

CARACTERIZAÇÃO DO PÓ DE PEDRA CALCÁRIA PARA PRODUÇÃO DE BLOCOS DE ENCAIXE*

Afonso Rangel Garcez de Azevedo¹

Jonas Alexandre²

Markssuel Teixeira Marvila³

Euzébio Bernabé Zanelato⁴

Gustavo de Castro Xavier⁵

Sergio Neves Monteiro⁶

Resumo

A produção de rochas ornamentais movimentava consideravelmente a economia do Brasil, sendo o estado do Espírito Santo um dos maiores produtores visando a exportação do mesmo. Durante o processo de polimento e corte dos blocos, que dão origem a chapas, são geradas grandes quantidades de pó de rocha ornamental, em geral de rocha calcária. Atualmente um dos maiores problemas das empresas que extraem as rochas ornamentais é dar um destino ambientalmente aceitável ao pó gerado. Assim o objetivo deste trabalho é realizar a caracterização física, química, mineralógica e morfológica de todos os constituintes dos blocos com resíduos possibilitando uma análise que vise sua aplicação na produção de blocos de encaixe. Os resultados mostraram que o pó de pedra calcária tem potencialidade para incorporação na produção de blocos de encaixe.

Palavras-chave: Caracterização, pó de pedra, blocos

CHARACTERIZATION OF LIMESTONE POWDER FOR PRODUCTION OF FITTING BLOCKS.

Abstract

The production of ornamental rocks considerably moves the economy of Brazil, being the state of Espírito Santo one of the largest producers aiming the export of the same. During the process of polishing and cutting the blocks, which give rise to plates, large amounts of ornamental rock powder, usually of calcareous rock, are generated. Currently one of the biggest problems of companies that extract ornamental stones is to give an environmentally acceptable destination to the dust generated. Thus, the objective of this work is to perform the physical, chemical, mineralogical and morphological characterization of all the constituents of the blocks with residues, allowing an analysis that aims at its application in the production of blocks. The results showed that the limestone powder has the potential for incorporation in the production of plug blocks.

Keywords: Characterization, stone powder, blocks.

¹ Engenheiro Civil, doutor em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

² Engenheiro Civil, doutor em Ciências de Engenharia, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

³ Engenheiro Civil, mestre em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

⁴ Engenheiro Civil, doutorando em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

⁵ Engenheiro Civil, doutor em Geotecnia, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

⁶ *Engenheiro Metalúrgico, PhD em Engenharia e Ciência dos Materiais, IME, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

A alvenaria é um sistema construtivo muito tradicional, tendo sido utilizada pelo homem para os mais variados fins desde o início da atividade humana. Utilizando-se blocos dos mais diversos tipos e materiais, foram construídas obras de grande importância histórica e monumentos que perduram séculos e até milênios [1].

Desde a antiguidade foram construídas grandes obras, utilizando-se alvenaria, que hoje são testemunhos das culturas antigas e medievais. Entre elas destacam-se as pirâmides do Egito, construídas em alvenaria de pedras de maneira a produzirem a forma piramidal.

As áreas mais populosas dos tempos antigos testemunharam o aparecimento dos tijolos de barro secos ao sol (adobe). A necessidade de materiais de construção combinada com a abundância de argila o clima quente e seco necessário para secar o tijolo e a falta de madeira e pedra para construção conduziram ao desenvolvimento do tijolo de barro. Os tijolos podiam ser facilmente moldados, eram mais leves do que a pedra e formavam uma parede durável e resistente ao fogo [2].

As construções de alvenaria apresentam diversas vantagens e simplicidade no processo de execução. Entretanto, necessitam desenvolvimentos constantes principalmente no sentido da racionalização, da industrialização, da produtividade e da qualidade. Atualmente no Brasil, o sistema construtivo em alvenaria tem experimentado um grande impulso. A estabilização da economia e a concorrência têm feito com que um número crescente de empresas passe a se preocupar mais com os custos, acerbando as pesquisas e a utilização de novos materiais [1 e 3].

Neste contexto, o município de Italva, localizado no interior do Estado do Rio de Janeiro, distando aproximadamente 350 km da capital e com uma população de aproximadamente 14.496 habitantes (IBGE/2008) que possui reservas consideráveis de rochas calcárias calcínicas e dolomíticas, sendo as mesmas exploradas por uma empresa mineradora da região.

Ao longo do processo de extração e beneficiamento dessas rochas, beneficiamento este realizado pela empresa Calpar, é gerado um pó de pedra, que é então beneficiado, ensacado e vendido como de Liga de Carbonato de Cálcio para Argamassa.

Foi utilizada uma metodologia de fabricação semelhante à adotada para blocos de solo-cimento [4], desenvolveu um tipo de bloco prensado e de encaixe com o resíduo de rochas ornamentais, sendo este bloco composto de uma mistura de resíduo, areia, cimento e água, sem solo, portanto.

As vantagens que esses blocos propõem, em relação à alvenaria tradicional, vão desde a maior rapidez na execução das obras, redução do desperdício de matérias-primas a redução do custo.

Ressalta-se também a importância do estudo deste material para o entendimento de suas propriedades características, sendo que, não foram encontradas pesquisas anteriores a esta sobre o uso do pó de pedra de rochas calcárias para tais fins.

O presente trabalho trata, portanto, do estudo da incorporação do pó de pedra resultante da exploração de rochas calcárias (PPRC) através da caracterização física, química, mineralógica e morfológica visando aplicação para produção de blocos de encaixe.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para este trabalho foram utilizados como aglomerante o cimento Portland com escoria de alto-forno, CP II da marca Votoram, devido a sua fácil disponibilidade no mercado [7], como agregado miúdo foi utilizada areia natural do Rio Paraíba do Sul, este material foi seco em estufa e peneirado em peneira ABNT nº 8, já a água utilizada e proveniente da rede de distribuição do município de Campos dos Goytacazes, já o pó de pedra utilizado nesta pesquisa provém do beneficiamento de rochas calcárias realizado pela empresa Calpar localizada no interior Estado do Rio de Janeiro, mais precisamente no Município de Italva. A Figura 1 (a) mostra a extração e beneficiamento das rochas respectivamente. A Figura 1 (b) mostra o PPRC da forma em que foi utilizado neste trabalho.

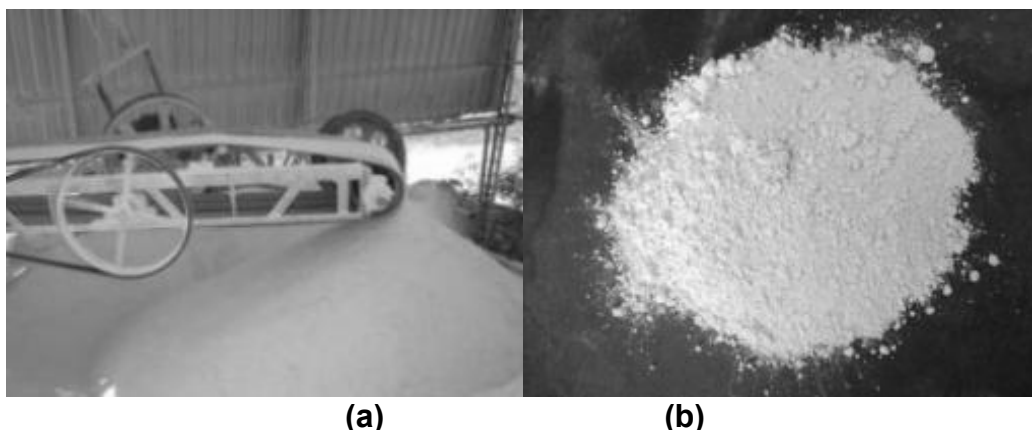


Figura 1. Imagens da extração e beneficiamento de rochas calcárias: (a) etapa do beneficiamento da rocha; (b) PPRC pronto para utilização

Para a caracterização do Cimento Portland foram realizados ensaios de permeabilímetro de Blaine de acordo com a ABNT NM 76 (1998); sua massa específica, obtida utilizando o método normalizado por meio do frasco volumétrico de Le Chatelier (ABNT NM 23, 2001).

Para os agregados miúdos foram realizados ensaios para a caracterização física e suas normas técnicas são mostrados na Tabela I.

Tabela 1. Ensaios de caracterização do agregado

Ensaio Físico	Norma Técnica
Massa específica aparente no estado solto [8]	ABNT 7251 (1982)
Análise granulométrica [5]	ABNT 7181 (1984)
Módulo de finura	ABNT 7211 (2005)
Massa específica [6]	ABNT 6508 (1980)
Teor de materiais pulverulentos	ABNT NM 46 (2003)

Para a caracterização física do PPRC foram realizados ensaios com os quais se obteve a massa específica dos grãos, a massa unitária no estado solto e granulometria (Tabela II).

Tabela 2. Ensaios de caracterização física do PPRC

Ensaio	Norma Técnica
Massa unitária no estado solto	ABNT NM 45 (2006)
Massa específica	ABNT NM 23 (2001)
Granulometria [5]	ABNT 7181 (1984)

Foram realizadas a análise morfológica, através da microscopia eletrônica de varredura (MEV). A caracterização mineralógica foi obtida por difração de raios X. Por último foi verificada a composição química do PPRC que foi obtida, por espectroscopia por fluorescência de raios X, em um equipamento Shimadzu EDX-700.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados de caracterização do cimento Portland CP II E 32 utilizado neste trabalho são apresentados na tabela 3.

Tabela 3. Características do Cimento Portland

CaO (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	SO ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	K ₂ O (%)	TiO ₂ (%)	Outros (%)	Área específica Blaine (m ² /kg)	Massa específica (g/cm ³)
71,98	15,92	5,65	3,07	2,15	0,56	0,38	0,29	402,37	2,901

Os resultados indicam que o aglomerante está em conformidade com a ABNT 11578 (1991) para o CP II [10].

A Figura 2 apresenta o resultado do ensaio granulométrico, obtido por peneiramento, do agregado miúdo utilizado.

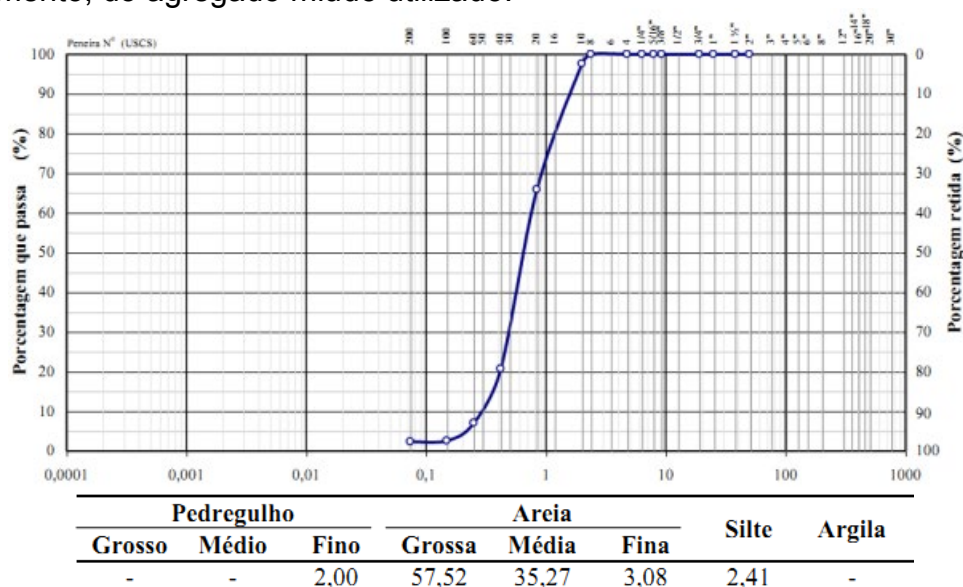


Figura 2. Distribuição granulométrica da areia.

Verifica-se que o agregado é composto principalmente por areia grossa (57%) e areia média (35%). Nota-se também uma pequena quantidade de fração pedregulho (2%) e fração silte (2,4%).

A Tabela 4 apresenta o resultado dos ensaios realizados para a caracterização do agregado.

Tabela 4. Caracterização física do agregado miúdo

Ensaio	Norma	Resultado
Massa específica	ABNT NM 52 (2003)	2,65 g/cm ³
Teor de materiais pulverulentos	ABNT NM 46 (2003)	0,85 %
Massa unitária no estado solto	ABNT NM 45 (2006) – método C	1,39 g/cm ³

A Figura 3 apresenta o resultado da distribuição granulométrica do PPRC, obtida por sedimentação e peneiramento, segundo ABNT NM 248 (2003).

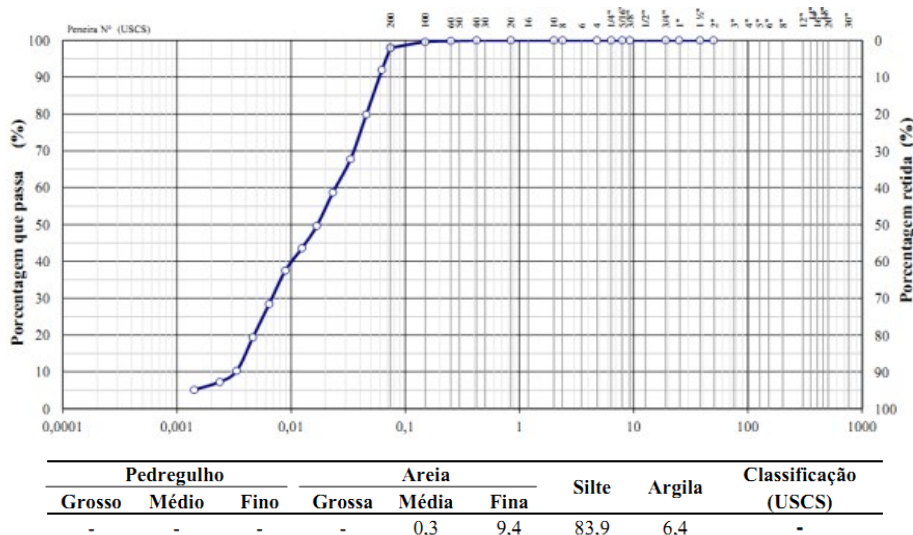


Figura 3. Distribuição granulométrica do PPRC

Verifica-se que o PPRC analisado possui 84% de partículas menores que 0,075 mm, tratando-se de um material pulverulento, podendo atuar como fíler, preenchendo os vazios existentes nos blocos e aumentando sua compactidade. A caracterização química semiquantitativa do PPRC foi obtida através da espectroscopia de raios X por dispersão de energia (Tabela 5) [9].

Tabela 5. Composição Química do PPRC em forma de óxidos

Composição Química do PPRC					
CaO (%)	SiO ₂ (%)	K ₂ O (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	SO ₃ (%)	SrO (%)
92,341	4,709	1,263	0,918	0,744	0,026

Observa-se que o CaO é o principal elemento, e seu teor é superior 92%. Como segundo elemento mais significativo nota-se a Sílica (SiO₄) com 4,7%.

Foram marcados na amostra quatro pontos nos quais foi identificada a composição química por meio da energia dispersiva de Raios-X (Figura 4), equipamento acoplado ao Microscópio Eletrônico de Varredura.

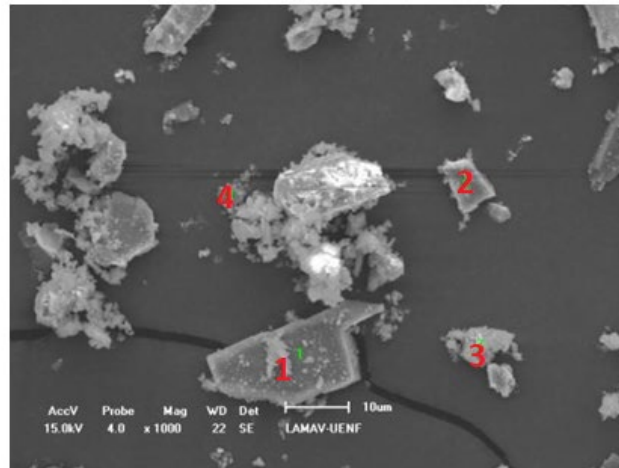


Figura 4. Micrografia do PPRC

Como se pode observar nas Figuras 5, 6, 7 e 8, a caracterização morfológica revelou a existência magnésio (Mg) no PPRC. Sendo que, este elemento não foi encontrado na análise química [11].

Os demais elementos também foram encontrados na análise química, com exceção do ouro, cuja presença se deve ao procedimento de ensaio para o MEV.

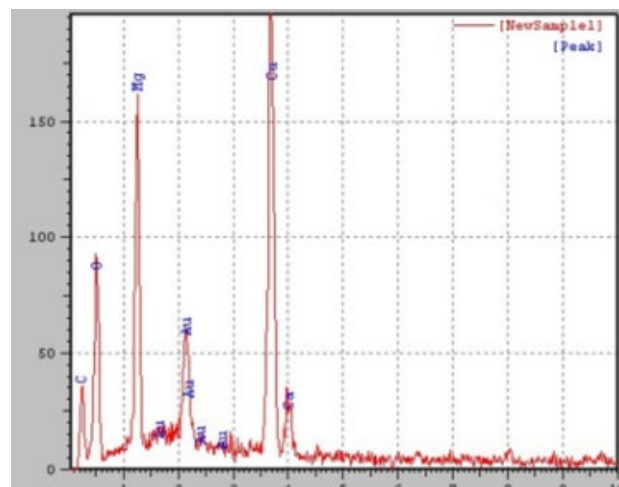


Figura 5. Espectro de difração de Raios X para a micro-região 1.

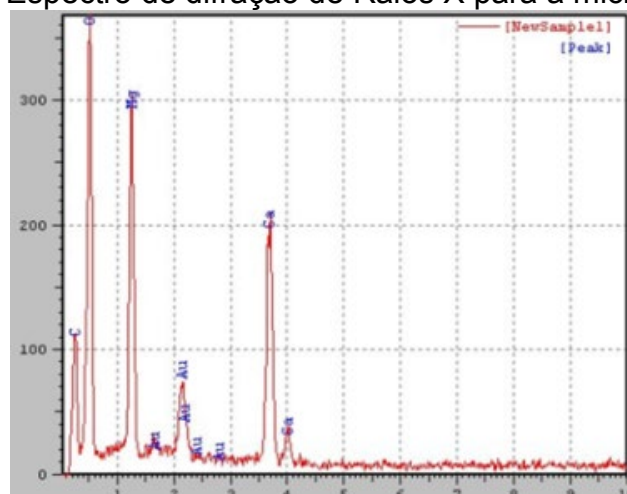
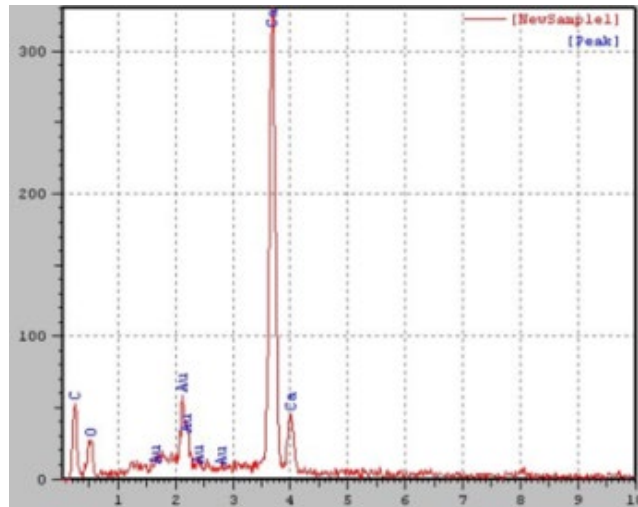
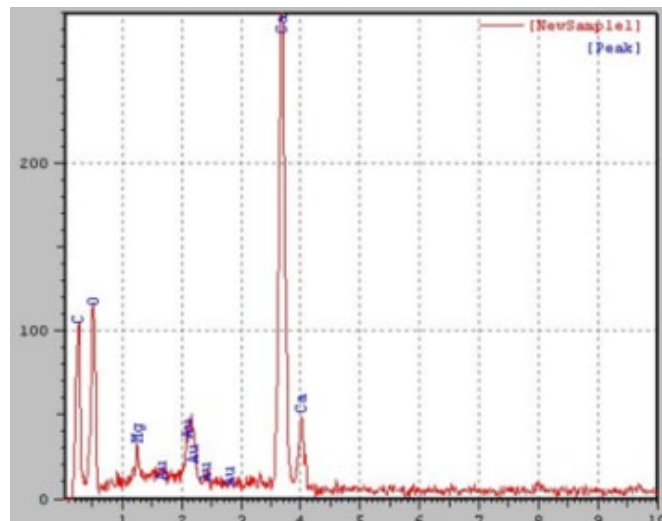


Figura 6. Espectro de difração de Raios X para a micro região 2.**Figura 7.** Espectro de difração de Raios X para a micro região 3.**Figura 8.** Espectro de difração de Raios X para a micro região 4.

O ensaio de difração de raios X (DRX) tem sua importância para análise das características mineralógicas do material, sendo a estrutura do material caracterizada em cristalina ou amorfa [12 e 13].

Quanto mais amorfa a estrutura do material melhor é o grau de amorficidade e, conseqüentemente, mais reativa será. Porém a amostra se mostrou essencialmente cristalina e constituída de carbonato de cálcio (CaCO_3 – calcita) na Figura 9. Também foi encontrado Ca_2SiO_4 (belita) [14].

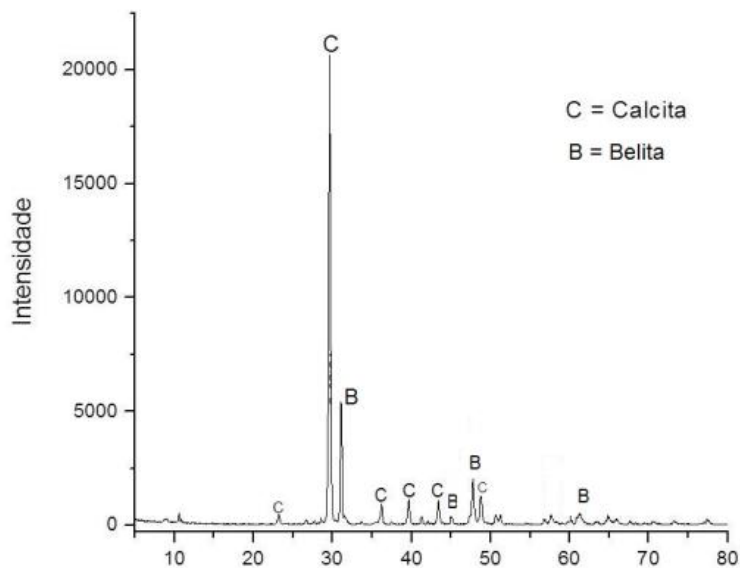


Figura 9. Difratoograma de Raios X do PPRC.

4 CONCLUSÕES

De acordo com as caracterizações física, química e morfológica realizadas no PPRC estudado, verificou-se que o mesmo tem como principal elemento o CaO (92,34%); o principal mineral presente é a calcita (CaCO_3); a distribuição granulométrica mostrou tratar-se de um material fino, constituído principalmente de fração silte (menores que 0,075 mm) e possui baixa quantidade de fração argila (6,4%).

Apesar do baixo teor de fração argila foi possível a moldagem de diversos traços com o PPRC utilizando prensa manual.

Com isso, conclui-se que, o pó de pedra do beneficiamento de rochas calcárias estudado, apresenta características satisfatórias para sua utilização como fíler, na produção de blocos.

REFERÊNCIAS

- [1] DELGADO, M. C. J.; GUERRERO, I. C. (2007) The Selection of Soils for Unstabilised Earth Building: a normative review. *Construction and Building Materials*. n. 21.
- [2] CLARE, K. E.; FARRAR, D. M. (1956). The use of cement of different fineness on soil- cement mixtures. *Concrete Magazine Research*. London, p. 137-144.
- [3] Pedroti, L. G. (2007) *Estudo de conformidade em relação à ABNT de blocos cerâmicos prensados e queimados*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 106p.
- [4] Destefani, A. Z. (2009) *Utilização do planejamento experimental na adição do resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais para a produção de blocos prensados de encaixe*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 136p.

- [5] Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT - Análise Granulométrica - NBR 7181, Solo, 1984.
- [6] Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT – Determinação da Massa Específica dos Grãos – NBR 6508. (1980). Rio de Janeiro.
- [7] Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. 1990. Aglomerantes de origem mineral – NBR 11172. Rio de Janeiro.
- [8] Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. 1982. Agregado em estado solto – Determinação da massa unitária - Método de ensaio - NBR 7251. Rio de Janeiro.
- [9] Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. 1991. Cimento Portland – Determinação da finura por meio da peneira 75 micrômetros (número 200) – NBR 11579. Rio de Janeiro.
- [10] Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. 1991. Cimento Portland – Determinação da expansibilidade de Le Chatelier – NBR 11582. Rio de Janeiro.
- [11] Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. 1991. Cimento Portland – NBR 11578. Rio de Janeiro.
- [12] Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. 2001. Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação de massa específica – NM 23. Rio de Janeiro.
- [13] Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. 2003 – Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente – NM 52. Rio de Janeiro.
- [14] Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. 2003 – Agregados – Determinação do material fino que passa através da peneira 75 micrômetros, por lavagem – NM 46. Rio de Janeiro.