

Análise Comparativa entre a Resistência à Tração na Flexão e Compressão da Argamassa Convencional e Argamassa com Adição de Pó de Brita Granítica

Comparative Analysis between Tensile Strength and Compressive Strength of Conventional Mortar and Mortar with the Addition of granite Gravel Powder

Jessica Pereira da Silva^a; Dahiane dos Santos Oliveira Zangeski^a; Dayane Ferreira Nascimento^a; Jonathan Willian Zangeski Novais^{b*}; Renata Luisa Ferreira^c; Leonarda Leticia de Brito Fraga Lopes^a

^aUniversidade de Cuiabá, Curso de Engenharia Civil. MT, Brasil.

^bUniversidade de Cuiabá, Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Ambientais. MT, Brasil.

^cUniversidade Pitágoras, Engenharia Civil. MT, Brasil.

*E-mail: jonathan.novais@kroton.com.br

Resumo

Os finos de pedra que resultam da britagem de rochas graníticas, geralmente, são descartados e ficam estocados, ocupando áreas desnecessárias em pedreiras e expostas ao vento, chuva. Diante dessa situação, observa-se um desperdício da matéria-prima e visando a preservação ambiental se percebe a alternativa de empregar o pó de brita como agregado artificial em argamassa de revestimento. Para melhor entendimento dessa possibilidade, o artigo referenciou ao estudo comparativo da resistência à compressão e tração entre a argamassa convencional e a argamassa com adição de 20% de pó de brita granítica, confeccionados de acordo com os requisitos solicitados pela NBR 13281. Os dados foram obtidos pela ruptura de 12 corpos de prova cilíndricos e 12 corpos de prova prismáticos, nas idades de 7, 14, 21 e 28 dias, para ambos os tipos de argamassas, que foram dimensionadas com a resistência de projeto de 20 MPa, com o traço em volume para argamassa convencional de 1: 3,2: 0,4 (cimento, areia e cal hidratada) e para argamassa com adição de pó de brita de 1: 2,56: 0,64: 0,4 (cimento, areia, pó de brita e cal). Os resultados comprovaram que a resistência da argamassa com adição de pó de brita granítica se demonstrou mais elevada.

Palavras-chave: Finos de Pedreira. Granulometria. Densidade da Massa Fresca.

Abstract

Quarry fines resulting from the crushing of granitic rocks are usually discarded, stored in unnecessary quarry areas and exposed to wind, rain. Faced with this situation, a waste of the raw material is observed and environmental preservation is perceived as the alternative to use the crushed stone powder as an artificial aggregate in coating mortar. For a better understanding of this possibility, the article referred to the comparative study of the compressive strength and tensile strength between the conventional mortar and the mortar with the addition of 20% granite gravel powder, made according to the requirements of NBR 13281. The data were obtained by the rupture of 12 cylindrical specimens and 12 prismatic specimens, at the ages of 7, 14, 21 and 28 days, for both types of mortars, which were dimensioned with a design strength of 20 MPa, (Cement, sand and lime hydrate) and for mortar with addition of crushed stone powder of 1: 2.56: 0.64: 0.4 (Cement, sand, gravel and lime powder). The results showed that the strength of the mortar with the addition of granite gravel powder was higher.

Keywords: *Quarry Fines. Grain Size. Fresh Mass Density.*

1 Introdução

No Brasil, o consumo por agregados naturais para construção civil é grande. Segundo Whitaker (2001), a produção de agregados naturais em 1999 foi de 215 milhões de metros cúbicos, dos quais 127,2 milhões são representados por areias. A Associação Nacional das Entidades de Produtores de agregados para a Construção Civil (ANEPAC, 2013) afirmou que os agregados naturais são os materiais mais usados no mundo (só perdendo para a água), isso corresponde a cerca de 2/3 do total de produção mineral mundial, sendo que em 2014 a produção de mineral alcançou 65 bilhões de toneladas em todo o mundo, e no mesmo ano, o consumo brasileiro atingiu 741 milhões de toneladas, correspondente a 3,7 toneladas per capita.

Os agregados têm um papel social importante, uma vez que contribuem para confecção de concretos e argamassas, que podem ser aplicados em diversas estruturas como, por exemplo, a argamassa de revestimento que é utilizada em

acabamentos das construções, podendo ser aplicadas em paredes com a função de protegê-las contra intempéries e também regularizar a superfície. Convencionalmente, a argamassa de revestimento é composta por: cimento, areia e água ou cal, areia e água, ou cimento, cal, areia e água.

Para Terra (2000), o agregado natural mais usado para fabricação de argamassa é a areia, podendo ser a lavada, proveniente de portos e a do processo de britagem de pedreiras, sendo esta última artificial. Contudo, as regiões produtoras de areias naturais se situam a distâncias cada vez maiores dos centros consumidores, devido ao esgotamento gradual de jazidas próximas a estes centros, bem como aos conflitos originados pela ocupação territorial e, ainda, a ação fiscalizadora das entidades ligadas à preservação ambiental (SOARES *et al.*, 1997).

No entanto, a exploração desses minerais pode causar a escassez desses recursos naturais não renováveis, o qual, segundo Barbieri (2007) pode ser esgotado com o uso. Além disso, pode gerar grandes impactos ambientais negativos e,

talvez, irreversíveis (BRANDT, 1998).

Uma alternativa para minimizar os impactos ambientais seria a substituição da areia natural por pó de brita granítica na composição da argamassa, uma vez que algumas empresas descartam esse material pelo fato dos consumidores terem receio quanto ao seu uso, por ser um material áspero, ou por medo de não apresentar um bom desempenho. Porém, essa opção pode ser eficiente e eficaz, já que Afonso (2005) afirma que os resíduos de corte de rocha mostram grande desempenho quanto ao seu emprego em argamassas, pois além de ser uma solução ecologicamente correta, destacou-se como um elemento durável, com bom desempenho mecânico e com menor custo.

Fujimura *et al.* (1996) consideram que finos de pedreira são os materiais de granulometria inferior a 4,8 milímetros (mm), derivado dos processos de perfuração, detonação e britagem de rochas. Portanto, os finos de pedreira englobariam o material com granulometria inferior a 0,075 mm, chamado como pó de pedra pela NBR 7225 (ABNT, 1993).

Portanto, para analisar o uso do pó de brita granítica na argamassa de revestimento, este estudo teve como objetivo comparar a resistência à compressão e tração da argamassa para revestimento convencional (confeccionada com cimento, areia e água ou com cimento, cal, areia e água) com a argamassa com adição de 20% pó de brita granítica, avaliando a empregabilidade desse insumo.

2 Material e Métodos

Para confecção das argamassas se realizou a caracterização dos materiais para elaboração do traço de acordo com suas propriedades físicas. Em seguida, foram analisadas a consistência e a densidade da massa no estado fresco. Posteriormente, foram moldados corpos de prova para a realização dos ensaios de ruptura à compressão e à tração.

De acordo com Alvino, Lopes Neto e Oliveira (2013), as argamassas ideais devem apresentar qualidades como resistência, trabalhabilidade, compacidade, impermeabilidade, durabilidade e estabilidade dimensional, e que essas propriedades devem interagir entre si.

Na dosagem da argamassa para revestimento convencional foram utilizados os insumos: cimento, areia, cal e água. Para a argamassa de revestimento com adição de britagem: cimento, areia, pó de brita granítica e água. Segue abaixo a proveniência de cada material:

- Cimento Portland CP II F-32: (CP – Cimento Portland; II – composto; F – Adição de filer calcário, 32 – resistência de 32 MPa aos 28 dias de idade).
- Cal hidratada CH-III.
- Água limpa sem barro, óleo, galhos, folhas e raízes.
- Areia média oriunda do leito do rio Cuiabá – MT.
- Pó de brita resultante de fragmentação das rochas graníticas.

2.1 Caracterização dos materiais

A caracterização possibilita conhecer as propriedades físicas e químicas, que podem influenciar na seleção e proporções dos insumos. Para isso, realizaram-se os ensaios listados abaixo de acordo com as normas:

a) NBR 9976 (ABNT, 1987) - que se refere à determinação da massa específica realizada por meio do frasco Chapman.

b) NBR NM 52 (ABNT, 2009) - que se refere à determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água do agregado graúdo.

c) NBR NM 248 (ABNT, 2003) que se refere à determinação da composição granulométrica dos agregados miúdo e graúdo.

d) NBR 6467 (ABNT, 1986) – que refere à determinação do inchamento dos agregados miúdos.

Após a realização dos ensaios supracitados foram encontrados os seguintes resultados apresentados nos Quadros a seguir.

Quadro 1 - Caracterização dos agregados

Ensaio	Areia natural	Pó de Brita
Massa específica	2630 g/dm ³	2440 g/dm ³
Massa unitária	1567 g/dm ³	1593 g/dm ³
Determinação da composição granulométrica do agregado graúdo	2,36 mm	2,36 mm
Módulo de finura do agregado miúdo	1,89 mm	2,47 mm

Fonte: Dados da pesquisa.

O pó de brita utilizado nesta pesquisa foi classificado como areia grossa devido ao seu módulo de finura de 2,47mm. De forma semelhante ao estudo feito por D'Agostino e Soares (2003), em que os finos da pedreira granítica apresentaram o módulo de finura de 2,7mm classificando-os como areia média a grossa.

Henriques e Farias (2008) afirmaram, em estudo, que uma argamassa com a areia mais grossa apresenta uma redução, relativamente a outra realizada com areia mais fina, em uma gama de 42% para a porosidade aberta, e no que se refere às resistências mecânicas (flexão e compressão), a argamassa com a areia mais grossa mostra um acréscimo de 33% relativamente à argamassa com areia mais fina e um módulo de elasticidade 50% mais baixo.

Quadro 2 - Granulometria da areia natural

Peneira (Mm)	Massa Retida	%Retido	%Acumulado
4,75	15,7	0,79	0,79
2,36	56,8	2,84	3,63
1,18	81,5	4,08	7,7
0,6	227,5	11,38	19,08
0,3	900,6	45,03	64,11
0,15	595,5	29,78	93,88
Fundo	122,4	6,12	100
Total	2000	100,02	

Fonte: Dados da pesquisa.

Quadro 3 - Granulometria do pó de brita granítica

Peneira (Mm)	Massa Retida	%Retido	%Acumulado
4,75	0,2	0,01	0,01
2,36	113,4	5,67	5,68
1,18	522,5	26,12	31,8
0,6	452,5	22,63	54,42
0,3	323,3	16,17	70,59
0,15	278,2	13,91	84,5
Fundo	310,1	15,51	100
Total	2000	100	

Fonte: Dados da pesquisa.

Observa-se nos Quadro 2 e 3 que a maior porcentagem granulométrica fica compreendida entre as peneiras de 600 e 150 μm , da mesma forma que os resultados de Alvino, Lopes Neto e Oliveira (2013) que consideraram o resíduo de britagem com 80% de sua granulometria localizada entre as peneiras 600 e 150 μm e afirmaram que esta grande quantidade de partículas de pequeno diâmetro pode atuar como um lubrificante entre as partículas maiores de agregado e do cimento Portland, favorecendo a qualidade das argamassas.

Quadro 4 - Coeficiente de inchamento da areia natural

Material (g)	Umidade %	Água (g)	P.P.C. + amostra	P.P. Cilindro	V cilindro (dm^3)	P.M.h. (dm^3)	P. Y	CI%
6000	0	0	7120,9	2417,4	3	4703,5	1567,8	1
6000	0,5	30	6755	2417,4	3	4337,6	1445,9	1,09
6000	1	60	6453,3	2417,4	3	4035,9	1345,3	1,177
6000	2	120	6331,8	2417,4	3	3914,4	1304,8	1,226
6000	3	180	6005,6	2417,4	3	3588,2	1196,1	1,35
6000	4	240	5905,2	2417,4	3	3487,8	1162,6	1,403
6000	5	300	5940,3	2417,4	3	3522,9	1174,3	1,402
6000	7	420	6003,1	2417,4	3	3585,7	1195,2	1,404
6000	9	540	6078,8	2417,4	3	3661,4	1220,5	1,4
6000	12	720	6330,7	2417,4	3	3913,3	1304,4	1,346

Fonte: Dados da pesquisa.

Quadro 5 - Coeficiente de inchamento do pó de brita granítica

Material (g)	Umidade %	Água (g)	P.P.C. + amostra	P.P. Cilindro	V cilindro (dm^3)	P.M.h. (dm^3)	P. Y	CI%
6000	0	0	6498,6	2418,8	3	4079,8	1359,9	1
6000	0,5	30	6460,3	2506,6	3	3953,7	1317,9	1,037
6000	1	60	6193,1	2506,6	3	3686,5	1228,8	1,118
6000	2	120	5910,1	2506,6	3	3403,5	1134,5	1,223
6000	3	180	5809,3	2506,6	3	3302,7	1100,9	1,272
6000	4	240	5806,1	2506,6	3	3299,5	1099,8	1,286
6000	5	300	5701,1	2506,6	3	3194,5	1064,8	1,341
6000	7	420	5769,2	2506,6	3	3262,6	1087,5	1,338
6000	9	540	5802,1	2506,6	3	3295,5	1098,5	1,349
6000	12	720	5993	2506,6	3	3486,4	1162,1	1,311

Fonte: Dados da pesquisa.

Geralmente, agregados miúdos obtidos por britagem apresentam um maior inchamento do que a areia natural. Apesar do inchamento em si não afetar o proporcionamento dos materiais em massa, este pode alterar o volume, pois devido ao inchamento, o agregado resulta em uma massa de areia menor, ocupando o mesmo espaço da caixa medida (NEVILLE, 2016). No entanto, é notório uma proximidade do coeficiente de inchamento entre a areia natural e o pó de brita.

2.2 Traço

Para calcular o traço se considerou a resistência de projeto em 2,0 Mpa, massa específica do cimento de 3150 g/dm^3 e massa específica da cal de 3350 g/dm^3 resultando para argamassa convencional o traço em volume 1:3, 2:0,4 (cimento, areia e cal) e para argamassa com substituição de

20% da areia por pó de brita, o traço em volume foi 1:2,56:0,64:0,4 (cimento, areia, pó de brita e cal).

A proporção da quantidade de água foi determinada pela NBR 13276 (ABNT, 2005) referente ao preparo da mistura e determinação do índice de consistência, ajustando a quantidade de água para que a argamassa alcançasse o índice de consistência entre 245mm à 265mm. Para argamassa, com adição do pó de brita, ocorreu uma diminuição da quantidade de água para que o valor fosse mais próximo possível do limite, alcançando índice de consistência em 258mm para argamassa convencional e 264mm para argamassa com adição de pó de brita.

Carneiro, Cincotto e John (1997) afirmam que a capacidade de retenção de consistência das argamassas diminui com o aumento da massa unitária, e este efeito pode ser justificado pelo menor conteúdo de finos aglomerantes nestas argamassas.

2.3 Determinação da densidade da massa no estado fresco

Para determinação da densidade da argamassa, em ambos os casos, foi realizado o ensaio de acordo com a NBR 13278 (ABNT, 2005), o qual resultou em uma pequena diferença na comparação, com 2121.67 kg/m³ para argamassa convencional e de 2121.11 kg/m³ para argamassa com adição de pó de brita, assim ambas se enquadraram na mesma classe D5 especificada na classificação da NBR 13278 (ABNT, 2005).

A massa específica ou densidade das argamassas é influenciada pelo teor de ar incorporado na massa, pois Carneiro, Cincotto e John (1997) observaram que com o crescimento da massa unitária da areia se tem um crescimento da massa unitária, medida na argamassa fresca, em razão de o ar que se encontra retido na pasta, quanto maior o volume da areia, menor é o volume preenchido pela pasta e menor o teor de ar incorporado.

2.4 Determinação da massa aparente no estado endurecido

Realizou-se essa determinação, conforme a NBR 13278 (ABNT, 2005), no qual os resultados foram obtidos pela média de três corpos de prova para cada tipo de argamassa, obtendo uma pequena variação nos resultados, com 2050,17 kg/m³ para argamassa convencional e 2044.17 kg/m³ para argamassa com adição de pó de brita. E a classificação da densidade de massa aparente, de acordo com NBR 13281 (ABNT, 2005), enquadraram ambas as argamassas na classe M6.

2.5 Determinação da resistência à compressão e tração

Foram moldados 12 corpos de prova para argamassa convencional e 12 corpos de prova para argamassa com adição de pó de brita. Logo após o endurecimento por 24 horas, os corpos de provas foram encaminhados para cura úmida (submerso em água) e, posteriormente, submetidos à ruptura, sendo 3 corpos de prova para cada tipo de resistência nas idades de 7, 14, 21 e 28 dias.

a) Resistência à compressão

Para determinar a resistência à compressão se levou em consideração a NBR 13279 (2005), com os corpos de prova em formato cilíndrico no tamanho 5cmx10cm. No processo de ruptura, os corpos de prova foram submetidos a uma carga entre 500 50 N/s até sua ruptura. A resistência foi calculada pela seguinte equação:

R_c = Resistência à compressão (Mpa);

F_c = Carga máxima aplicada (N);

é a área da seção circular do dispositivo de carga com o diâmetro de 50mm;

b) Resistência à tração

Para realização deste ensaio também foram seguidos os requisitos da NBR 13279 (2005), porém os corpos de provas foram moldados em moldes prismáticos com as dimensões 4cmx4cmx16cm. Para determinação da resistência à tração na flexão se aplicou uma carga de 50 10 N/s nos corpos de provas. E após sua ruptura, a resistência foi encontrada pela

seguinte equação:

$$R_f =$$

R_f = Resistência à tração na flexão (MPa);

F_f = Carga aplicada no centro do prisma verticalmente (N);

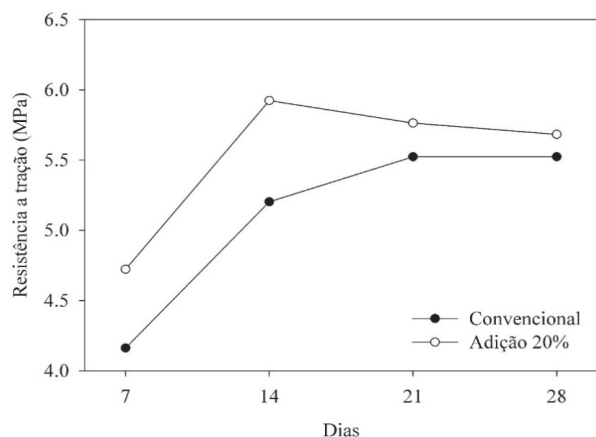
L = Distância entre o suporte (mm);

3 Resultados e Discussão

3.1 Resistência à tração na flexão

Dos resultados obtidos através do ensaio, na prensa universal, foi feita uma média, e concluiu-se que houve uma pequena variação na resistência à tração na flexão entre as argamassas com e sem adição de pó de brita granítica. De acordo com a NBR 13281 (ABNT, 2005), ambas as argamassas ensaiadas se enquadram na classe R6, por apresentarem valores de resistência à tração na flexão maiores que 3,5 MPa, a mais alta classe de resistência à tração na flexão da norma NBR13281 (ABNT, 2005).

Figura 1 - Resistência à tração das argamassas convencional e com adição de 20% de pó de pedra granítica



Fonte: Dados da pesquisa.

Observa-se pela Figura 1 que a resistência à tração foi maior no corpo de prova com adição de 20% de pó de brita granítica, em que o máximo ocorreu aos 14 dias, com o valor de aproximadamente 6,0 Mpa. Já a máxima resistência à tração na flexão para o corpo de prova convencional foi de aproximadamente 5,5 Mpa aos 21 dias e se manteve constante até 28 dias de idade. Em média, os valores de resistência à tração na flexão dos corpos de prova com adição de brita granítica, se apresentaram 6,72% maiores que o convencional.

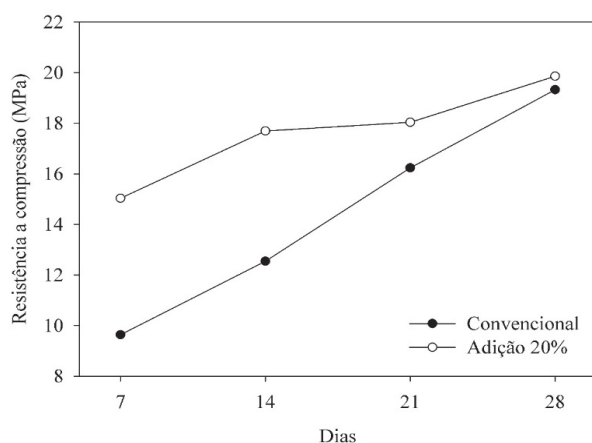
A adição do pó de pedra auxiliou no preenchimento dos vazios existentes entre partículas da argamassa, exercendo assim uma influência positiva na resistência a tração em relação à argamassa convencional.

Para Neville (2016), não existe objeção ao uso de agregados com materiais pulverulentos presentes, desde que não haja atividade química. No entanto, a sua quantidade presente em massa total do agregado deve ser controlada, pois devido a sua finura, requer uma quantidade maior de água para a mesma característica de argamassa ou concreto.

3.2 Resistência à compressão

A média dos resultados demonstrou que ocorreu variação nos valores de resistência à compressão da argamassa convencional para a argamassa com adição do pó de brita granítica somente nas primeiras idades. De acordo com NBR 13281 (ABNT, 2005), todas as argamassas foram classificadas na classe P6, pois as resistências foram maiores que 8 MPa, a mais alta classe de resistência à compressão da norma NBR 13281 (ABNT, 2005).

Figura 2 - Resistência à compressão das argamassas convencional e com adição de 20% de pó de pedra granítica



Fonte: Dados da pesquisa.

Observa-se pela figura 2 que nas primeiras idades houve uma diferença significativa entre as resistências à compressão dos corpos de prova com e sem adição de 20% de pó de brita granítica e que nas idades mais avançadas essa diferença foi ficando cada vez menor, atingindo praticamente o mesmo valor de resistência aos 28 dias de idade, próximo de 20 MPa. Possivelmente, a adição do agregado artificial acelera os processos de cura e, conseqüentemente, ganhos de resistência nas primeiras idades, não afetando de forma significativa a resistência à compressão em idades mais avançadas.

No estudo feito por D` Agostino & Soares (2003), a argamassa preparada com 100% de finos de pedra, após 90 dias, mostrou o maior valor de resistência à compressão, representando mais que o dobro do resultado obtido com a argamassa preparada com 100% areia aluvionar. Já Alvino, Lopes Neto e Oliveira (2013) concluem que resíduos de britagem de rochas graníticas podem ser satisfatoriamente utilizados em substituição a areia natural como agregado miúdo por aumentar sua resistência à compressão e melhorar sua consistência.

4 Conclusão

De forma geral, as argamassas analisadas se enquadram nas classes P6 e R6, atendendo aos requisitos de qualidade e durabilidade impostos pela NBR 13281 e os resultados evidenciaram que a adição do agregado artificial acelerou

o ganho de resistência nas primeiras idades. A argamassa com adição de pó de brita apresentou valores mais elevados de resistência à tração na flexão do que a argamassa convencional, já no ensaio da resistência à compressão, ambas argamassas se aproximaram da resistência de projeto de 20 Mpa. Portanto, o denominado fino de pedra é um material adequado para o preparo de argamassas e, cada vez mais, este vem sendo introduzido nas dosagens, principalmente, pelas usinas de concreto. A utilização desse material proporciona vantagens no âmbito de economia, desempenho, durabilidade e consciência ambiental.

Referências

- AFONSO, N.M. *Caracterização de resíduo de corte de rochas na produção de argamassa*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos do Goytacazes: 2005.
- ALVINO, F.C.G.; LOPES NETO, J.P.; OLIVEIRA, F.S. Avaliação de argamassas com incorporação de resíduos de britagem para construções rurais. *Rev. Ciênc. Agrovet.*, v.13, n.1, p.23-29, 2014.
- ANEPAC - Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil. Anuário ANEPAC: construindo o presente, criando o futuro. 2013. Disponível em: <<http://www.anepac.org.br/>>. Acesso em: 23 out. 2016.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9776; Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman – Método de ensaio, 1988.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6467; Agregados – Determinação do inchamento de agregado miúdo – Método de ensaio, 2006.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13279; Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão, 2005.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7225; Materiais de pedra e agregados naturais, 1982.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13276; Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência, 2005.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 248; Agregados - Determinação da composição granulométrica, 2003.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13278; Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado, 1993.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 52; Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente, 2009.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13281; Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos, 2005.
- BARBIERI, J.C. *Gestão ambiental empresarial*. São Paulo: Saraiva, 2007.
- BRANDT, W. Avaliação de cenários em planos de fechamento de minas. In: DIAS, L.E.; MELLO, J.W.V. *Recuperação de áreas*

degradadas. Viçosa: UFV, 1998. p.131-134.

CARNEIRO, A.M.P.; CINCOTTO, M.A.; JOHN, V.M. A massa unitária da areia como parâmetro de análise das características de argamassas. *Ambiente Construído*, v.1, n.2, p.37-44, 1997.

D'AGOSTINO, L.Z.; SOARES, L. O uso de finos de pedra de rocha granítico-gnáissica em substituição as areias naturais na elaboração de argamassa. *Geociências*, v. 22, n.1, p.65-73, 2003.

FUJIMURA, F. *et al.* Environmental issues and waste manaproï. table uses of stone quarry ï. nes. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL ISSUES AND WASTE MANAGEMENT IN ENERGY AND MINERAL PRODUCTION, 4., 1996, Cagliari. Proceedings ... Cagliari: Swemp, 1996.

HENRIQUES, F.M.A., FARIA, P. O papel da investigação no estudo das argamassas de substituição na conservação do

patrimônio. *Rev. Engenharia Civil*, n.31, p29-37, 2008.

NEVILLE A. M. *Propriedades do concreto*. São Paulo: Bookaman, 2016.

SOARES, L. *et al.* Areias naturais: material de construção cada vez mais escasso na Região Metropolitana na Grande São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL DE TECNOLOGIA, 1997.

TERRA, L.E.M. Finos de pedra para confecção de concretos estrutural - Praticas recomendadas. In: SEMINÁRIO “DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL: PRATICAS RECOMENDADAS”, 3. São Paulo. *Anais...* São Paulo, 2000.

WHITAKER, W. Técnicas de preparação de areia para o uso na construção civil. 2001. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2001.