

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS EM LADRILHO HIDRÁULICO*

Alessandra Savazzini-Reis¹

Diana Malfer Andrade²

Alana Franzin Fagundes²

Rodolfo Giacomim Mendes de Andrade³

Resumo

O aproveitamento de resíduos industriais, que atualmente são descartados e poderiam ser redirecionados para produção de novos materiais pode ser uma das alternativas na busca pela sustentabilidade. Nesse contexto, as indústrias de rochas ornamentais e de marcenaria do Espírito Santo apresentam grande produção e desenvolvimento tecnológico, entretanto geram resíduos em grande volume em suas etapas produtivas que podem ser aproveitados como matérias-primas secundárias em materiais de construção. Com isso, o objetivo do trabalho é estudar o aproveitamento de resíduos da indústria de rochas e de marcenaria em ladrilho hidráulico vibrado, que teve seu uso expandido em calçadas para atendimento a NBR 9050. Foram testadas argamassas cimentícias para moldagem do ladrilho hidráulico vibrado com resíduo de granito e resíduo de marcenaria. As peças foram conformadas por vibração e submetidas à cura para avaliação da resistência à flexão e da absorção de água. Os resultados indicam viabilidade técnica de uso dos resíduos em ladrilho hidráulico, em teores de até 50% para o resíduo de rochas e teor máximo de 5% para o resíduo de marcenaria.

Palavras-chave: Ladrilho hidráulico; Resíduo de granito; Resíduo de marcenaria.

USE OF WASTES IN HYDRAULIC TILE

Abstract

The use of industrial waste, which is currently discarded and could be redirected to produce new materials, can be one of the alternatives to seek sustainability. In this context, the ornamental stone and carpentry industries of Espírito Santo have great production and technological development, but generate large volume waste in their productive stages that can be used as secondary raw materials in construction materials. With this, the objective of this research is to study the use of wastes from the ornamental stone and carpentry industries in vibrated hydraulic tile, which had its expanded use on sidewalks to meet NBR 9050. Cement mortars were tested for molding the vibrated hydraulic tile with granite waste and joinery waste. The pieces were shaped by vibration and subjected to curing to evaluate the flexural strength and the water absorption. The results indicate technical feasibility of using the wastes in hydraulic tile, in contents of up to 50% for the granite waste and maximum limit of 5% for the joinery waste.

Keywords: Hydraulic tile; Granite waste; Joinery waste.

¹ Engenheira Civil, Doutora, professora, Coordenadoria de Edificações, IFES, Vitória, ES, Brasil.

² Arquiteta e Urbanista, ES, Brasil.

³ Engenheiro Civil, Mestre, professor, Coordenadoria de Edificações, IFES, Vitória, ES, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

O aproveitamento de resíduos industriais, que atualmente são descartados e poderiam ser redirecionados para produção de novos materiais pode ser uma das alternativas na busca pela sustentabilidade. Nesse contexto, as indústrias de rochas ornamentais e de marcenaria do Espírito Santo apresentam grande produção e desenvolvimento tecnológico, entretanto geram resíduos em grande volume em suas etapas produtivas que podem ser aproveitados como matérias-primas secundárias em materiais de construção.

A indústria de móveis apresenta grande desenvolvimento ao longo do tempo com a evolução da técnica e da arte de trabalhar a madeira surgindo várias aplicações, mas com isso gerando grandes áreas de desmatamentos [1]. As madeiras nativas do Brasil têm sido substituídas por madeiras reflorestáveis, como o pinus e o eucalipto, e por chapas e painéis de madeira reconstituída, destacando-se o medium density fiberboard (MDF) em função do aumento das restrições ambientais. A indústria moveleira brasileira se caracteriza pelo predomínio de pequenas e médias empresas, sendo que os móveis de madeira representam 80% do mercado total. A produção do setor de móveis brasileiro foi de 430,6 milhões de peças em 2016 ocupando o 5º lugar como produtor mundial [2]. A estimativa anual de geração do resíduo de madeira no Brasil é de 30 milhões de toneladas, sendo 91% do resíduo proveniente da indústria madeireira, 6% da construção civil e 3% do meio urbano [3]. Grande parte desse resíduo é descartado a céu aberto [4], ou disposto inadequadamente no solo, o que pode acarretar contaminação ambiental [5].

Já, as rochas ornamentais brasileiras são extraídas e beneficiadas para exportação e consumo interno, em especial na construção civil. Em 2018, a indústria brasileira de rochas ornamentais produziu 9,0 milhões de toneladas de rochas e exportou 2,2 milhões de toneladas, sendo o Espírito Santo responsável por 1,65 milhão de toneladas [6]. Com isso, foram gerados 3,26 milhões de toneladas de resíduos de rochas, que podem alterar a turbidez em cursos d'água e causar a diminuição da permeabilidade do solo se dispostos de forma inadequada; além de serem responsáveis por altos custos de transporte e armazenagem em aterros industriais. Nesse sentido, o trabalho visa estudar o aproveitamento do resíduo de granito e do resíduo de marcenaria como matérias-primas do ladrilho hidráulico vibrado.

1.1 Ladrilho hidráulico vibrado

O ladrilho hidráulico é uma placa cimentícia usada em revestimento de parede e de pisos interno e externo, sendo composto por cimento Portland, agregados e água, sendo permitido o uso de aditivos e pigmentos [7]. As peças produzidas devem ter comprimento máximo de 400 mm, largura mínima de 100 mm e espessura mínima de 18 mm e no caso do tipo “piso tátil” é composto por relevos tronco-cônicos com 3 a 5 mm de altura detectáveis pelo contraste tátil [8], que servem de alerta ou linha guia para orientação a pessoas com deficiência visual atendendo ao especificado na NBR 9050/2015 [9]. O ladrilho hidráulico tem sido muito usado como piso tátil em calçadas além de servir de elemento decorativo em muitos projetos de arquitetura nos revestimentos de piso e de parede.

1.2 Uso do resíduo de marcenaria

O resíduo de madeira substituindo a areia em argamassas cimentícias tem sido pesquisado e os resultados mostram que resistência mecânica, massa específica diminuem enquanto absorção de água e índice de vazios aumentam com o aumento do teor de resíduo, de chega a cerca de 10%. Em geral é feito o uso de aditivo acelerador ou o modificador da trabalhabilidade para diminuir os efeitos negativos que o resíduo de madeira provoca no cimento Portland, tal como, o aumento do tempo de pega [10,11]. Em testes do resíduo de madeira em argamassa nos traços de 1:1 a 1:3 (cimento:areia) substituindo a areia em teores 2% a 5% (massa), o valor da resistência à compressão mais próximo da referência foi obtida no traço 1:3 em até 5% de resíduo [12,13]. No concreto de cimento Portland, o resíduo também ocasiona perda na resistência mecânica [14]. Em contrapartida, o resíduo de madeira atuando como agregado miúdo nas argamassas e blocos gera boa retenção de ruído e energia térmica [15,16]. Já a granulometria do resíduo de madeira pode influenciar a densidade e a resistência mecânica da argamassa cimentícia, o intervalo de tamanho de partículas de 1,7 mm a 0,85 mm do resíduo de madeira comparado ao intervalo de 0,50 mm a 0,25 mm, apresentou melhores resultados na produção de composto cimento-madeira [17]. O pó de madeira substituiu a areia em argamassas para fabricação de blocos de alvenaria nos traços 2:1 e 3:1 (massa), a absorção de água, a massa específica e a capilaridade dos corpos de prova foram medidas e chegaram bem próximas dos valores de referência [4].

1.3 Uso do resíduo de granito

O resíduo de granito na forma de lama proveniente do corte dos blocos em chapas nos teares após a secagem se torna um pó muito fino, que pode representar 30% do volume do bloco cortado [18,19]. Em função de suas características e dos métodos de disposição final o resíduo pode ser responsável por diversos problemas principalmente ambientais [20-22]. O resíduo tem sido estudado em várias aplicações, tais como, em argamassa cimentícia [21,23-25]; argamassa colante [26], concreto, ladrilho hidráulico, bloco cimentício e de concreto para alvenaria e piso intertravado [23,24,27-36,38]. As pesquisas confirmam a ação do resíduo, como um filer, que colmata os poros na matriz do material aumentando a densidade e resistência mecânica. Isso ocorre por meio da ação física de empacotamento granulométrico que o resíduo promove [39]. Blocos foram moldados com resíduo substituindo cimento [28] e areia [34], os resultados indicaram que a substituição de 10% de cimento e de 15% de areia em cada pesquisa promoveu melhoria na resistência mecânica. O resíduo foi testado em ladrilho hidráulico substituindo areia, a maior resistência mecânica e menor teor de absorção de água ocorreram nos teores de 20%[33] e 28%[23]. A substituição do cimento por resíduo em argamassa foi estudada nos teores de 10% e 20%, o que promoveu perda de resistência à compressão [24,25], o que deve ter sido ocasionado pela falta de interação química entre resíduo e o cimento Portland, que resulta em uma estrutura porosa propensa a surgir trincas e imperfeições [25]. Os teores de resíduo de granito que promoveram melhoria das propriedades físicas e mecânicas variaram de 10% a 28% (massa), geralmente em substituição ao agregado miúdo. Com isso, espera-se que o resíduo de granito melhore essas propriedades quando inserido na composição do ladrilho hidráulico.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Resíduo de marcenaria

O resíduo de marcenaria (Figura 1) foi coletado em indústria de móveis no Espírito Santo e foi passado na peneira ABNT nº 4 de forma que o resíduo fosse composto por granulometria correspondente a mistura de maravalha (dimensões maiores que 2,5 mm), serragem (dimensões entre 0,5 e 2,5 mm) e pó de serra (dimensões menores que 0,5 mm).



Figura 1. Resíduo de marcenaria

Em geral são feitos tratamentos no resíduo de madeira [4,40,41] para diminuir a influência dele no tempo de pega do cimento Portland, pois a madeira possui componentes como hemicelulose, açúcares, taninos e lignina que podem retardar o tempo de cura e o ganho de resistência mecânica do compósito a base de cimento-madeira [42]. Considerando os tratamentos pesquisados, foi feita imersão do resíduo em solução de cal hidratada por 1h com um traço 4,7:1 (cal:água) sem lavagem final e após isso, secagem em mufla a 105°C por 24h.

2.2 Resíduo de granito

O resíduo de granito foi coletado em empresa beneficiadora de rochas ornamentais situada no Espírito Santo. A amostra (Figura 2) foi seca em estufa a 105°C por 24h, destorroada e passada na peneira ABNT nº4 de abertura de malha 4,8 mm [43].



Figura 2. Resíduo de granito após secagem

2.3 Caracterização dos materiais

A caracterização da areia natural de rio e do cimento Portland CPV-ARI foi feita conforme as Normas da ABNT e os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1. O cimento CP V-ARI é compatível com os padrões estabelecidos pelo fabricante [44] e a areia, de granulometria média e bem graduada, se mostra adequada para uso no ladrilho hidráulico. Quanto ao resíduo de granito, pode ser observado que o valor de sua massa específica está entre 2,63g/cm³ e 2,77g/cm³, valores

encontrados em [24] e [45] respectivamente. A finura do resíduo de 0,48% demonstra ser um material muito fino; o que pode contribuir para colmatar vazios na mistura dos produtos cimentícios [45].

Tabela 1. Ensaios de caracterização dos materiais

Material	Ensaio	Norma	Resultado
Areia	Granulometria	NBR NM 248/2003[43]	MF=2,64 DMC=2,36mm
	Massa específica	NBR 9776/1987[46]	2,63 g/cm ³
	Massa unitária	NBR NM 45/2006[47]	1570 Kg/m ³
Cimento Portland CPV-ARI	Finura #200	NBR 11579/2012[48]	2,2%
	Massa específica	NBR 16605/2017[49]	2,96 g/cm ³
	Consistência normal	NBR 16606/2017[50]	31%
	Tempos de pega	NBR 16607/2017[51]	início 2:35h – fim 3:35h
Resíduo de granito	Massa específica	NBR 9776/1987[46]	2,66 g/cm ³
	Massa unitária	NBR NM 45/2006[47]	1150 Kg/m ³
	Finura #200	NBR 11579/2012[48]	0,48%

Nota: MF=módulo de finura; DMC=dimensão máxima característica.

2.4 Moldagem do ladrilho hidráulico vibrado

O molde do ladrilho hidráulico foi obtido em fábrica de ladrilho hidráulico no ES, ele é feito em plástico com dimensões de 20 cm x 20 cm e espessura de 1,5 cm, possui alto relevo em forma de 16 círculos ou “pastilhas” com 0,3 cm de espessura. Foi feito um teste de moldagem do ladrilho hidráulico tendo como base o estudo de Reis e Tristão (2010) [23] para adoção do traço inicial em massa 1:2 (cimento:areia). Para o resíduo de granito, o teor de substituição de areia variou de 0% a 50% (Tabela 2) e para o resíduo de madeira foi de 5%, 10% e 15% (Tabela 3). Verificou-se que o ladrilho com 15% de resíduo de madeira permanecia úmido por mais de 48h após moldagem, sua desforma sempre ocorria com quebras e necessitava de maior quantidade de água para moldagem. Com isso, adotou-se 10% como valor máximo de substituição para o resíduo de marcenaria na moldagem dos ladrilhos.

A mistura foi feita em argamassadeira eletromecânica, e houve adição de aditivo plastificante na proporção de 0,2% da massa de cimento para se obter uma consistência adequada para preenchimento do molde em mesa vibratória. A cura iniciou ao ar por 12 h e após isso, os ladrilhos foram desformados e submetidos à cura submersa em água.

Tabela 2. Dosagens para produção do ladrilho hidráulico com resíduo de granito

	Teor de resíduo(%)	cimento	areia	resíduo	água
Traços (massa)	0	1,0	2,0	0	0,5
	20	1,0	1,6	0,4	0,6
	30	1,0	1,4	0,6	0,6
	40	1,0	1,2	0,8	0,6
	50	1,0	1,0	1,0	0,6

Tabela 3. Dosagens para produção do ladrilho hidráulico com resíduo de marcenaria

	Teor de resíduo(%)	cimento	areia	resíduo	água
Traços (massa)	5	1,0	1,9	0,1	0,50
	10	1,0	1,8	0,2	0,65
	15	1,0	1,7	0,3	0,80

A Figura 3 apresenta alguns exemplares dos ladrilhos hidráulicos produzidos.



Figura 3. Ladrilhos hidráulicos

2.5 Avaliação da resistência à flexão do ladrilho hidráulico vibrado

O teste de resistência à flexão nos ladrilhos hidráulicos foi executado de acordo com a NBR 13818/1997 [52] em máquina universal de ensaios EMIC DL 10000 (Figura 4). Para o lote amostral de 6 peças ser aceito nenhuma das peças pode ser rejeitada. O módulo de resistência à flexão é calculado de acordo com a Equação 1:

$$\text{MRF} = \frac{3 \times F \times L}{2 \times b \times e_{\text{mín}}^2} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: MRF = módulo de resistência à flexão (MPa); F = força de ruptura (N); L = distância entre as barras de apoio (mm); b = largura do corpo de prova ao longo da ruptura após ensaio (mm); $e_{\text{mín}}$ = espessura mínima (mm).



Figura 4. Ensaio de resistência à flexão

2.6 Avaliação absorção de água do ladrilho hidráulico vibrado

Foi feita a determinação da absorção de água nos ladrilhos hidráulicos, esse requisito não é obrigatório na NBR 9457/2013 [7]. O objetivo da análise da absorção de água foi verificar possível relação com a resistência à flexão. Esperando-se que um aumento da absorção de água possa influenciar a diminuição da resistência à flexão dos ladrilhos. O ensaio de determinação da absorção de água foi realizado segundo a NBR 13818/1997 [52]. A absorção foi calculada de acordo com a Equação 2:

$$\text{ABS} = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 \quad (\text{Equação 2})$$

Onde: ABS = absorção de água (%); m_2 = massa saturada superfície seca (g); m_1 = massa seca em estufa a $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ (g).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação do ladrilho hidráulico com resíduo de granito

A Tabela 4 apresenta a média dos valores de resistência à flexão e de absorção de água para os ladrilhos com resíduo de granito. Observa-se que todos os ladrilhos apresentaram valores de resistência à flexão acima do limite especificado de 3,5 MPa da NBR 9457/2013 [7]. Os ladrilhos com 20% e 30% de resíduo apresentam resistência maior que a do ladrilho sem resíduo. Contudo, a partir do teor de 20% de resíduo a resistência à flexão apresenta uma queda gradativa e a absorção de água aumenta, mostrando a relação inversa entre essas propriedades e indicando um provável excesso de finos provocado pelo resíduo na mistura que não contribui mais para a melhoria do empacotamento físico dos grãos por meio do preenchimento dos poros intersticiais, que resultaria em aumento da compactidade.

Tabela 4. Resultados da resistência à flexão e absorção de água (ladrilho com resíduo de granito)

Resíduo de granito (%)	Média da resistência à flexão (MPa)	Média da absorção de água (%)
Limite Norma	≥ 3,5	-
0	6,05	11,01
20	6,36	14,61
30	6,14	16,08
40	5,16	19,23
50	4,82	21,29

3.2 Avaliação do ladrilho hidráulico com resíduo de marcenaria

Nos ladrilhos com resíduo de marcenaria (Tabela 5), o aumento do teor de resíduo, provocou aumento da absorção de água, o qual deve ser devido a insuficiência de materiais finos no resíduo, os quais colmatariam vazios resultando em melhoria da resistência mecânica [53]. Além disso, a moldagem dos corpos de prova com o resíduo de madeira por meio de vibração também pode resultar em maior incidência de vazios quando comparados à moldagem por prensagem [41], o que deve ter contribuído para diminuir a resistência mecânica. Por outro lado, alto índice de vazios resulta em peças mais leves, e esses poros podem auxiliar no desempenho térmico do material [11-13,15,16,42].

O teor de resíduo de marcenaria de 5%, que obedeceu ao valor mínimo de norma para resistência mecânica do ladrilho, se situa entre 3% e 5% encontrados por outros autores [12,13]. Além disso, pôde ser confirmado a relação inversamente proporcional entre resistência mecânica e absorção de água corroborando outras pesquisas [12,13,41].

Tabela 5. Resultados da resistência à flexão e absorção de água (ladrilho com resíduo de marcenaria)

Resíduo de marcenaria (%)	Média da resistência à flexão (MPa)	Média da absorção de água (%)
Limite Norma	≥ 3,5	-
5	3,71	16,14
10	3,01	18,74

4 CONCLUSÃO

O estudo da substituição da areia pelo resíduo de granito no ladrilho hidráulico confirmou o que o resíduo promove um efeito de preenchimento dos poros, resultando na diminuição dos vazios e da absorção de água, o que ocorreu até o teor de 20% de resíduo ocasionando aumento da resistência mecânica. Sendo que, todos os ladrilhos hidráulicos analisados atenderam ao valor limite mínimo de 3,5 MPa de resistência à flexão da norma.

Já os resultados obtidos com o resíduo de marcenaria no ladrilho mostram que com o aumento do teor de resíduo ocorreu o aumento da absorção de água e a diminuição da resistência mecânica. Pôde-se confirmar também a influencia do resíduo no aumento do tempo de pega do cimento Portland, além de demandar uma quantidade maior de água na moldagem.

Com isso, os resultados indicam viabilidade técnica de uso dos resíduos em ladrilho hidráulico, em teores de até 50% para o resíduo de rochas e teor máximo de 5% para o resíduo de marcenaria.

Agradecimentos

Agradecimentos ao Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes).

REFERÊNCIAS

- 1 Leão MS, Naveiro RM. Móveis: indústria de moveis mostra competitividade de madeira brasileira. 2010. [acesso em 10 de maio 2018]. Disponível em: <http://www.cgimoveis.com.br/economia/documento.2010-06-08.6642478173>.
- 2 Brazilian Furniture. Dados do setor 2016. 2019. [acesso em 07 de abril 2019]. Disponível em: <http://www.brazilianfurniture.org.br/sobresetor>.
- 3 Tuoto, M. Levantamento sobre a geração de resíduos provenientes da atividade madeireira e proposição de diretrizes para políticas, normas e condutas técnicas para promover o seu uso adequado. Sumário Executivo–Revisão 1. Ministério do Meio Ambiente. Curitiba. PR. 2009. 35 p.
- 4 Arruda PP, Silva AO, Martinez RG. Utilização de resíduos de madeira como elemento construtivo, XIV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC), Juiz de Fora –MG. 2012: 205-219.
- 5 Argenta DOF. Alternativas de melhoria no processo produtivo do setor moveleiro de Santa Maria/SC: impactos ambientais. [Dissertação]. UFSM, RS. 2007. 121 p.
- 6 Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais (ABIROCHAS). Balanço das exportações e importações brasileiras de rochas ornamentais em 2018. Informe 01/2019. São Paulo. 2019.
- 7 Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9457. Ladrilhos hidráulicos para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.
- 8 Carletto AC, Cambiaghi S, Fantini OR, Benine RJ, Lordello GM. Cartilha da calçada cidadã: conserve a sua calçada. O respeito ao outro começa na porta da sua casa. 2016:1-39.

- 9 Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9050. Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2015.
- 10 Garcez MR, Santos T, Garcez EO, Gatto D. Propriedades mecânicas de compósitos cimento-madeira com serragem tratada de *Pinus elliottii*. *Ciência da Madeira*. 2015; 7(1): 16-27.
- 11 Weber AM, Cechin L, Tokarski RB, Matoski A. Análise da influência do traço nas propriedades do compósito cimento-madeira. *Revista Principia*. 2017; 36: 50-59.
- 12 Fonseca F. Contribuição para o desenvolvimento de compósito de cimento-madeira com matérias da região amazônica. [Dissertação]. UFPA, Pará. 2005. 152 p.
- 13 Macedo NA, Lima AM, Fonseca FO, Lavôr BVA. Análise estatística do comportamento mecânico à compressão do compósito cimento-madeira. *Revista Matéria*. 2011; 16(2): 658–667.
- 14 Garcez M, Santos T, Gatto D. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de concretos pré-moldados com adição de serragem em substituição ao agregado miúdo. *Ciência e Engenharia*. 2013; 22(2): 95-104.
- 15 Bijos AP, Zanatta LA. Resíduo de madeira: Caracterização e aplicabilidade junto ao concreto, XIV Jornada Científica das Faculdades Integradas de Cacoal – UNESC. 2016. 7 p.
- 16 Ribeiro UG. Desempenho térmico, acústico e mecânico de compósitos produzidos com resíduos da indústria madeireira de Porto Velho. [Monografia]. UFAM; AM. 2016. 76 p.
- 17 Ronquim R. Produção e caracterização físico-mecânica do compósito cimento-madeira com variação granulométrica dos resíduos lignocelulósicos. [TCC]. UNESP; SP. 2013. 55 p.
- 18 Reis AS, Alvarez CE. A sustentabilidade e o resíduo gerado no beneficiamento das rochas ornamentais, IV Encontro Nacional e II Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis – ELECS. Campo Grande-Mato Grosso do Sul, ANTAC, 2007: 511-520.
- 19 D’Agostim L, Vidal FWH, Castro NF. Utilização de resíduos de rochas ornamentais na produção de concreto, XXIV Jornada de iniciação científica-CETEM, 2016: 166-170.
- 20 Magacho I, Silva RB, Braga FS, Prezotti JCS. Identificação e gerenciamento dos resíduos gerados em empresas de beneficiamento de rochas ornamentais. XXX Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Uruguai, 2006:1-9.
- 21 Reis AS, Tristão FA. Análise de argamassas com resíduo de corte de rochas ornamentais, II Congresso Nacional de Argamassas de Construção. Lisboa-Portugal, APFAC, 2007.
- 22 Souza DV, Vidal FWH, Castro NF. Estudo Comparativo da Utilização de Teares Multilâmina e Multifio no Beneficiamento de Granitos Comerciais, XX – Jornada de Iniciação Científica. Rio de Janeiro, CETEM, 2012. 4 p.
- 23 Reis AS, Tristão FA. Tactile-floor tile hydraulic with addition residue improvement dimension stones. *IBRACON Structures and Materials Journal*. 2010; 3(4): 390-419.
- 24 Oliveira DM, Oliveira TN, Bezerra ACS, Gomes VJ, Peixoto RAF. Utilização de resíduo de granito como substituição ao cimento Portland em matrizes cimentícias, 53º Congresso Brasileiro do Concreto. Florianópolis-SC, IBRACON, 2011:1-13.
- 25 Mendonça AMGD, Sousa LMC, Neto VFS, Silva CV, Silva JB. Reutilização de resíduos de rochas ornamentais. VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Campo;Grande-MS. 2017. [acesso em 10 abr. 2019]. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2017/VII-042.pdf>
- 26 Silva LS, Nogueira MHP, Lima GKM, Cipriano FS, Batista NJS. Incorporação de resíduos de polimento de placas de mármore e granito em argamassas colantes industrializadas AC-I. *Revista de Ciencia e Tecnologia-UFRR*. 2018. 4(7). ISSN2447-7028.
- 27 Calmon JL, Tristão FA, Lordêllo FSS, Da Silva SAC, Mattos FV. Aproveitamento do resíduo do corte de granito para produção de argamassas de assentamento. II Simpósio Brasileiro de Tecnologia das argamassas. Salvador-BA: ANTAC, 1997:64-75.

- 28 Moura WA, Lima MBL, Calmon JL, Moratti M, Santos Souza FL. Produção de pisos intertravados com utilização de resíduo de serragem de rochas ornamentais. XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. Florianópolis-SC: ENTAC; 2006:4227-4236.
- 29 Apolinário ECA, Santos GRS, Ribeiro DV. Efeitos da adição do resíduo de corte de mármore e granito (RCMG) nas propriedades das argamassas de cimento Portland e industrializada no estado aplicado. IX Fórum Ambiental da Alta Paulista. 2013. 9(1), São Paulo, p. 123-140.
- 30 Roque AB, Campos RN, Santos HMC, Moura WA. Utilização de resíduo de serragem de rochas ornamentais como agregado miúdo, em concreto. XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Maceió-Alagoas: ENTAC. 2014:2583-2591.
- 31 Silva LTMS, Severo CGS, Bezerra UA. Utilização do resíduo de granito como substituição parcial do cimento na produção de concreto. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. Fortaleza-CE, 2015.
- 32 Lima WBC, Lira HL, Neves GA. Incorporação de resíduo lama do processo de beneficiamento de granito na argamassa expansiva de demolição. Revista eletrônica de Materiais e Processos. 2016; 11(2):89-95.
- 33 Savazzini-Reis A, Andrade DM. Avaliação experimental do aproveitamento de resíduo de granito em ladrilho hidráulico vibrado. 14ª Jornada Urbanere e 2ª Jornada Cires – Sustentabilidade Urbana. 2018:2105-2113. ISBN 978-989-20-8422-0
- 34 Colnago ATS, Oliveira EF, Merlo KB. Produção de pisos intertravados tipo pavieess com utilização de resíduo de mármore e granito. Revista eletrônica de engenharia civil (REEC). 2018; 14(2);96-109. 2018. ISSN: 2179-0612 DOI: 10.5216/reec.V14i2.49505
- 35 Souza AJ, Pinheiro BCA, Holanda JNF. Efeito da adição de resíduo de rocha ornamental nas propriedades tecnológicas e microestrutura de piso cerâmico vitrificado. Revista Cerâmica. 2011; 57:212-218.
- 36 Ferreira LC. Potencial de utilização de resíduos industriais na formulação de massa de cerâmica vermelha para a fabricação de blocos de vedação. [Dissertação]. UFPR, Paraná. 2012. 76 p.
- 37 Reis AS, Sagrillo VPD, Valenzuela-Diaz FR. Influência da adição de resíduo de granito em massa argilosa usada na produção de telhas cerâmicas. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais – CBECIMAT. 2014, Cuiabá: Metallum.
- 38 Bildhauer DC, Bruxel FR, Santana ERR, Oliveira EC. Tijolos maciços com características refratárias a partir da incorporação de resíduo de mármore e granito. Revista Liberato. 2015; 16(25):73-83.
- 39 Neville AM. Propriedades do Concreto. Tradução: Salvador E. Giammusso. 2ª edição. São Paulo: PINI; 1997.
- 40 Parchen CFA. Compósito madeira cimento de baixo densidade produzidos com compactação vibro dinâmica. [Tese]. UFPR, Paraná. 2012. 172 p.
- 41 Garcez M, Santos T, Gatto D. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de concretos pré-moldados com adição de serragem em substituição ao agregado miúdo. Ciência e Engenharia. 2013; 22(2):95-104.
- 42 Rocha JC. Relatório final: aproveitamento dos resíduos de madeira. UFSC. Florianópolis – SC. 2004.
- 43 Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 248. Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
- 44 Liz Cimentos. Ensaio de cimento. 2019. [acesso em 07 de abril de 2019]. Disponível em: <http://www.cimentosliz.com.br/cimento/ensaioCimento>.
- 45 Reis AS. Estudo do aproveitamento do resíduo de beneficiamento de rochas ornamentais na fabricação de ladrilho hidráulico piso tátil. [Dissertação]. UFES, Vitória, ES. 2008. 218 p.
- 46 Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9776: Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman. Rio de Janeiro, 1987.

- 47 _____. NBR NM 45/2006: Agregados: Determinação da massa unitária e do volume de vazios em agregados. Rio de Janeiro, 2006.
- 48 _____. NBR 11579: Cimento Portland — Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 μm (nº 200). Rio de Janeiro, 2012.
- 49 _____. NBR 16605: Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2017.
- 50 _____. NBR 16606: Cimento Portland - Determinação da pasta de consistência normal. Rio de Janeiro, 2017.
- 51 _____. NBR 16607: Cimento Portland - Determinação dos tempos de pega. Rio de Janeiro, 2017.
- 52 _____. NBR 13818. Placas cerâmicas para revestimento - Especificação e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 1997.
- 53 Monteiro, ACN. Concreto poroso: dosagem e desempenho. [TCC]. UFG. 2010. 36 p.