XIX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente ‘
ENTAC 2022

Ambiente Construído: Resiliente e Sustentável
Canela, Brasil, 9 a 11 novembro de 2022

Utilização de resíduo do corte de mármore e granito em argamassa de contrapiso

Use of marble and granite cut residue in subfloor mortar

Alexandre Gondim de Lima Alencar
Universidade de Fortaleza | Fortaleza | Brasil | alexandre.gla@hotmail.com
Samille Paiva Oliveira
Universidade de Fortaleza | Fortaleza | Brasil | samillepaiva@edu.unifor.br
Rayra Souza Silva
Universidade de Fortaleza | Fortaleza | Brasil | rayrass@edu.unifor.br
Madalena Osório Leite
Universidade de Fortaleza | Fortaleza | Brasil | madalenaosorioleite@unifor.br
Domingos Sávio Viana de Sousa
Universidade de Fortaleza | Fortaleza | Brasil | savio@unifor.br

Resumo

Estima-se que a geração conjunta do Resíduo de Corte de Mármore e Granito é de 240.000 toneladas/ano. Diante disto, o presente trabalho tem por objetivo utilizar este material como complemento no traço de argamassas de contrapiso para assentamento cerâmico. Para o trabalho foram realizadas pesquisas bibliográficas e ensaios de granulometria, massa específica, consistência e resistência à compressão axial. As argamassas apresentaram substituição parcial de 3%, 5% e 7% com um fator Água/Cimento de 0,7. Nos resultados apresentados verificou-se ser possível utilizar este material, tornando a argamassa sustentável.
Palavras-chave: Sustentabilidade. Resíduos. Argamassa.

Abstract

The ornamental rock sector in Brazil, estimated that the combined generation of the Marble and Granite Cutting Residue is 240,000 tons/year and, therefore, the objective of this work is to use this material as a substitute of cement in subfloor mortars for ceramic laying. To carry out the work, bibliographical research, and test of granulometry, specific mass, consistency, and resistance to axial compression. The mortars presented partial replacement of 3%, 5% and 7% with a Water/Cement factor of 0.7. The results presented verified that it is possible to use this material, making the mortar sustainable.
Keywords: Sustainability. Waste. Mortar

Como citar:
ALENCAR, A.G.L.; OLIVEIRA, S.P.; SILVA, R.S.; LEITE, M.O.; SOUSA, D.S.V. de. Utilização de Resíduo do Corte de Mármore e Granito em Argamassa de Contrapiso. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1-14.

INTRODUÇÃO

A geração de Resíduos da Construção Civil (RCC) é proveniente das perdas de materiais na hora da execução da obra, dos desperdícios no armazenamento ou no transporte e da falta de mão de obra qualificada [1]. Tomando por base a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente [2], os geradores de resíduos têm por objetivo a não geração de rejeitos em obras, ou se não for possível, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento dos resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

A construção civil é responsabilizada por parte do impacto gerado no sistema ambiental, ocasionado pela grande extração de materiais naturais, pela poluição atmosférica e pelo consumo de energia [3]. O Resíduo do Corte de Mármore e Granito (RCMG) é um exemplo de material que pode ser utilizado para entrar novamente na cadeia produtiva, eliminando o resíduo do meio ambiente e aplicando na construção civil.

A utilização deste material como substituição em argamassa trará resultado por voltar a dar valor ao material antes inutilizado, evitar o uso de matéria-prima natural e evitar o assoreamento de rios e córregos que pode ocorrer com a má disposição final do RCMG [4].

Nos últimos anos, a degradação ambiental vem causando preocupações com relação à proteção ambiental, aos recursos naturais e ao impacto dos seres humanos sobre a natureza. Com isso, o setor de construção civil vem sendo responsabilizado diretamente, pois o processo de retirar grandes volumes de agregados naturais está danificando o meio ambiente. Além disso, existe também o fato da questão econômica, onde de 20% a 50% dos materiais utilizados são desperdiçados [5].

O presente trabalho abrange a sustentabilidade e a busca por novos materiais na construção civil. Os resíduos devem fazer parte de novos produtos para que possam voltar a ser utilizados e evitar uma degradação ainda maior do meio ambiente. O trabalho tem como objetivo verificar a resistência da argamassa de contrapiso para assentamento cerâmico com a substituição parcial do cimento por resíduo de corte de mármore e granito (RCMG).

Foi feita a análise de quatro traços diferentes de argamassa para comparação, sendo utilizados RCMG na substituição parcial do cimento. Na primeira amostra não houve substituição e nas outras três nas porcentagens de 3%, de 5% e de 7%. Os ensaios escolhidos para execução desta pesquisa foram os de granulometria, de massa específica, de consistência da argamassa e de resistência à compressão.

REFERENCIAL TEÓRICO

OS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

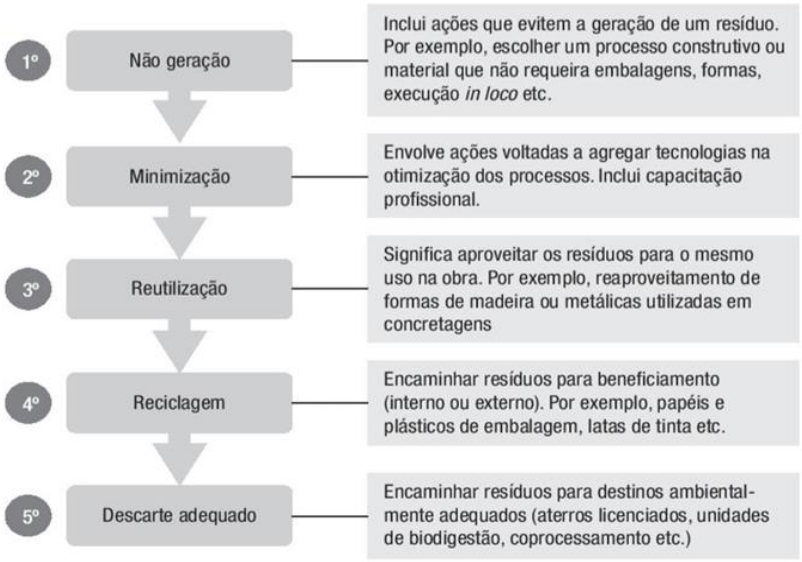
Com o crescimento da quantidade de obras na construção civil, gerou-se o aumento de resíduos no meio ambiente. Isso impacta a qualidade de vida das pessoas pela maneira incorreta do manejo, pois ocasiona problemas como a geração de resíduos e o seu descarte irregular. A indústria de construção civil é responsável por grande impacto na população no âmbito econômico, social e ambiental, com destaque na economia [6].

Os resíduos tiveram uma grande importância com a aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), em 2010, que regulamentou o setor da construção civil, impondo obrigações aos governantes e às empresas, procurando maneiras de reduzir o impacto ambiental. Ademais, é de grande necessidade realizar uma gestão dos resíduos sólidos,

planejando estratégias de não geração, de minimização, de reutilização, de reciclagem e de descarte adequado dos resíduos sólidos.

Pode-se observar, na Figura 1, que o objetivo principal é a não geração de resíduos, para não haver perdas. Caso a primeira opção não seja possível, tem-se outras maneiras como minimizar o desperdício através de tecnologias de otimização ou reutilizar os materiais e reciclá-los com o descarte adequado.

Figura 1 – Hierarquia do sistema de gerenciamento de resíduos



Fonte: Nagalli (2014).

Reduzir o impacto causado pelos resíduos é um objetivo da engenharia sendo possível através de simples soluções, onde devem ser estudadas e implementadas, como por exemplo [7]:

- Alterações em projeto visando a redução do consumo de recursos na fase de utilização;
- Substituição de equipamentos e sistemas descartáveis por outros de maior durabilidade;
- Reciclagem dos resíduos gerados nas obras e uso de materiais reciclados, como exemplo, utilização de agregados reciclados em substituição aos agregados naturais, evitando a extração de novos recursos naturais e reduzindo o descarte de resíduos;
- Projeto do produto e planejamento dos sistemas de produção visando evitar perdas.

A resolução do CONAMA nº 307/02 classifica os resíduos em quatro classes distintas, da seguinte forma [8]:

- Classe A: são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados;
- Classe B: são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso;
- Classe C: são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação, tal como o isopor;
- Classe D: são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações

industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

AS ROCHAS DE MÁRMORE E GRANITO

As rochas ornamentais são materiais que agregam valor principalmente através de suas características estéticas, destacando-se o padrão cromático, o desenho, a textura e a granulação. Os principais tipos de rochas ornamentais são os granitos e os mármores [9].

O granito é composto basicamente por quartzo e feldspato. Os constituintes mineralógicos determinam a cor. Uma das principais características é a resistência à abrasão que se dá pela proporção de dureza de seus minerais. Já o mármore é uma rocha carbonática, onde a cor é definida por minerais acessórios e impurezas. A dureza do mármore é um pouco menor que a do granito por apresentar resultados inferiores na Escala Mohs [10].

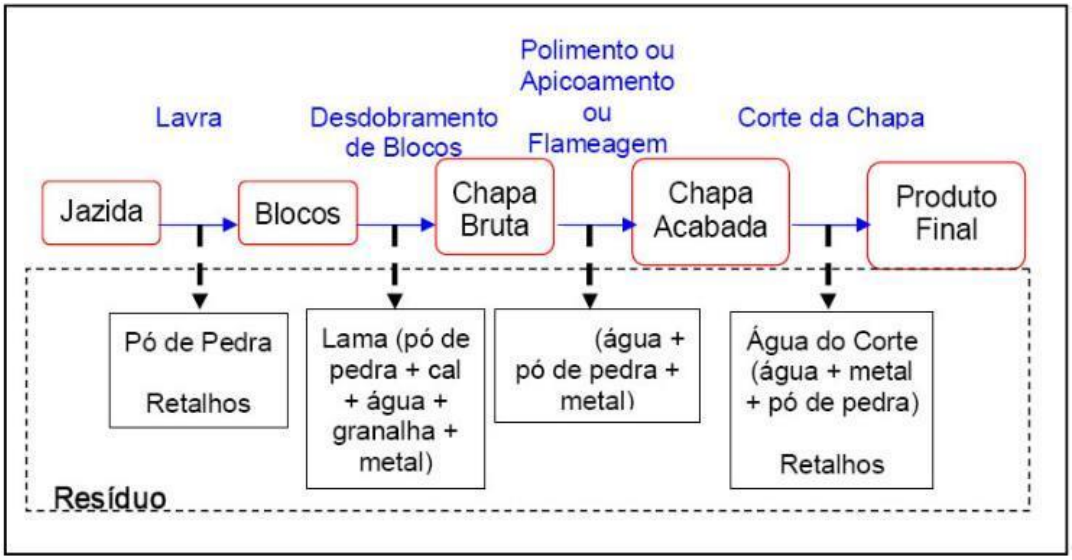
As rochas ornamentais passam por três etapas no processo de fabricação [11], sendo elas:

- Mineração, realizada por empresas de lavra, que consiste na exploração da rocha normalmente realizada na forma de blocos;
- Serraria, que compreende o desdobramento dos blocos em chapas;
- Marmoraria, que inclui o polimento e o corte de chapas e a fabricação de produtos acabados. Ressalta-se que o polimento e a fabricação de ladrilhos e peças especiais são, por vezes, realizados nas serrarias como extensão à etapa de desdobramento dos blocos.

RESÍDUOS DE MÁRMORE E GRANITO NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO

Durante o processo de fabricação do mármore e do granito, uma parte desse material é transformada em pó, conforme mostrado na Figura 2, resultando em cerca de 25% a 30% do volume inicial. Geralmente é depositado em locais inapropriados, gerando grandes impactos ambientais. No Brasil, estima-se que a geração conjunta do resíduo de corte de mármore e de granito é de 240.000 toneladas/ano, distribuídas entre Espírito Santo, Bahia, Ceará, Paraíba, entre outros estados.

Figura 2 – Esquema da geração de resíduos no beneficiamento do granito



Fonte: Gomes, Lameiras e Rocha (2004).

O presente trabalho envolve o resíduo encontrado na etapa do corte da chapa. Na fábrica onde o resíduo foi obtido existem dois tanques com volumes aproximados de 6 m³ cada, que acumulam este material, sendo esvaziados em média a cada dois meses. A Figura 3 tem como exemplo uma destas fábricas que realizam o beneficiamento do corte de mármore e de granito no estado do Ceará [12].

Figura 3 – Fábrica de beneficiamento de mármore e de granito



Fonte: FIEC (2018).

MISTURA DAS ARGAMASSAS

A argamassa é uma mistura homogênea de agregado miúdo, aglomerante e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada) [13].

O cimento Portland é definido como um material pulverulento, pois é constituído de silicatos e aluminicatos que, ao ser hidratado, endurece e oferece uma maior resistência mecânica. Este produto vem da moagem do clínquer obtido pelo aquecimento até a fusão de calcário e argila, adicionada de uma pequena parcela de gesso [14].

Os agregados para a construção civil são obtidos de materiais rochosos variados, consolidados ou granulares, fragmentados naturalmente ou por processo industrial. Podem ser oriundos de rochas sedimentares como arenitos e silitos; metamórficas como quartzitos, calcários e gnaisses; ígneas como granito, sienitos, basaltos e diabásios [15].

O contrapiso é a camada que precede a camada de acabamento formado por uma camada de argamassa colocada sobre uma camada de impermeabilização ou isolamento, ou sobre a própria base [16].

ENSAIOS NAS ARGAMASSAS

Para a realização do trabalho, foram realizados os ensaios de determinação da composição granulométrica, da massa específica, da consistência normal e de resistência à compressão axial, realizados de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Relação das Normas Técnicas utilizadas nos ensaios

Ensaio realizado	Norma Técnica
Granulometria	ABNT:NBR NM 248 (2003), Agregados – Determinação da composição granulométrica
Massa Específica	ABNT:NBR 9776 (1987), Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman
Consistência da argamassa	ABNT:NBR 7215 (1996), Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão
Resistência da argamassa	ABNT:NBR 7215 (1996), Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão

Fonte: o autor.

A determinação da composição granulométrica é realizada a partir do ensaio onde é possível caracterizar a areia utilizada, apresentando sua dimensão máxima, módulo de finura e a partir desta, definir se o agregado pertence a zona ótima, zona utilizável superior ou zona utilizável inferior.

A determinação da massa específica de agregados miúdos é feita por meio do frasco de Chapman, podendo com os resultados se ter um discernimento do peso e de características como permeabilidade e compressibilidade da argamassa.

A determinação da resistência à compressão da argamassa é realizada por ensaio, onde em seu anexo prescreve a determinação do índice de consistência normal da argamassa a ser utilizada e, dependendo do nível de consistência, é possível se ter uma maior ou menor trabalhabilidade.

Por fim, o ensaio de consistência onde é realizado o procedimento para encontrar a resistência da argamassa, que consiste em definir o valor suportado pela mistura e definir quais podem ser suas aplicações na prática.

ESTUDO DE CASO

MATERIAIS

Os materiais utilizados para o procedimento experimental foram cimento, areia, resíduo de mármore e granito e água. Todos os materiais são provenientes do laboratório de materiais de construção civil da Universidade de Fortaleza, exceto o resíduo que foi fornecido por uma fábrica de mármores e granitos.

O cimento utilizado no trabalho foi o Portland do tipo II [17], com adição de pozolana com resistência de compressão de 32 MPa aos 28 dias de idade, resistente à sulfatos (CP II – Z – 32 RS).

A areia foi caracterizada a partir do ensaio de granulometria, de acordo com a NBR NM 248 (2003), Agregados – Determinação da composição granulométrica [18], norma esta que define a dimensão máxima característica e o módulo de finura do agregado miúdo.

O ensaio é executado com uma amostra de 1.000 g do material, introduzida no peneirador mecânico por 10 minutos e logo após separados nas peneiras. O material retido em cada peneira da série normal (4,8 mm; 2,4 mm; 1,2 mm; 0,6 mm; 0,3 mm e 0,15 mm) é pesado, podendo assim caracterizar o agregado miúdo. Logo após, foi realizado um segundo ensaio de massa específica no agregado miúdo de acordo com a NBR 9776 (1987), Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman [19].

O resíduo utilizado foi fornecido por uma fábrica de marmoraria e retirado após o corte das rochas, em forma de pasta, sendo transportada para o laboratório de materiais de construção civil. Foi executado o processo de secagem em estufa, a 110 °C, por 24 horas. Em seguida, depois de seca, foi quebrada em pedaços por golpes de soquete com fito do resíduo.

MÉTODOS

Para o procedimento experimental foram utilizados quatro tipos de traço, sendo o primeiro traço de referência e os outros com as substituições parciais de 3%, 5% e 7% do cimento por RCMG, em massa. O traço de referência adotado foi o de 1:4 (cimento: areia), em massa, por ser o mais utilizado nas empresas da região para execução de contrapisos. Ao ser executado, empregou-se 978 g de cimento e 3.912 g de areia fina, média fina, média grossa e grossa, separadas igualmente. O fator A/C adotado foi de 0,7.

A principal característica do contrapiso é a regularização do piso e da trabalhabilidade que é afetada pelo fator água/cimento (A/C) e pela granulometria do agregado. Esta característica influencia outras variáveis destacando-se a resistência mecânica, onde a argamassa deve apresentar trabalhabilidade tal que permita um grau de compactação compatível com as exigências do uso do contrapiso [20].

Depois da escolha do traço e com o fator A/C definido, os ensaios de consistência e resistência à compressão foram realizados. Ambos são normatizados pela NBR 7215 (1996) [21]. O ensaio de consistência foi realizado primeiramente com a pesagem da areia e igualmente separada em frações fina, média fina, média grossa e grossa. Logo depois foi colocada na cuba juntamente com água, cimento e resíduo no caso da substituição. Após a mistura, a argamassa foi posicionada dentro da forma tronco cônica em três camadas e golpeada 15, 10 e 5 vezes, respectivamente. Em seguida, a forma foi retirada e a manivela da mesa acionada manualmente 30 vezes em aproximadamente 30 segundos. Então, duas marcas ortogonais entre si são feitas e com o auxílio de uma régua as medidas são encontradas. As etapas são apresentadas na Figura 4.

Figura 4 - Processos do ensaio de consistência



Fonte: o autor.

O ensaio de compressão axial passa por uma preparação da argamassa, que é similar ao de consistência. A argamassa é colocada em moldes cilíndricos de 50 mm de diâmetro e 100 mm

de altura, onde permanecem por 24 horas em uma câmara úmida até serem desmoldados e imersos em água, onde devem permanecer até o momento do ensaio. O equipamento utilizado para romper os corpos de prova é a máquina universal de ensaios Pavitest com carga máxima de 100 toneladas.

Os ensaios obtidos determinaram o agregado com uma dimensão máxima de 2,4 mm e um módulo de finura de 2,87. A partir destas informações foi possível classificá-lo como areia na zona ótima de utilização. A massa específica encontrada foi de 2,59 g/cm3. Como parâmetro de controle, fixou-se a consistência em 215 +/- 10 mm, que foi determinada pela mesa de consistência padrão.

Para se chegar à consistência desejável da argamassa, o ensaio foi realizado quatro vezes, tendo seus três primeiros resultados insatisfatórios. No primeiro, com o fator A/C de 0,5, a argamassa ficou seca demais, no segundo foi realizado com um novo fator de 0,62, obtendo-se uma média de consistência de 145 mm. No terceiro ensaio realizado foi adotado o fator A/C de 0,65, atingindo-se uma média de 162 mm, e, por fim, utilizou-se o fator de A/C de 0,70, valor este que foi o utilizado para o trabalho, realizado com a argamassa de referência e com os três traços de substituição, reunindo os resultados na Tabela 1.

Tabela 1 - Índice de consistência das argamassas

Traço	Medidas (mm)	Média (mm)
Referência	207	207
	207	
Substituição de 3%	218	218
	218	
Substituição de 5%	216	217
	217	
Substituição de 7%	225	223
	221	

Fonte: o autor.

Após o fator A/C ser estabelecido, os ensaios de resistência mecânica foram realizados, sendo moldados doze corpos de prova para cada traço realizado e sendo rompidos quatro corpos de prova para cada idade de rompimento (7, 14 e 28 dias). A Tabela 2 apresenta os valores obtidos pelo ensaio de compressão axial nos corpos de prova aos 7 dias.

Tabela 2 - Resultados dos ensaios de compressão axial aos 7 dias

Argamassa com 7 dias de Idade					
Traço	Nº Corpo de Prova	Tensão de Ruptura (MPa)	Média das Tensões de Ruptura (MPa)	Carga de Ruptura (kgf)	Média das Cargas de Ruptura (kgf)
Referência	CP 1	11,0	10,5	2.200	2.095
	CP 2	11,6		2.320	
	CP 3	9,2		1.840	
	CP 4	10,1		2.020	
Substituição de 3%	CP 1	9,3	9,5	1.870	1.898
	CP 2	9,0		1.810	
	CP 3	8,9		1.790	
	CP 4	10,6		2.120	
Substituição de 5%	CP 1	8,1	8,5	1.620	1.705
	CP 2	8,8		1.760	
	CP 3	8,7		1.740	
	CP 4	8,5		1.700	
Substituição de 7%	CP 1	8,6	7,8	1.730	1.555
	CP 2	6,7		1.340	
	CP 3	8,0		1.610	
	CP 4	7,7		1.540	

Fonte: o autor.

O traço de referência, sem substituição do cimento pelo resíduo, apresenta uma tensão de ruptura média de 10,5 MPa aos 7 dias. Ao compará-lo com os traços de substituição de 3%, 5% e 7%, é possível observar que a resistência reduz conforme o teor de substituição aumenta, atingindo o seu menor valor com a argamassa de substituição de 7%, apresentando uma tensão de ruptura média de 7,8 MPa, reduzindo 25,71% de sua resistência. A Tabela 3 mostra os valores encontrados pelo ensaio de compressão axial aos 14 dias nos corpos de prova.

Tabela 3 - Resultados dos ensaios de compressão axial aos 14 dias

Argamassa com 14 dias de Idade					
Traço	Nº Corpo de Prova	Tensão de Ruptura (MPa)	Média das Tensões de Ruptura (MPa)	Carga de Ruptura (kgf)	Média das Cargas de Ruptura (kgf)
Referência	CP 1	12	10,7	2.410	2.145
	CP 2	10,3		2.060	
	CP 3	9,4		1.880	
	CP 4	11,1		2.230	
Substituição de 3%	CP 1	11,4	9,8	2.280	1.968
	CP 2	9,9		1.990	
	CP 3	8,8		1.770	
	CP 4	9,1		1.830	
Substituição de 5%	CP 1	10,5	10,4	2.110	2.085
	CP 2	10,6		2.130	
	CP 3	9,7		1.950	
	CP 4	10,7		2.150	
Substituição de 7%	CP 1	8,7	9,3	1.750	1.870
	CP 2	9,3		1.870	
	CP 3	9,9		1.980	
	CP 4	9,4		1.880	

Fonte: o autor.

O traço de referência apresentou uma média de tensão de ruptura de 10,7 MPa aos 14 dias. Ao contrastar com as resistências obtidas nas argamassas de substituição, a sem resíduo continua com um maior valor encontrado, mas a argamassa com substituição de 5% se ressalta por apresentar uma resistência aproximada com a referência, obtendo um valor de 2,8% menor. O traço com substituição parcial do cimento por resíduo do corte de mármore e granito em 7% continua com a resistência média mais baixa entre os traços estudados. A Tabela 4 aponta os resultados para os ensaios dos corpos de prova aos 28 dias de idade no ensaio de compressão axial.

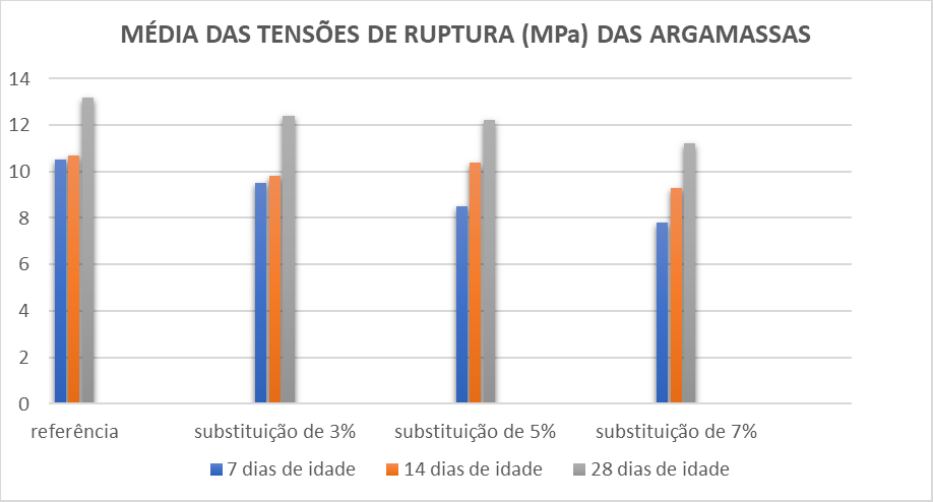
Tabela 4 - Resultados dos ensaios de compressão axial aos 28 dias

Argamassa com 28 dias de Idade					
Traço	Nº Corpo de Prova	Tensão de Ruptura (MPa)	Média das Tensões de Ruptura (MPa)	Carga de Ruptura (kgf)	Média das Cargas de Ruptura (kgf)
Referência	CP 1	12,5	13,2	2.510	2.635
	CP 2	13,3		2.660	
	CP 3	13,6		2.720	
	CP 4	13,2		2.650	
Substituição de 3%	CP 1	12,6	12,4	2.520	2.490
	CP 2	11,7		2.340	
	CP 3	11,9		2.390	
	CP 4	13,5		2.710	
Substituição de 5%	CP 1	10,7	12,2	2.140	2.448
	CP 2	13,2		2.640	
	CP 3	11,5		2.300	
	CP 4	13,5		2.710	
Substituição de 7%	CP 1	11,1	11,2	2.230	2.235
	CP 2	11,2		2.250	
	CP 3	10,2		2.040	
	CP 4	12,1		2.420	

Fonte: o autor.

A Tabela 4 mostra, assim como a Tabela 2, uma diminuição da resistência progressiva de acordo com o teor de substituição do aglomerante pelo resíduo do corte de mármore e granito, tendo seu traço de referência de 13,2 MPa. Os traços de substituição mostram uma resistência de 12,4 MPa com 3% de substituição, 12,2 MPa com 5% de substituição e 11,2 MPa com 7% de substituição. Para unir todos os resultados foi elaborado o Gráfico 1.

Gráfico 1 - Resultados dos ensaios de compressão



Fonte: o autor.

Através de conhecimento empírico, a resistência mínima necessária para um contrapiso para assentamento cerâmico é na faixa de 8 MPa a 10 MPa, tornando todos os traços apropriados para tal função [22]. De acordo com o Gráfico 1, apesar dos traços de substituição parcial do cimento pelo RCMG obterem uma resistência inferior ao traço de referência, ainda assim estão com os valores acima do considerado adequado para a argamassa de contrapiso.

CONCLUSÃO

A consciência sobre o desperdício de matérias-primas e a destinação final dos resíduos é fundamental para um futuro mais sustentável e menos impactante para o meio ambiente. Portanto, o aproveitamento do resíduo do corte de mármore e de granito na argamassa de contrapiso surge como um viés para a recolocação dos resíduos na cadeia produtiva e a substituição do cimento para um menor consumo de matéria-prima.

A apresentação dos resultados da resistência das argamassas com substituição mostrou valores desse parâmetro menores do que os da proporção de referência. Contudo, os novos traços continuaram exercendo suas funções e atendendo à resistência necessária na faixa de 8 MPa a 10 MPa. Todas as argamassas estudadas superaram o valor mínimo de 8Mpa.

A análise da consistência das argamassas com o traço de referência e com os de substituição parcial do cimento pelos RCMG foi realizada. Como se fixou o fator A/C nesse estudo, foi possível comparar as trabalhabilidades dos diferentes traços usados nas argamassas. Apesar do resíduo ser muito fino, com tendência de retenção de água, como ele substituiu parte do cimento, a trabalhabilidade melhorou, principalmente com a substituição de 7%, aumentando em quase 8% sua consistência.

Diante do exposto, as argamassas de substituição parcial do cimento pelo RCMG nas porcentagens de 3%, 5% e 7% são viáveis para utilização, obtendo-se especificações técnicas dentro dos parâmetros exigidos, resultando na reutilização dos RCMG.

REFERÊNCIAS

[1] LIMA, R. S e LIMA, R. R. R. **Guia para Elaboração de Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil.** Série de Publicações Temáticas do CREA-PR. Disponível em: http://www.cuiaba.mt.gov.br/upload/arquivo/cartilhaResiduos_web2012.pdf Acesso em: 08 mar. 2018.

[2] CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – **CONAMA. RESOLUÇÃO N° 307, DE 5 DE JULHO DE 2002.** Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307 >. Acesso em: 20 fev. 2018.

[3] AEDE, Lia Pompéia Faria. **Gestão dos resíduos da construção civil no município de Vitória-ES e normas existentes.** 2008. 74 f. Monografia (Especialização) - Curso de Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: . Acesso em: 08 mar. 2018.

[4] MOTHÉ FILHO, Heitor Fernandes; POLIVANOV, Helena; MOTHÉ, Cheila Gonçalves. Reciclagem dos Resíduos Sólidos de Rochas Ornamentais. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 28, p.139-151, dez. 2005. Semestral. Disponível em: <http://www.anuario.igeo.ufrj.br/anuario_2005/Anuario_2005_139_151.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2018.

[5] SOUSA, Adriano Aldrey Pereira et al. **A responsabilidade ambiental na formação do engenheiro civil.** Revista do Ceds, São Luís, v. 1, n. 3, p.1-10, set. 2015. Semestral. Disponível em: . Acesso em: 09 mar. 2018.

[6] KARPINSKI, Luisete Andreis et al. **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil** - Uma abordagem ambiental. Porto Alegre: Edipucrs, 2009. Disponível em:. Acesso em: 18 maio 2018.

[7] BRASIL. **Gestão de resíduos na contrução civil:** redução, reutilização e reciclagem. [s.l.]: Projeto Competir, 2005. Disponível em: . Acesso em: 18 maio 2018.

[8] PEREIRA, Larissa Santini. **Influência do uso dos resíduos de corte de granito como fíler no desempenho do concreto.** 2016. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016. Disponível em: . Acesso em: 20 maio 2018.

[9] DUTRA, Ricardo. **Rochas** ornamentais - Feldspato e quartzo. In: ENCONTRO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA DOS CAMPOS GERAIS, 2., 2006, Ponta Grossa. Anais... . Ponta Grossa, 2006. p. 1 - 8. Disponível em: . Acesso em: 18 nov. 2018.

[10] MOREIRA FILHO, Milton Fontenelle. **Cartilha de aplicação de rochas ornamentais**. 2011. Disponível em: . Acesso em: 15 maio 2018.

[11] BEZERRA, Francisco Diniz. **Rochas ornamentais: novas perspectivas de investimento.** 21. ed. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2017. 21 p. Disponível em: . Acesso em: 08 ago. 2018.

[12] MOURA, Washington A.; GONÇALVES, Jardel P.; LEITE, Rôneison da Silva. Utilização do resíduo de corte de mármore e granito em argamassas de revestimento e confecção de lajotas para piso. **Sitientibus**, Feira de Santana, v. 1, n. 26, p.49-61, jan. 2002. Semestral. Disponível em: <http://www2.uefs.br/sitientibus/edicoes/26.htm>. Acesso em: 08 mar. 2018.

[13] _____. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos. Rio de Janeiro, 2001.

[14] CAVALCANTI, Bárbara Taciana de Vasconcelos. **Estudo da permeabilidade de pastas de cimento contendo poliuretana e sílica.** 2010. 110 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciência e Tecnologia de Materiais Aplicados à Indústria de Petróleo e Gás Natural, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010. Disponível em: . Acesso em: 22 maio 2018.

[15] SERNA, Humberto A.; REZENDE, Márcio M. **Agregados para Construção Civil.** In: Economia Mineral do Brasil. Brasília: DNPM: 2009.

[16] ROQUE, Marina. **Controle de Qualidade na execução do Contrapiso**. 2008. 57 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008. Disponível em: . Acesso em: 09 nov. 2018.

[17] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (Ed.). **Manual de revestimentos de argamassa.** São Paulo, [200-]. Disponível em: <http://www.comunidadedaconstrucao.com.br/upload/ativos/279/anexo/ativosmanu.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2018.

[18] **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

[19] **NBR 9776**: Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman. Rio de Janeiro, 1987.

[20] BARROS, Mércia Maria Semensato Bottura de; SABBATINI, Fernando Henrique. **Tecnologia de produção de contrapisos para edifícios habitacionais e comerciais.** São Paulo: EPUSP, 1991. Disponível em: <http://www2.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00044.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2018.

[21] **NBR 7215**: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.

[22] TORRES, José Ramalho. Fortaleza, 3 nov. 2018. **Entrevista concedida pelo ex-diretor da Fundação Núcleo de Tecnologia Industria**l (NUTEC).