

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE ROCHA ARTIFICIAL A PARTIR DE CHAMOTE E BRITA EM MATRIZ EPOXÍDICA*

Maria Luiza Pessanha Menezes Gomes¹
Elaine Aparecida Santos Carvalho Costa²
Larissa Nascimento Sobrinho³
Sérgio Neves Monteiro⁴
Rubén Jesus Sánchez Rodríguez⁵
Carlos Maurício Fontes Vieira⁶

Resumo

Esse trabalho tem como objetivo produzir e caracterizar uma rocha artificial composta por chamote e brita e uma resina epoxídica, visando obter um material nacional oferecendo uma alternativa econômica e ecológica. Primeiro foi determinada a composição granulométrica de maior empacotamento dos resíduos, para a produção dos corpos de prova foi utilizado vibração, vácuo e compressão. Os corpos de prova foram submetidos a ensaio físico, ensaio de flexão, desgaste abrasivo e resistência ao ataque químico. As rochas produzidas artificialmente apresentaram propriedades mecânicas dentro da faixa esperada e propriedades físicas abaixo do esperado quando comparada com outras rochas artificiais, se mostrou resistente ao ataque químico e resistente ao desgaste abrasivo, podendo deste modo ser empregadas para piso de alto tráfego.

Palavras-chave: Rocha Artificial; Epóxi; Resíduo.

PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF ARTIFICIAL STONE FROM CHAMOTTE AND GRAVEL IN EPOXYDIC MATRIX

Abstract

This work aims to produce and characterize an artificial stone composed of chamotte and gravel and an epoxy resin, aiming to obtain a national material offering an economical and ecological alternative. First, it was determined the grain size composition of the largest packaging of the residues, for the production of the specimens were used vibration, vacuum and compression. The specimens were submitted to physical test, flexural test, abrasive wear and chemical attack resistance. The artificial stones presented mechanical properties within the expected range and physical properties lower than expected when compared to others artificial stones, they were resistant to chemical attack and resistant to abrasive wear and could therefore be used for high traffic floor.

Keywords: Artificial stone; Epoxy; Residue.

¹ Engenharia Metalúrgica, Mestre, Doutoranda, LAMAV, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ-Brasil.

² Química, Doutora, Pós-doutoranda, LAMAV, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ-Brasil.

³ Engenharia Civil, Graduanda, LAMAV, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ-Brasil.

⁴ Engenheiro Metalúrgico, Doutor, Professor, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, Brasil.

⁵ Químico, Doutor, Professor, LAMAV, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ-Brasil.

⁶ Engenheiro Mecânico, Doutor, Professor, LAMAV, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ-Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios do homem não é apenas saber como descartar os resíduos gerados por ele, mas também saber reaproveitar tudo que a princípio é irrelevante de uma forma economicamente viável. Ao longo das últimas décadas o desenvolvimento industrial tem gerado uma grande quantidade de resíduos e o que por muito tempo era depositado de forma inapropriada gerando alguns tipos de contaminação pôde ser transformado em matéria-prima para outros processos produtivos, sendo uma ótima alternativa para certos ramos industriais com a construção civil [1].

O gerenciamento adequado dos resíduos provenientes do processo pós-queima da cerâmica vermelha, é um procedimento desconhecido pelos ceramistas. Até então eles são utilizados para terraplanagem e na grande maioria é descartado a céu aberto, entulhados no terreno das indústrias [1]. Paralelo a isso, a indústria brasileira voltada para o ramo de extração de rochas ornamentais possui alta potencialidade no que diz respeito ao número de reservas, entretanto, está em atraso quando comparada a outros países desenvolvidos no que diz respeito a produtividade e qualidade do processo produtivo. Aliado a esses fatores está à falta de preocupação em evitar os desperdícios e o descaso com a destinação dos resíduos gerados, que poderiam ser reutilizados [2].

Dentre as vantagens das rochas artificiais estão o peso reduzido, se comparado ao material de origem, já que há a incorporação de polímeros na composição, que por sua vez são menos densos que os cerâmicos. Além disso, pode ser utilizada uma grande variedade de resíduos de diversificadas atividades industriais, contribuindo para o reaproveitamento e reciclagem dos mesmos [3].

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos é bem clara ao determinar que nenhum tipo de resíduo deve ter destinação final de forma irregular. Neste contexto, surgiu o desenvolvimento de novos materiais, em especial na linha de compósitos poliméricos, gerando produtos conhecidos por rochas artificiais [3].

Este estudo visa avaliar a produção de placas de rocha artificial com a utilização de vibração, vácuo e compressão. O domínio da produção de rocha artificial pode oferecer meios para a redução dos volumes de rejeitos depositados diariamente, através de seu aproveitamento em produtos de alto valor agregado, além da possibilidade de inclusão deste novo produto, ambientalmente correto e com boas perspectivas de mercado, nos catálogos da indústria de rochas ornamentais naturais. Neste contexto, propõe-se um estudo para nacionalização da tecnologia de produção de placas de rocha artificial com fins de revestimento, utilizando resíduos industriais.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.2 Materiais utilizados

- *Chamote*: Foi utilizado resíduo de blocos de vedação proveniente, fornecido pela Cerâmica Indiana Ltda localizada em Campos dos Goytacazes, RJ.

- *Brita*: O resíduo foi fornecido pela pedreira Itereré e é proveniente da etapa de fabricação de rochas ornamentais localizada na cidade de Campos dos Goytacazes, RJ. Para o peneiramento da matéria-prima, adotou-se a norma técnica ABNT NBR 7181(ABNT, 1984a) para peneiramento fino [4], ambos os resíduos foram

classificados entre as peneiras de 10 e 200 mesh, dividindo-se em três diferentes granulometrias. O material de maior dimensão (grosseira) classificou-se dentro da faixa de 2 mm até 0,42 mm, a segunda faixa (média) englobou granulometrias entre 0,42 mm até 0,075 mm, e já a terceira (fina) foi representada por grãos de granulometrias inferiores a 0,075mm.

- *Resina epóxi*: Do tipo éter diglicidílico de bisfenol A (DGEBA); nome comercial: MC130; como endurecedor, utilizou-se a Trietilenotetramina (TETA), ambos fornecidos pela EPOXYFIBER.

2.3 Determinação da composição granulométrica de maior empacotamento

A partir das três faixas granulométricas (grosso (1), médio (2), fino (3)) foram propostas 10 misturas de partículas (com suas proporções de cada componente), para isso utilizou-se um diagrama ternário de modelo cúbico completo, que foi desenvolvido na metodologia de modelagem numérico experimental rede Simplex (Simplex-Lattice Design). O objetivo principal foi determinar qual destas misturas apresentou a densidade aparente seca máxima. A figura 1 ilustra geometricamente cada ponto que representa uma mistura de determinada composição.

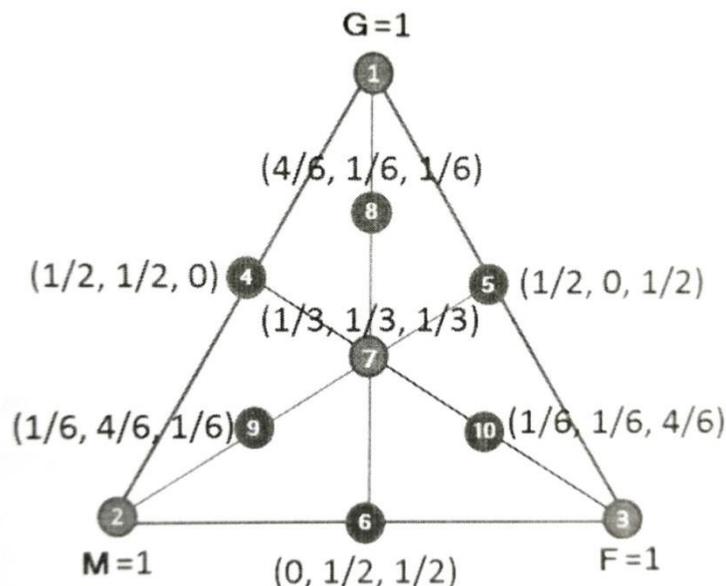


Figura 1. Diagrama ternário com as 10 misturas baseado no modelo cúbico completo do simplex.

O ensaio para determinar o empacotamento das misturas foi baseado na norma ABNT MB-3388 (1991) [5]. As misturas foram colocadas num recipiente de volume conhecido, um peso de 10 Kgf foi posicionado sobre a mistura de partículas e o sistema vibrado, foram feitas 3 repetições de cada composição. No fim a mistura foi pesada e a densidade vibrada calculada.

2.4 Produção das placas de rocha artificial

As placas da rocha artificial foram produzidas nas dimensões de 100x100x10mm. Inicialmente, as partículas de chamote e de brita previamente britadas e peneiradas foram secas em estufa por 24 horas.

A placa produzida teve 20% em peso do sistema epoxídico DGEBA/TETA, e 80% em peso dos resíduos utilizados (chamote + fino de brita). Os resíduos foram devidamente pesados e misturados a resina, e colocado no molde e o mesmo ligado a um sistema de vácuo e vibrado. E levado e posicionado em uma prensa hidráulica marca Marcone MA 098-A, onde foram produzidos corpos de prova com pressão de compactação de 10 toneladas e temperatura, após a prensagem o molde foi desconectado do sistema de vácuo e resfriado a temperatura ambiente para retirada da placa. As placas foram submetidas a uma etapa de acabamento com a utilização de lixas, e posteriormente foram cortadas com o auxílio de um disco diamantado, para a preparação dos corpos de prova para os ensaios.

2.5 Caracterização das placas de rocha artificial

Foram caracterizadas as placas de rocha artificial produzida RCB (Rocha artificial chamote e brita) e a comercial Stellar, produzida e fornecida pela empresa EcologicStone, localizada em Cahoeiro-ES.

- *Determinação dos índices físicos:* A densidade, porosidade e a absorção de água, das placas produzidas RCB foram determinados pela norma ABNT NBR 15845:2010 [6].

- *Ensaio de flexão em três pontos:* Foi avaliado o desempenho mecânico das placas de rocha artificial, condição de flexão em um sistema de três pontos e realizada na máquina universal de ensaios mecânicos, marca Instron, modelo 5582. As medições foram realizadas utilizando, célula de carga 100KN de acordo com as orientações das normas EN 14617-2 (2008) [7] e do anexo F da norma NBR 15.845 (2010) [6].

- *Desgaste Abrasivo:* O ensaio de desgaste abrasivo foi realizado em equipamento de desgaste abrasivo tipo AMSLER, sendo dois corpos de prova (RCB e a comercial Stellar) medindo 70 x 70 x 40 mm. O ensaio foi realizado conforme a norma NBR 12.042:2012 [8]. Os corpos de prova têm suas espessuras medidas antes do ensaio, após 500 metros, e após 1000 metros de pista percorrida.

- *Resistência ao ataque Químico:* A determinação da resistência à ataques químicos da rocha artificial produzida, foi realizada utilizando uma adaptação do anexo H da norma brasileira NBR 13.818. Foram utilizados dezesseis corpos de prova de RCB medindo aproximadamente 50 x 50 mm, Os corpos de prova foram previamente pesados antes de sofrerem ataque químico.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Determinação de maior empacotamento

A Tabela 1 e 2 mostram os valores obtidos da densidade vibrada para as dez misturas de chamote e brita respectivamente.

Conforme os resultados especificados nas tabelas, tem-se que a mistura de chamote de maior empacotamento foi a cinco e a de brita foi a mistura oito. A diferença dos resultados pode ser explicada pela diferença de morfologia das partículas. O empacotamento de partículas, que condiciona o processamento e muitas propriedades de misturas de pós, é fortemente condicionado pela distribuição granulométrica e morfologia das partículas [10].

Tabela 1. Densidade vibrada das misturas de chamote testadas

Mistura	Massa das Partículas (g)			Densidade Vibrada (g/cm ³)			
	1	2	3	1	2	3	MÉDIA
1	670	675	670	0,661	0,666	0,661	0,663
2	945	950	955	0,933	0,938	0,943	0,938
3	765	785	785	0,755	0,775	0,775	0,768
4	840	855	835	0,829	0,844	0,824	0,832
5	1.030	1.030	1.035	1,017	1,017	1,021	1,018
6	955	950	950	0,943	0,938	0,938	0,939
7	965	950	975	0,952	0,938	0,962	0,951
8	955	955	955	0,943	0,943	0,943	0,943
9	835	825	825	0,824	0,814	0,814	0,818
10	970	940	940	0,957	0,928	0,928	0,938

Tabela 2. Densidade vibrada das misturas de brita testadas

Mistura	Massa das partículas (g)			Densidade vibrada (g/cm ³)			
	1	2	3	1	2	3	MÉDIA
1	1.460	1.445	1.435	1,44	1,43	1,42	1,43
2	1.690	1.685	1.735	1,67	1,66	1,71	1,68
3	1.480	1.495	1.495	1,46	1,48	1,48	1,47
4	1.620	1.650	1.635	1,60	1,63	1,61	1,61
5	1.860	1.815	1.775	1,84	1,79	1,75	1,79
6	1.815	1.810	1.815	1,79	1,79	1,79	1,79
7	1.860	1.785	1.850	1,84	1,76	1,83	1,80
8	1.830	1.895	1.875	1,81	1,87	1,85	1,84
9	1.520	1.470	1.435	1,50	1,45	1,42	1,46
10	1.795	1.780	1.805	1,77	1,76	1,78	1,77

3.2 Densidade, absorção de água e porosidade aparente

A Tabela 3 mostra os valores obtidos para as propriedades físicas da rocha artificial RCB e a comercial Stellar, tais como: densidade, absorção de água e porosidade aparente.

Tabela 3. Densidade, absorção de água e porosidade aparente da rocha artificial RCB e do material comercial.

	RCB 20%	Comercial
Densidade [g/cm ³]	2,08 ^{±0,03}	2,38 ^{±0,04}
Absorção [%]	0,56 ^{±0,08}	0,18 ^{±0,04}
Porosidade [%]	1,18 ^{±0,18}	0,44 ^{±0,10}

A média do resultado de densidade aparente obtido foi de 2,08 g/cm³, ao compararmos esse resultado com a rocha comercial com densidade de 2,38 g/cm³, verifica-se que valores próximos a rocha produzida, é apenas 12% menos densa do

que a rocha comercial. Lee et al.(2002) durante suas pesquisas deste tipo de material artificial, variou níveis de pressão de compressão, nível de vácuo e frequência de vibração, e assim encontrou valores variando de 2,03 a 2,45 g/cm³ [11].

Com relação ao valor de absorção de água da rocha artificial produzido, foi encontrado o valor de 0,56 %, enquanto a Stellar (comercial) obteve valor de 0,18%, ou seja, a rocha desenvolvida obteve resultado três vezes maior do que a comercial. Borselino et al. (2009) desenvolveu um mármore composto utilizando resina epóxi e Ribeiro et al. (2014) utilizando resina poliéster e obtiveram valores de absorção de água de 0,25% e 0,19% respectivamente [12,13], a absorção de água apresentada foi muito superior aos valores obtidos pelas demais rochas artificiais.

A porosidade aparente encontrada para as placas da rocha apresentou um valor médio de 1,18. O valor da porosidade aparente para a rocha comercial Sellar foi de 0,44, quase três vezes menor do que a rocha utilizando chamote e brita. Silva et al., (2016) alcançou valor de 0,11%, mostrando baixo nível de porosidade do mármore artificial formulado utilizando poliéster [14]. Chiodi e Rodriguez (2009) classificam que materiais de revestimento de qualidade alta devem ter porosidade abaixo de 0,5%, portanto o resultado encontrado está duas vezes acima deste valor. O valor de porosidade encontrado para rocha é considerado alto e pode interferir nas propriedades mecânicas do material [15].

3.3. PROPRIEDADE MECÂNICA

3.3.1. Tensão de ruptura em flexão

A Figura 2 mostra o gráfico Tensão em Flexão x Deformação para a RCB, para a resina epóxi pura e para a rocha artificial comercial Stellar.

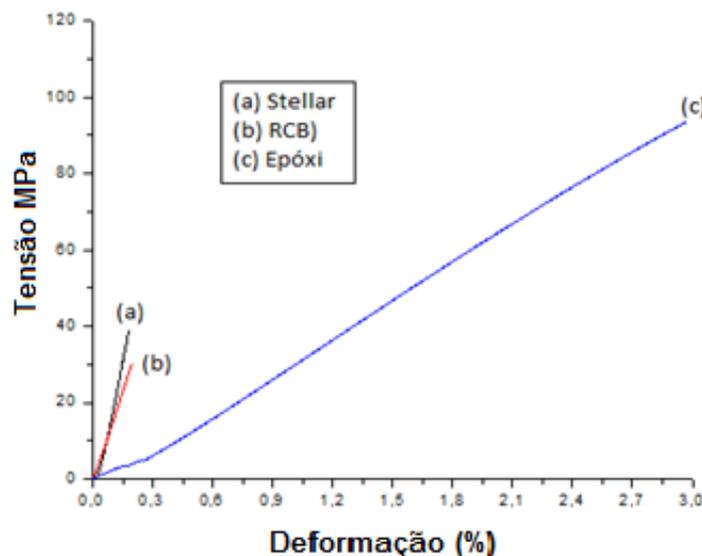


Figura 2. Curvas Tensão e deformação da rocha comercial Stellar, RCB e do sistema epoxídico.

Comparando o comportamento da resina epóxi e da rocha produzida é possível observar que a adição de cargas, contribuiu para tornar o material mais rígido, um comportamento esperado, tendo em vista que a incorporação de partículas rígidas

numa matriz polimérica geralmente aumenta o módulo de elasticidade do material [16].

Com relação à tensão de ruptura, foram encontrados valores de $29,97 \pm 3,02$ MPa para a RCB com 20% de resina consideravelmente menor que o valor encontrado para a resina epóxi pura ($93,59 \pm 4,7$ MPa), um comportamento também esperado, já que quando grandes quantidades de pó são adicionadas a polímeros uma redução na resistência a flexão é observada [17]. Com relação a pedra comercial STELLAR, foi encontrado valor de $36,61 \pm 2,48$ MPa. Silva et al. (2015) e Ribeiro et al (2014) em suas pesquisas com mármore composto, alcançaram $26,99 \pm 2,73$ MPa e $21,5 \pm 1,9$ MPa, respectivamente. Mais um indício da boa resistência a flexão da rocha artificial desenvolvida [18,13].

Já, Borsellino et al. (2009) apresentou valores de 16,6 MPa para a tensão de ruptura em flexão de rochas artificial produzidas com 80% em massa de partículas de um mármore calcítico e 20% de resina epóxi [12]. O valor baixo quando comparado a outros tipos de rochas artificiais e de acordo com a classificação proposta por Chiodi e Rodriguez (2009), se explica pelo fato da não utilização do vácuo para a produção das placas de rocha artificial, ocasionando assim o surgimento de vazios conectados que por sua vez atuam como concentradores de tensão influenciando negativamente nas propriedades mecânicas do material [15]. Ao contrário, nesse trabalho foi utilizado o vácuo na produção da rocha, evitando assim esse inconveniente.

Segundo estudos realizados por Chiodi e Rodriguez (2009), as rochas artificiais que se destinam a ser aplicadas como revestimento é classificado como matérias de alta resistência quando sua tensão de ruptura em flexão excede 20MPa [15]. Tendo em vista que a rocha em questão apresentou resistência à flexão de 29,97 MPa, aproximadamente 50% acima do recomendado, verifica-se o bom desempenho mecânico do material.

3.3.2. Desgaste abrasivo

O teste de desgaste é muito utilizado para avaliar o desempenho de um determinado material, mais especificamente a superfície dura. Neste teste, a perda de volume de uma pedra para construção de casa ou estrada provoca alterações nas propriedades mecânicas, bem como brilho e cor da superfície. Chiodi Filho e Rodriguez (2009) determinaram que para piso de alto tráfego o desgaste deve ser menor que 1,5 mm, para tráfego médio deve ser menor que 3 mm, e para baixo tráfego o desgaste deve ser menor que 6 mm [15]. Baseado nesses parâmetros, após teste de desgaste tem-se que a rocha artificial pode ser utilizada para piso de alto tráfego, visto que o desgaste obtido na pista de 500m foi de 0,50 mm e na de 1000 m 1,19 mm, ou seja, sua perda de espessura foi inferior a 1,5 mm. A rocha Stellar comercial, sofre maior desgaste, pois perde 0,70 mm de espessura após 500 m e 1,53 mm após 1000 m.

Carvalho et al. (2015), ao avaliar uma rocha artificial utilizando 80% de resina epóxi e 20% de resíduo de um precipitador eletromagnético de uma etapa de sinterização apresentou uma redução de espessura de de 1,04 mm e 2,16 mm para 500 e 1000 m, considerada piso de médio tráfego [19].

3.3.3. Ataque químico

A Tabela 4 apresenta a perda de massa relativa frente aos ataques químicos para os corpos de prova de RCB. Os reagentes indicados pela norma para realizar os ataques químicos são comumente utilizados, contidos em produtos que podem estar em contato com a rocha artificial, que tem seu uso destinado ao ramo de construção civil como piso e/ou revestimento. Analisando os resultados obtidos verifica-se que

todas as soluções usadas no ataque químico, a rocha artificial em estudo, RCB, afetaram em maior ou menor grau as mesmas, ocasionando perda de massa. Ao comparar o efeito dos reagentes utilizados percebe-se que o ataque químico utilizando o ácido clorídrico foi o mais agressivo teve a maior perda de massa de 0,12g, seguido do hidróxido de potássio, com perda de massa de 0,08g. Isso se deve ao fato do ácido clorídrico ser um ácido forte, possui alto grau de ionização, além de ser corrosivo. Os resultados comprovam que se deve evitar o uso de produtos que contenha hidróxido de potássio e ácido clorídrico para manutenção de limpeza da RCB, recomenda-se que os cuidados devam ser realizados utilizando-se apenas um pano úmido com sabão neutro diluído.

Tabela 4. Perda de massa relativa para os materiais.

Reagentes	Perda de massa relativa (g)
NH ₄ Cl	0,04
C ₆ H ₈ O ₇	0,05
KOH	0,08
HCl	0,12

Ribeiro et al. (2015) em sua pesquisa também avaliou a resistência ao ataque químico de uma rocha artificial, nesse caso mármore composto utilizando resina poliéster e resíduo de mármore com os mesmos reagentes previstos pela norma e de modo geral o material sofreu maior perda de massa, 0,16g para o NH₄Cl; 1,21g para o C₆H₈O₇; 0,48 para o KOH e 1,55 g para o HCl, sendo o ácido cítrico e o ácido clorídrico os mais agressivos. Apesar de não se tratar do mesmo tipo de material, verifica-se que a rocha artificial utilizando chamote e brita em matriz epoxídica foi mais resistente ao ataque químico de tais substâncias, apresentando menor perda de massa [20]. A diferença nos resultados encontrados se explica pelo fato de que o chamote e as rochas que compõe a brita, como por exemplo, os granitos são rochas silicáticas, com comportamento ácido, enquanto os mármore são rochas calcáreas, com comportamento alcalino, o que no caso dos ataques químicos faz uma grande diferença.

4. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos podemos concluir que a composição estudada (RCB) apresentou resultados físicos abaixo da faixa esperada para rochas artificiais utilizada como revestimento. Quanto a resistência mecânica, o material apresentou propriedades satisfatórias, além de ser considerado resistente ao desgaste podendo ser utilizado como piso para alto tráfego, inferiu-se que o material apresentou propriedades satisfatórias para sua utilização como material alternativo.

Agradecimentos

Agradecemos a CAPES e UENF pelo apoio. E a FAPERJ pelo financiamento cujo o número do processo N: E.26/202.694/2016.

REFERÊNCIAS

- 1 Zaccarion A, Galatto S. Nandi V, Fernandes P. Incorporação de chamote na massa de cerâmica vermelha como valorização do resíduo. *Ceramica Industrial*. 2014; 33-39.
- 2 Moura WA. Utilização do resíduo do beneficiamento de Rochas Ornamentais (Mármore e Granitos) na construção civil. IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. 2002; 1: 1653-1660.
- 3 Molinari EJ. Reutilização dos resíduos de rochas naturais para o desenvolvimento de compósitos poliméricos com matriz termofixa na manufatura de pedras industriais. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina. 2007. 1-129.
- 4 Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1984. Solo - Análise Granulométrica – NBR 7181. Rio de Janeiro.
- 5 Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1991. Solo: determinação do índice de vazios mínimo de solos não coesivos – NBR MB 3388. Rio de Janeiro.
- 6 Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2010. Rochas para revestimento: método de ensaio – NBR 15845. Rio de Janeiro.
- 7 Asociación Española de Normalización y Certificación, 2008. Piedra aglomerada Metodos de Ensayo Parte 2: Determinación de la resistencia a flexión - UNE-EN 14617-2, Madrid.
- 8 Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2012. Materiais inorgânicos- Determinação do desgaste por abrasão - NBR 12.042. Rio de Janeiro.
- 9 Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1997. Placas Cerâmicas para revestimento – Especificação e métodos de ensaios - NBR 13.818. Rio de Janeiro.
- 10 Silva A. P., Segadães A. M., Devezas T. C. Relações entre distribuição granulométrica, morfologia e empacotamento de partículas num sistema real: alta-alumina. Anais do 47º Congresso Brasileiro de Cerâmica; 2003; João Pessoa, Brazil, Paraíba: CBC; 2003. P.150-161.
- 11 Lee DJ, Shin IJ. Effects of vacuum, mold temperature and cooling rate on mechanical properties of press consolidated glass fiber/PET composite. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. 2002; 33 (8), 1107-1114.
- 12 Borsellino C, Calabrese L, Di Bella G. Effects of power concentration and type of resin on the performance of marble composite structures. *Construction and Building Materials* 2009; 23(5), 1915-1921.
- 13 Ribeiro CEG, Rodriguez RJS, Vieira CMF, Carvalho EAS, Monteiro SN. Production of synthetic ornamental marble as a marble waste added polyester composite. *Materials Science Forum*. 2014; 775-776:341-345.
- 14 Silva FS, Ribeiro CE, Rodriguez RJS. Avaliação física e mecânica de rocha artificial produzida com resíduo de mármore calcita. In: I Encontro de Engenharia, Ciência de Materiais e Inovação do Estado do Rio de Janeiro; 2015; Nova Friburgo, RJ; 2015.
- 15 Chiodi CF, Rodriguez EP. Guia de aplicação de rochas em revestimentos. São Paulo: Abirochas, 2009. 118 p.
- 16 Lee, MY, et. al. Artificial stones lab production using was glass, stone fragments and vacuum vibratory compaction. *Cement & Concrete Composites*. 2008; 30: 583-587.
- 17 Lam JP, Rosa LG, Amaral PM. Temperature effects on mechanical behaviour of engineered stones. *Construction & Building Materials*. 2011;25: 171-174.
- 18 Silva FS, Ribeiro CEG, Rodriguez RJS. *Materials Science Forum*. 2014; 775-776:341-345. Anais do 14º Congresso Brasileiro de Polimeros. 2015, 5.
- 19 Carvalho EAS, Marques VR, Rodriguez RJS, Ribeiro CEG, Monteiro SN, Vieira CMF. Development of epoxy matrix artificial stone incorporated with sintering residue from steelmaking industry. *Materials Research*. 2015; 18(2): 235-248.
- 20 Ribeiro, C. E. G. *Desenvolvimento de um mármore artificial alternativo com resíduo da indústria de mármore e poliéster insaturado*. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 2015, 109 p.