	32,45	33,03	31,32
Distância horizontal do centro do relevo	42-53	48,77	49,04	48,12	47,89	49,01
Distancia diagonal do centro do relevo	60-75	72,13	72,85	71,88	73,04	71,21
Altura do relevo	3-5	3,74	3,62	4,03	3,89	3,94
Distância do eixo da 1ª linha de relevo até a borda do piso	21-27	24,17	25,03	24,89	25,43	26,63

Fonte: Autores, 2016

-A Tabela 6 apresenta os resultados das seguintes características dimensionais: espessura, comprimento e largura; e os limites estabelecidos pela Norma NBR 9457:2013, para cada proporção de LBRO. Os resultados dimensionais de espessura, comprimento e largura apresentaram resultado satisfatório, ficando todos dentro dos limites exigidos pela norma.

Tabela 6 – Resultado das medições dos ladrilhos fabricados

Ensaio dimensionais	Limites exigidos pela NBR 9457:2013	0% LBRO	10% LBRO	20% LBRO	30% LBRO	40% LBRO
Espessura	(18 a 20)±1	19,17	19,16	19,10	19,39	19,26
Comprimento	Comprimento máximo 400 mm tolerância ±3mm	199,60	200,14	199,38	199,34	199,40
Largura	Largura mínima 100mm tolerância ±3mm	199,47	199,88	199,57	200,10	199,58

Fonte: Autores, 2016

-A Tabela 7 ilustra a determinação dos valores de retitude dos lados, ortogonalidade dos lados, curvatura central, curvatura lateral e empeno. Todos os resultados encontrados atendem aos parâmetros exigidos pela NBR 13818:1997

Tabela 7 – Resultado das medições dos ladrilhos fabricados

Percentual de LBRO (%)	Retitude dos lados (mm)	Ortogonalidade dos lados (mm)	Curvatura central (mm)	Curvatura lateral (mm)	Empeno (mm)
Tolerâncias (mm) da norma	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
0	0,207	0,206	0,15	0,07	0,17
10	0,210	0,207	0,09	0,13	0,08
20	0,209	0,223	0,17	0,09	0,11
30	0,189	0,231	0,14	0,21	0,06
40	0,224	0,207	0,15	0,08	0,05

Fonte: Autores, 2016

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseado nos resultados encontrados, os ladrilhos hidráulicos não atenderam a alguns requisitos.

Com relação aos valores da modulação dos ladrilhos, os diâmetros da base e do topo encontrados, não atendem aos especificados. Nos demais ensaios, as dimensões encontradas atendem à norma.

Os resultados dimensionais de espessura, comprimento e largura analisados apresentaram um resultado satisfatório, ficando todos dentro dos limites exigidos.

Os dados analisados de retitude dos lados, ortogonalidade dos lados, curvatura central, curvatura lateral e empeno; atendem aos parâmetros exigidos.

Verificou-se que nos aspectos relacionados com as características dimensionais, os ladrilhos apresentaram uma uniformidade nos resultados, o que é um ponto positivo ao processo de fabricação.

Com relação aos ensaios de resistência à flexão, as médias dos valores encontrados de CR e MRF para as amostras de 30%, atingiram os maiores valores, se comparadas com as outras porcentagens, inclusive a amostra sem a LBRO.

A norma NBR 13818:1997 determina um limite mínimo de 800N para CR, 3,5 MPa para MRF. Os valores atingidos pelos ladrilhos fabricados estão abaixo do especificado, esses valores encontrados podem estar relacionados: ao grande número de poros presentes nos ladrilhos, ao alto teor de material pulverulento presente no ladrilho, e provavelmente ao processo de fabricação realizado neste trabalho.

É importante ressaltar para estudos futuros: que os padrões de fabricação devem ser aprimorados; e sugere-se a utilização de diferentes traços para uma mesma porcentagem de LBRO.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050**: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9457**: Ladrilhos Hidráulicos para pavimentação –Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11579:2012**: Cimento Portland -Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13818**: Placas para revestimento- Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 1997.

BRAGA, Florindo dos Santos; BUZZI, Daniella Cardoso; COUTO, Maria Claudia Lima Couto; LANGE, Liséte Celina. **Caracterização ambiental de lamas de beneficiamento de rochas ornamentais**. Eng Sanit Ambient, v. 15, n. 3, p. 237-244, 2010.

PMVV(PREFEITURA MUNICIPAL DE VILA VELHA).**Calçada Legal**. Disponível em: <http://www.vilavelha.es.gov.br/midia/paginas/Anexo_unico_calcada_legal>. Acesso: em 20 de maio de 2016.

REIS, Alessandra Savazzini. **Estudo do aproveitamento do resíduo de beneficiamento de rochas ornamentais na fabricação de ladrilho hidráulico piso tátil**. 2008. 218f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008.

SARDOU FILHO, Ruben. **Atlas de rochas ornamentais do estado do espirito santo**. Ministério de minas e energia, Brasília. 358 p. 2013