

Ciência e Engenharia de Materiais

3

Marcia Regina Werner Schneider Abdala
(Organizadora)



 **Atena**
Editora

Ano 2018

MARCIA REGINA WERNER SCHNEIDER ABDALA

(Organizadora)

Ciência e Engenharia de Materiais

3

Atena Editora

2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

C569 Ciência e engenharia de materiais 3 [recurso eletrônico] / Marcia Regina Werner Schneider Abdala. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. – (Ciência e Engenharia de Materiais; v. 3)

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-85-85107-65-9
DOI 10.22533/at.ed.659183010

1. Engenharia. 2. Materiais I. Abdala, Marcia Regina Werner Schneider. II. Série.

CDD 620.11

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Você já percebeu a importância dos materiais na sua vida diária? Os materiais estão provavelmente mais imersos na nossa cultura do que a maioria de nós imagina. Diferentes segmentos como habitação, saúde, transportes, segurança, informação/comunicação, vestuário, entre outros, são influenciados em maior ou menor grau pelos materiais.

De fato a utilização dos materiais sempre foi tão importante que os períodos antigos eram denominados de acordo com os materiais utilizados pela sociedade primitiva, como a Idade da Pedra, Idade do Bronze, Idade do Ferro, etc.

A humanidade está em constante evolução, e os materiais não são exceções. Com o avanço da ciência e da tecnologia a cada dia surgem novos materiais com características específicas que permitem aplicações pormenorizadas e inovação nas mais diferentes áreas.

Todos os dias centenas de pesquisadores estão atentos ao desenvolvimento de novos materiais e ao aprimoramento dos existentes de forma a integrá-los em tecnologias de manufatura economicamente eficientes e ecologicamente seguras.

Estamos entrando em uma nova era caracterizada por novos materiais que podem tornar o futuro mais fácil, seguro e sustentável. O campo da Ciência e Engenharia de Materiais aplicada está seguindo por novos caminhos. A iminente escassez de recursos está exigindo inovações e ideias criativas.

Nesse sentido, este livro evidencia a importância da Ciência e Engenharia de Materiais, apresentando uma coletânea de trabalhos, composta por quatro volumes, que permitem conhecer mais profundamente os diferentes materiais, mediante um exame das relações entre a sua estrutura, as suas propriedades e o seu processamento.

Considerando que a utilização de materiais e os projetos de engenharia mudam continuamente e que o ritmo desta mudança se acelera, não há como prever os avanços de longo prazo nesta área. A busca por novos materiais prossegue continuamente...

Boa leitura!

Marcia Regina Werner Schneider Abdala

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE AGREGADOS DE ESCÓRIA DE ACIARIA LD PÓS-PROCESSADA PARA CONCRETOS SUSTENTÁVEIS	
<i>Bárbara Ponciano de Souza</i>	
<i>Wanna Carvalho Fontes</i>	
<i>José Maria Fontes de Carvalho</i>	
<i>Rosana Marcia de Resende Mol</i>	
<i>Ellen Cristine Pinto da Costa</i>	
<i>Ricardo André Fiorotti Peixoto</i>	
CAPÍTULO 2	12
ANÁLISE MICROESTRUTURAL E FÍSICO-QUÍMICA DE RESÍDUO DE SEIXO PARA UTILIZAÇÃO COMO AGREGADO MIÚDO	
<i>Marco Antonio Barbosa de Oliveira</i>	
<i>Kleber Roberto Matos da Silva</i>	
<i>Vitória Santos Barroso</i>	
<i>José de Ribamar Mouta Araújo</i>	
<i>Marcelo de Souza Picanço</i>	
CAPÍTULO 3	25
PROPRIEDADES MECÂNICAS E MORFOLOGIA DA FRATURA DE CONCRETO COM RESÍDUO DE BORRACHA DE PNEUS DO PROCESSO DE RECAPAGEM	
<i>Fábio Santos de Sousa</i>	
<i>Edwillson Gonçalves de Oliveira Filho</i>	
<i>César Tadeu Nasser Medeiros Branco</i>	
<i>Laércio Gouvêa Gomes</i>	
CAPÍTULO 4	33
PLANEJAMENTO FATORIAL PARA ESTIMATIVA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE BLOCOS DE CONCRETO COM ADIÇÃO DE AGREGADOS DE RESÍDUOS CIMENTÍCIOS	
<i>Jonath Oliveira do Nascimento</i>	
<i>Bruno Diego de Moraes</i>	
<i>Marcos Mattheus Lopes da Silva</i>	
<i>Felipe Lira Formíga Andrade</i>	
CAPÍTULO 5	44
ESTUDO DO EFEITO DA RADIAÇÃO UV EM COMPOSTOS DE POLIETILENO COM ADITIVOS OXI-BIODEGRADANTES	
<i>Caroline Henrique de Souza Borba</i>	
<i>Zora Ionara Gama dos Santos</i>	
<i>Raul Franklin Andrade Santos</i>	
<i>Grazielle Rozendo de Cerqueira</i>	
CAPÍTULO 6	54
USO DO PÓ DA PALHA DE CARNAÚBA COMO IMPERMEABILIZANTE EM TIJOLO DE SOLO-CIMENTO	
<i>Ana Raira Gonçalves da Silva</i>	
<i>Marília Pereira de Oliveira</i>	
<i>Marineide Jussara Diniz</i>	
CAPÍTULO 7	61
EVALUATION OF THE COLOR CHANGES IN ARTIFICIALLY AGED PINE	
<i>Tiago Hendrigo de Almeida</i>	
<i>Diego Henrique de Almeida</i>	
<i>André Luis Christóforo</i>	
<i>Francisco Antonio Rocco Lahr</i>	

CAPÍTULO 8 66

COLORIMETRIC PARAMETERS OF BRAZILIAN TROPICAL WOOD SPECIES

Diego Henrique de Almeida
Tiago Hendrigo de Almeida
Francisco Antonio Rocco Lahr
André Luis Christoforo

CAPÍTULO 9 70

ABSORÇÃO DE ÁGUA E CARACTERÍSTICAS SUPERFICIAIS DO RESÍDUO DE FIBRA DE PIAÇAVA MODIFICADO COM ÁGUA MORNA

JanettyJany Pereira Barros
Danusa de Araújo Moura
Camila Gomes Moreno
Fabiana de Carvalho Fim
Eduardo Braga Costa Santos
Lucineide Balbino da Silva

CAPÍTULO 10 82

CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUO PROVENIENTE DA PRODUÇÃO DE BREU E TEREBINTINA A PARTIR DA GOMA RESINA DE *PINUS SP.* E IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS ADVINDAS DA SUA UTILIZAÇÃO PARA FINS DE PRODUÇÃO DE ENERGIA

Juliana Esteves Fernandes Cieslinski

CAPÍTULO 11 93

ESTUDO DA INTEGRIDADE E DURABILIDADE DE MATERIAIS ESTABILIZADOS POR SOLIDIFICAÇÃO CONTENDO LODO DE CURTUME

Maria Rosiane de Almeida Andrade
Marília Claudino Moreira Cunha
André Luiz Fiquene de Brito
Ana Cristina Silva Muniz
Bianca Viana de Sousa Barbosa
Carlos Eduardo Pereira

CAPÍTULO 12 104

TESTE DE ATIVIDADE E EFICÁCIA DE AGENTES BIOCIDAS EM TINTA ACRÍLICA

Túlio Valério Agostinho da Silva
Sara Horácio de Oliveira
Magda Rosângela Santos Vieira
Ildnay de Souza Lima Brandão

CAPÍTULO 13 112

ESTUDO DA CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL DA FIBRA CALOTROPIS PROCERA E SUA POTENCIAL APLICAÇÃO NA REMOÇÃO DE HIDROCARBONETOS E DERIVADOS

Anaxmandro Pereira da Silva
Erick Buonora Tabosa do Egíto
Késia Karina de Oliveira Souto Silva
Rasiah Ladchumananandasivam
José Heriberto Oliveira do Nascimento
Ana Rita Leandro dos Santos

CAPÍTULO 14 118

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL POZOLÂNICO DA MICROSSÍLICA COM ALTO TEOR DE CARBONO: ANÁLISE QUÍMICA, MINERALÓGICA E MECÂNICA

Ruan Landolfo da Silva Ferreira
Marcos Alyssandro Soares dos Anjos
Andreza Kelly Costa Nóbrega

CAPÍTULO 15..... 129

INFLUÊNCIA DA IMPREGNAÇÃO CONTRA DEMANDA BIOLÓGICA NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DAS MADEIRAS DE CEDROARANA (*CEDRELINGA CATENAEFORMIS*)

Andréa de Souza Almeida

Tiago Hendrigo de Almeida

Francisco Antonio Rocco Lahr

André Luis Christoforo

CAPÍTULO 16..... 139

ESTUDO DE TRATAMENTO DE ÁGUA EM EFLUENTES REFRAATÓRIOS POR PROCESSO FENTON PARA DEGRADAÇÃO E MINERALIZAÇÃO DESSES COMPOSTOS EM REATOR DE ESCALA LABORATORIAL MODELO PARR

Camila Freire Berenguer

Yana Batista Brandão

Mohand Benachour

CAPÍTULO 17 156

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÓLEOS DE TRANSFORMADORES POR ESPECTROSCOPIA FTIR/ATR E ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA

Isabela Nogueira

Maísa Maciel Machado Santos

Thiago Arantes Nogueira

Estácio Tavares Wanderley Neto

Credson de Salles

Tessa Martins de Carvalho Carneiro

Álvaro Antônio Alencar de Queiroz

SOBRE A ORGANIZADORA 171

ANÁLISE MICROESTRUTURAL E FÍSICO-QUÍMICA DE RESÍDUO DE SEIXO PARA UTILIZAÇÃO COMO AGREGADO MIÚDO

Marco Antonio Barbosa de Oliveira

Instituto Federal do Pará
Belém - PA

Kleber Roberto Matos da Silva

Instituto Federal do Pará
Belém - PA

Vitória Santos Barroso

Instituto Federal do Pará
Belém - PA

José de Ribamar Mouta Araújo

Instituto Federal do Pará
Belém - PA

Marcelo de Souza Picanço

Universidade Federal do Pará
Belém - PA

RESUMO: Os agregados utilizados na produção de concreto são definidos como materiais granulares, geralmente inertes, com dimensões e propriedades adequadas para a preparação de argamassa ou concreto, com predominância no uso da areia e do seixo, os quais constituem, aproximadamente, três quartos do volume total do concreto. O material objeto desse estudo é o resíduo de seixo, extraído de solo natural através de escavação mecânica, levado para um banho com jatos d'água, sendo que os de maior diâmetro passam por um processo de britagem do seixo, gerando resíduos com diâmetro inferior a 4,75 mm, equivalente aos agregados miúdos.

A utilização deste resíduo na produção do concreto contribui para o meio ambiente a partir do momento em que, substituindo a areia, esta deixa de ser extraída, e, conseqüentemente, é menos escavação, menor área a ser degradada e menor passivo ambiental a ser mitigado. Este artigo tem por objetivo caracterizar o resíduo de seixo para utilização na produção de concreto, analisando suas propriedades físicas em consonância com as normas técnicas da ABNT, tendo os resultados obtidos comparados com os valores das propriedades da areia comercial. A análise morfológica mostra que o resíduo de seixo possui forma irregular angulosa e textura rugosa, apresentando grandes teores de silício, segundo análise (EDS) dos elementos presentes na sua constituição. Conclui-se que o material apresenta viabilidade técnica para uso em concretos, além de contribuir para diminuir a degradação ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Caracterização de Agregados, Resíduo de Seixo, Agregado Miúdo.

ABSTRACT: The aggregates used in the production of concrete are defined as granular materials, generally inert, with dimensions and properties suitable for the preparation of mortar or concrete, predominantly in the use of sand and pebble, which constitute approximately three quarters of the total volume the concrete. The material that is the object of this study is the

pebble residue, extracted from natural soil through mechanical excavation, taken to a bath with water jets, being that the larger diameter undergoes a crushing process of the pebble, generating residues with lower diameter to 4.75 mm, equivalent to the fines aggregates. The use of this residue in the production of the concrete contributes to the environment from the moment when, replacing the sand, it ceases to be extracted, and consequently, it is less excavation, less area to be degraded and less environmental liability to be mitigated. This article aims to characterize the pebble residue for use in the production of concrete, analyzing its physical properties in accordance with the technical standards of ABNT, having the results obtained compared to the values of the commercial sand properties. The morphological analysis shows that the pebble residue has irregular angular shape and rough texture, presenting high levels of silicon, according to the analysis (EDS) of the elements present in its constitution. It is concluded that the material presents technical feasibility for use in concretes, besides contributing to reduce the environmental degradation.

KEYWORDS: Characterization of aggregates, Pebble residue, Fine aggregate.

1 | INTRODUÇÃO

Os agregados utilizados na produção de concreto são minerais definidos como materiais granulares, geralmente inertes, com dimensões e propriedades adequadas para a preparação de argamassa ou concreto, conforme NBR 9935 (ABNT, 2011), formando a classe mais importante de agregados para produção de concreto de cimento portland (MEHTA; MONTEIRO, 2008). Como exemplo de agregados temos o seixo e a areia. No estado do Pará a quantidade de areia extraída das jazidas foi de 601.499 t, sendo 48.380 t beneficiadas, gerando um faturamento de R\$6.942.668,00 (DNPM, 2017), dados esses provenientes dos Relatórios Anuais de Lavra, destacando-se a região nordeste, notadamente o município de Capitão Poço com grande produção de seixo e areia (Rocha,2013), em grande parte com o desmonte de planícies, pelo método de cava seca.

O processo de exploração de jazidas de areia provoca grandes impactos no meio ambiente, notadamente “o desmatamento de Áreas de Preservação Permanente [...]; a alteração dos cursos dos rios e o seu assoreamento [...]; os ruídos na operação de dragas; compactação do solo [...];a fuga da fauna [...];a poluição das águas” (VIEIRA; REZENDE, 2015). O mesmo ocorre com extração de seixo em jazidas de planície, sendo que este também produz um resíduo, oriundo da etapa de peneiramento, hoje sem grandes utilizações, que fica estocado, ocupando espaço na planta da jazida, aguardando um destino para descarte. Em algumas situações esse material é utilizado para o aterro das cavas resultantes dessa extração.

Os resíduos de pedra são, hoje em dia, um sério problema ambiental que ameaçam a civilização moderna. Por ser um material não biodegradável, apresenta grandes riscos (Lakhani *et al.*, 2014). Enquanto é estocado em pilhas que atingem

alturas consideráveis, estas servem de obstáculo para o fluxo de águas superficiais provenientes das precipitações, provocando erosões ou até alagamentos. A busca de soluções ambientalmente corretas, e com qualidade técnica e vantajosa, vêm crescendo como uma prática para a sustentabilidade, minimizando a inadequada disposição destes resíduos no meio ambiente (Kumayama *et al.*, 2015) ao discorrer a respeito do pó de mármore, que apresenta as mesmas implicações ambientais que o resíduo de seixo.

O material objeto desse estudo é um resíduo do processamento de seixo (RS), extraído de solo natural através de escavação mecânica, levado para um banho com jatos d'água, sendo que os de maior diâmetro passam por um processo de britagem do seixo, gerando resíduos com diâmetro inferior a 4,75 mm, equivalente ao agregado miúdo. Considerando os custos para obtenção da areia, presume-se que haja um elevado potencial econômico no uso de resíduo de seixo como agregado miúdo, substituindo a areia, pois, além da redução de custos, visto que é hoje um sub-produto da extração do seixo, há, ainda, a redução de áreas degradadas, contribuindo grandemente, com a preservação ambiental. Considerando o grande volume desse material pretende-se caracterizá-lo para verificar-se a viabilidade de uso na confecção de concretos, com o objetivo de reduzir a quantidade de areia extraída das jazidas e dando-se um uso sustentável ao resíduo de seixo.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O material foi coletado, conforme a NBR NM 26 (ABNT, 2001) e enviada ao laboratório, sendo umedecida para evitar a segregação. Em seguida as amostras foram secas em estufa e esfriadas à temperatura ambiente.

A caracterização do resíduo de seixo para uso como agregado em concreto foi feita a partir das Normas Brasileira apresentadas na Tabela 1.

Norma	Método de ensaio
NBR NM 248 (ABNT, 2003)	Agregados- Determinação da Composição Granulométrica dos Agregados (Agregado Miúdo)
NBR NM 52 (ABNT, 2009)	Determinação da Massa específica e Massa específica Aparente do Agregado Miúdo
NBR 9775 (ABNT, 2011)	Determinação da Umidade Superficial em Agregados Miúdos por meio do Frasco de Chapman
NBR NM 45 (ABNT, 2006)	Determinação da Massa Unitária Aparente do Agregado Miúdo
NBR 6467ABNT, 2006)	Determinação do Inchaço do Agregado Miúdo
NBR NM 46 (ABNT, 2006)	Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem

Tabela 1- Ensaio realizados

Fonte: Autores (2018).

A caracterização física do (RS) ocorreu a partir de ensaio padronizado para agregado miúdo. Portanto a composição granulométrica do resíduo de seixo é apresentada na Tabela 2, conforme NBR NM 248 (ABNT, 2003), que pode ser classificada como agregado miúdo médio em função do módulo de finura (MF) de 2,28 se enquadrar na zona ótima (2,20 a 2,90), de acordo com a NBR 7211 (ABNT, 2005).

Abertura (# peneira) (mm)	Amostra I			Amostra II			Média	
	Massa retida (g)	% retido	% retido acumulado	Massa retida (g)	% retido	% retido acumulado	% retido	% retido acumulado
4,75	2,5	0,1	0,1	3,0	0,2	0,2	0	0
2,36	114,2	5,7	5,8	116,6	5,9	6,1	6	6
1,18	261,5	13,0	18,8	246,4	12,5	18,6	13	19
0,600	373,7	18,5	37,3	372,3	18,9	37,5	19	37
0,300	733,1	36,4	73,7	712,8	36,2	73,6	36	74
0,150	373,2	18,5	92,2	357,7	18,1	91,8	18	92
FUNDO	156,7	7,8	100,0	162,4	8,2	100,0	8	100
TOTAL	2.014,9	100,0	100,0	1971,2	100,0	100,0	100	228
Amostra média			DMC = 4,75 mm	MF = 2,28 mm				

Tabela 2- Caracterização física do resíduo de seixo

Fonte: Autores (2018).

A massa específica aparente do agregado seco (d_1), a massa específica do agregado saturado superfície seca (d_2) e a massa específica do agregado (d_3), do (RS) foram determinadas conforme preconiza a NBR NM 52 (ABNT, 2009), sendo os dados apresentados na Tabela 3.

	Amostra I	Amostra I	Média
m_1 (g)	610,6	608,2	609,4
m_2 (g)	924,0	924,5	924,3
m_s (g)	500,0	500,0	500,0
M (g)	493,5	492,0	492,8
d_1 (g/ cm ³)	2,64	2,67	2,66
d_2 (g/ cm ³)	2,68	2,72	2,70
d_3 (g/ cm ³)	2,74	2,74	2,74
V (cm ³)	500,0	500,0	500,0
V_a (cm ³)	313,4	316,3	314,8

Tabela 3 - Resultados do ensaio de massa específica

Fonte: Autores (2018).

O ensaio para determinação da massa unitária aparente do (RS), denominado de (μ), foi executado pelo método C, conforme a NBR NM 45 (ABNT, 2006), obtendo-

se massa unitária de $\mu=1.63 \text{ kg/m}^3$.

A determinação do inchamento, definido como o fenômeno da variação do seu volume aparente, provocado pela água adsorvida, bem como a umidade crítica, que é o valor da umidade onde ocorre o inchamento máximo do agregado, de acordo com NBR 6467 (ABNT, 2006).

Os resultados deste ensaio, referente ao resíduo de seixo(RS) são apresentados na Tabela 4.

	Massa do recipiente = 1036,5 g			Volume do Recipiente = 5,027 dm³				Massa total da Amostra = 15.000 g			
Água (h%)	0,0%	0,5%	1,0%	2,0%	3,0%	4,0%	5,0%	7,0%	9,0%	12,0%	
Massa da água adicionada (g)	0,0	75,0	75,0	150,0	150,0	150,0	150,0	300,0	300,0	450,0	
Tara do recipiente vazio (g)	1036,5	1036,5	1036,5	1036,5	1036,5	1036,5	1036,5	1036,5	1036,5	1036,5	
Massa do recipiente + amostra (g)	9201,1	8.730,1	7.740,0	7.414,0	7.331,7	7.430,6	7.336,0	7.382,7	7.813,8	8.302,8	
Massa da amostra (g)	8.164,6	7.693,6	6.703,5	6.377,5	6.377,5	6.394,1	6.349,5	6.346,2	6.777,3	7.266,3	
Volume do recipiente (dm3)	5,027	5,027	5,027	5,027	5,027	5,027	5,027	5,027	5,027	5,027	
Massa unitária solta em (kg/dm3)	1,624	1,530	1,333	1,269	1,269	1,272	1,263	1,262	1,348	1,445	
Massa unitária solta seca (kg/dm3)	1,624	1,624	1,624	1,624	1,624	1,624	1,624	1,624	1,624	1,624	
Vh/Vs	1,000	1,067	1,230	1,306	1,319	1,328	1,350	1,377	1,313	1,258	

Tabela 4- Determinação do inchamento de agregado miúdo.

Fonte: Autores (2018).

A Figura 1 apresenta a curva de inchamento, obtendo-se os valores do coeficiente de inchamento de 1,35 e umidade crítica de 3,3.

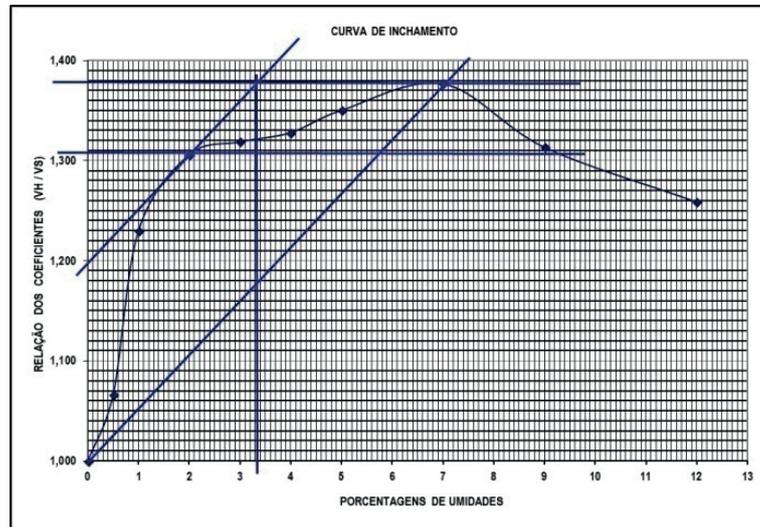


Figura 1. Curva de inchamento.

Fonte: Autores (2018).

A água proveniente, principalmente, de chuvas nas áreas de estocagem dos agregados, tende a proporcionar um teor de umidade superficial que pode provocar variações na dosagem do concreto, sendo necessário conhecê-lo e descontá-lo do total de água adicionado ao concreto. Sendo assim, a umidade superficial do (RS) ocorreu por meio do frasco de Chapman, conforme a NBR 9775 (ABNT, 2011), sendo o teor de umidade (h), calculado pela equação 1, obtendo-se teor de umidade de $h=1\%$.

$$h = \frac{100[500 - (L - 200)\gamma]}{\gamma(L - 700)} \quad (\text{Equação 1})$$

A determinação do material fino que passa através da peneira ($\#75 \mu\text{m}$ ou 200 *mesh*) por lavagem ocorreu com a finalidade de que as partículas de argila, materiais solúveis em água e outros materiais se dispersem por lavagem e removidos do (RS), conforme a NBR NM 46 (ABNT, 2006). Nesse procedimento utiliza-se apenas água para a operação de lavagem e o cálculo da perda em massa resultante do tratamento com água é obtida em porcentagem da massa da amostra original e registrada como a porcentagem de material mais fino que passa na peneira $\#75 \mu\text{m}$, conforme a Equação 2. Obteve-se a quantidade de material passante na $\#75 \mu\text{m}$ foi de 7,6%.

$$m = \frac{m_i - m_f}{m_i} \times 100 \quad (\text{Equação 2})$$

Foi executada a análise morfológica, bem como a análise semi-qualitativa dos elementos presentes no RS, através de microscopia ótica, Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Espectrometria de Energia Dispersiva (EDS).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caracterização Física

A partir da caracterização granulométrica obteve-se a Figura 2, que mostra a curva da distribuição granulométrica na zona ótima e utilizável dos limites inferiores e superiores, conforme NBR 7211 (ABNT, 2005). A composição granulométrica do resíduo de seixo está enquadrada na zona ótima do limite inferior entre a faixa de 2,20 à 2,90 com módulo de finura de 2,28, agregado miúdo comercial (OLIVEIRA, 2015) e (SOUSA, 2017) enquadraram-se na faixa entre 1,55 e 2,20, respectivamente entre zona utilizável do limite inferior e zona ótima do limite superior, com módulo de finura de 2,03, e no limiar na zona utilizável do limite inferior com módulo de finura de 1,57, de acordo com a NBR 7211 (ABNT, 2005). Deste modo classificados como agregado de muito fino a fino, característico da Região. Houve análise variância entre média dos resultados de caracterização física do resíduo de seixo e agregado miúdo comercial, conforme apresentado na Tabela 5, em que é possível constatar que não existe diferença estatística significativa. Verifica-se que teor de finos do resíduo apresentou 7,6%, que está muito acima de 3%, de acordo com a NBR 7211 (ABNT, 2005).

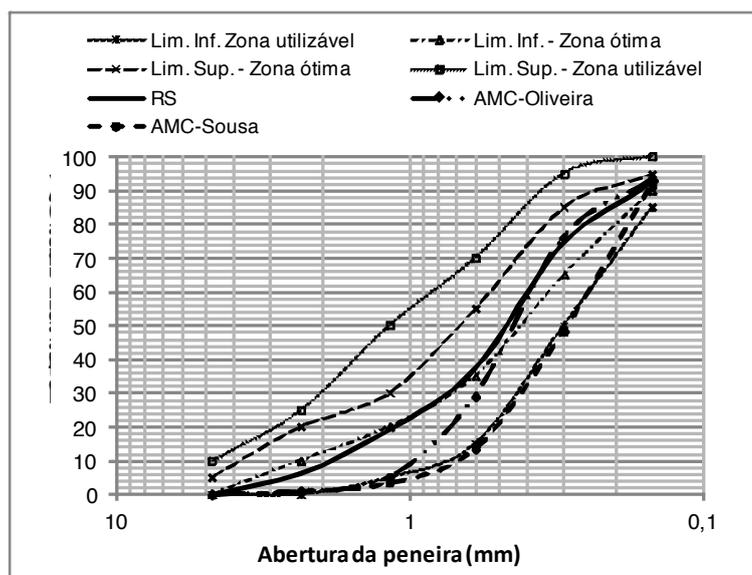


Figura 2. Curva granulométrica.

Fonte: Autores (2018).

Propriedades	RS (2018)	Sousa <i>et. al.</i> (2017)	Oliveira <i>et. al.</i> (2015)	Valores habituais da RMB
DMC (mm)	2,36	4,75	1,20	
MF	2,28	1,57	2,03	1,70
MU (g/cm ³)	1,63	1,66	1,46	1,40
ME (g/cm ³)	2,70	2,72	2,63	2,60
IM (%)	1,36	1,47	1,42	-
UC (%)	3,30	3,97	3,40	-
TF (%)	7,60	1,85	-	-

Tabela 5- Caracterização física

Fonte: Autores (2018).

Legenda: DMC – diâmetro máximo característico, MF – módulo de finura, UM – massa unitária, ME – massa específica, IM – inchamento médio, UC – umidade crítica, TF – teor de finos, DES – diferença estatística significativa, N – não, RMB – região metropolitana de Belém.

Observa-se que o resíduo de seixo (RS) apresentou teor de finos igual a 7,6%, que está muito acima de 3%, de acordo com a NBR 7211 (ABNT, 2005). Entretanto, por ser um material proveniente da segregação, através de peneiramento, do seixo, pode ser considerado aceitável, por enquadrar-se inferior ao limite de 10% estabelecido por essa norma, visto que os grãos constituintes não interferem nas propriedades do concreto.

3.2. Análise Morfológica e Química Semi Qualitativa

A análise de morfologia do resíduo de seixo ocorre a partir da microscopia óptica e microscopia eletrônica de varredura (MEV) mostradas na Figura 3 e 4, respectivamente.



Figura 3. Morfologia dos grãos por microscopia óptica: (a) forma, (b) textura.

Fonte: Autores (2018).

A Figura 4 mostra que resíduo de seixo possui forma irregular angulosa e textura rugosa, conforme microscopia de varredura eletrônica.

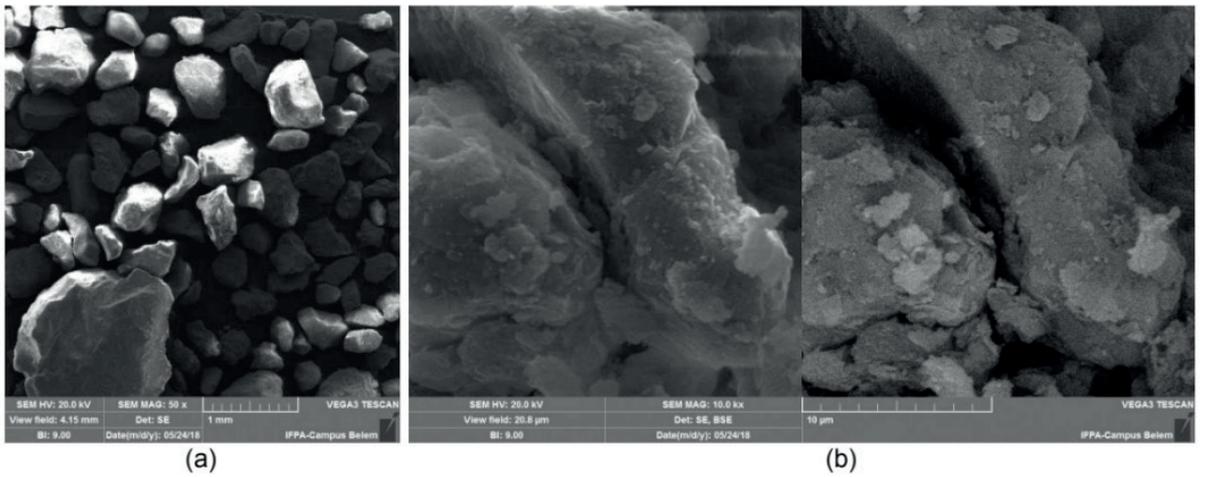
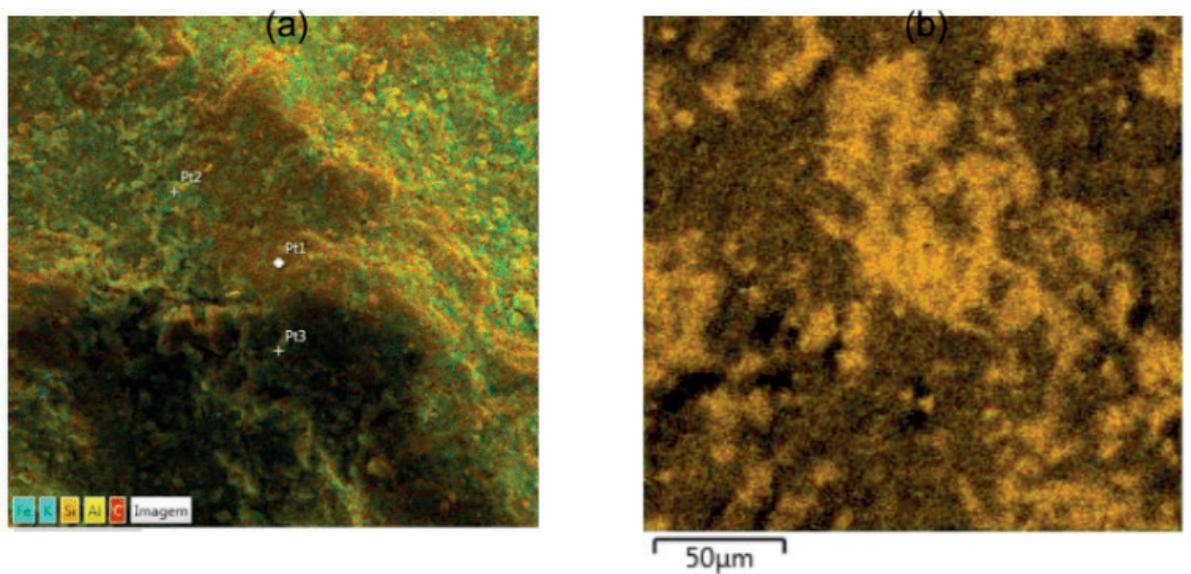


Figura 4. Morfologia dos grãos (MEV): (a) forma, (b) textura.

Fonte: Autores (2018).

A Figura 5 refere-se ao mapa geral de cores com três pontos de captura relacionados ao ponto (P1), tomado na cor referente ao silício (Si), ponto (P2), equivalente ao alumínio (Al) e ponto (P3), correspondente ao Ferro (Fe). As referidas figuras são provenientes da Espectrometria de Energia Dispersiva (EDS).



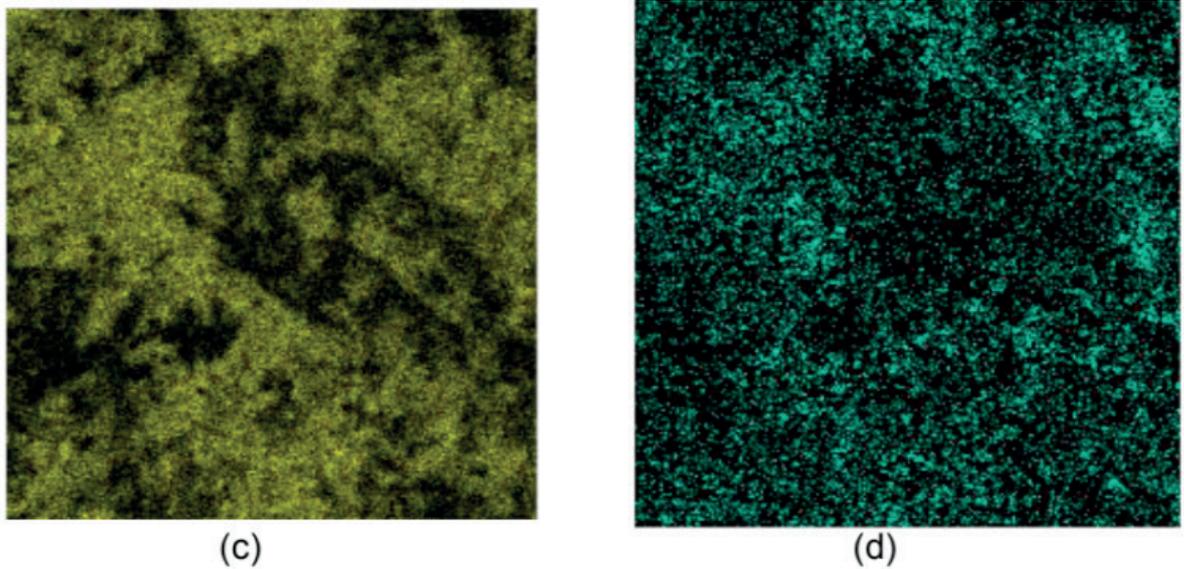


Figura 5. Mapa EDS (a) mapa geral, (b) silício (P1), (c) alumínio (P2), (d) ferro (P3).

Fonte: Autores (2018).

As Figuras de 6 à 9 mostram a presença do elemento silício característico da composição mineralógica de quartzo do seixo, que dá origem ao resíduo. Na Figura 6 verifica-se a presença de vários elementos observados a partir do mapeamento geral, que consiste na sobreposição de todos os pontos, escolhidos aleatoriamente por EDS utilizada para a identificação dos elementos constituintes da amostra.

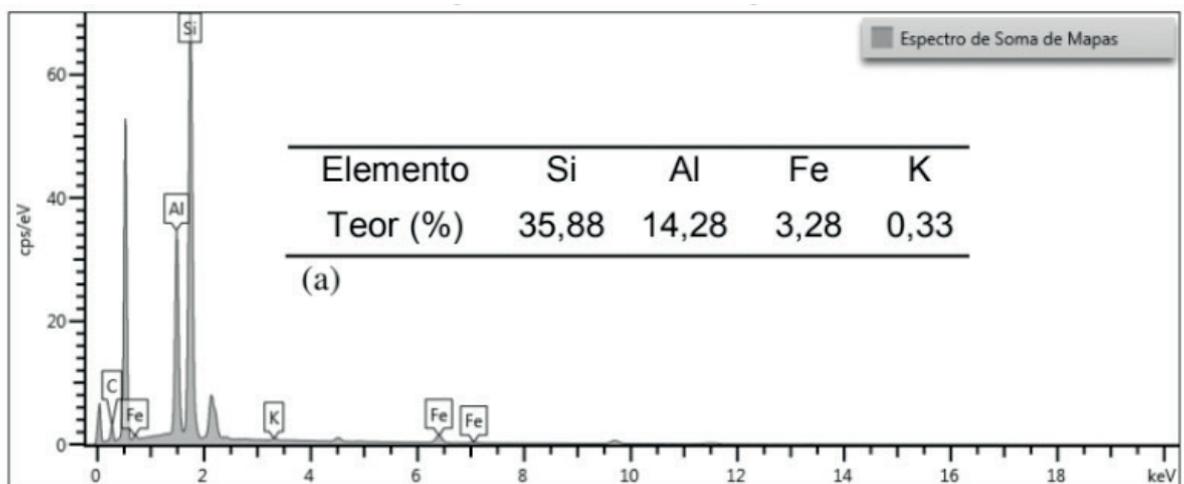


Figura 6. EDS mapa geral.

Fonte: Autores (2018).

Na Figura 7 verifica-se maior teor para silício, tendo em vista essa captura ocorrer no ponto (P1) correspondente a cor determinada pelo silício.

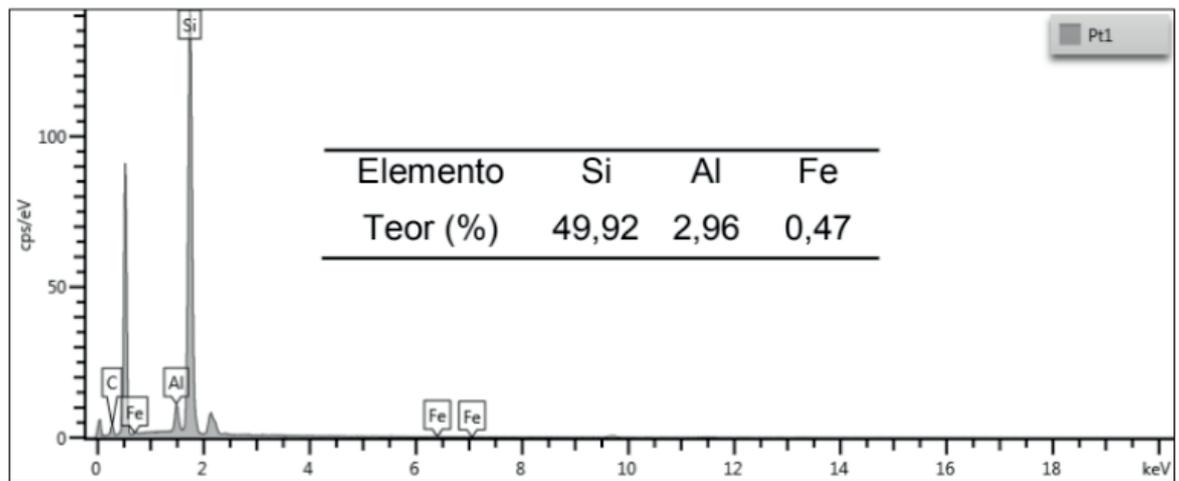


Figura 7. EDS Ponto (P1).

Fonte: Autores (2018).

Na Figura 8 observa-se teor elevado para alumínio, visto que houve captura na cor indicada como alumínio referente ao ponto (P2).

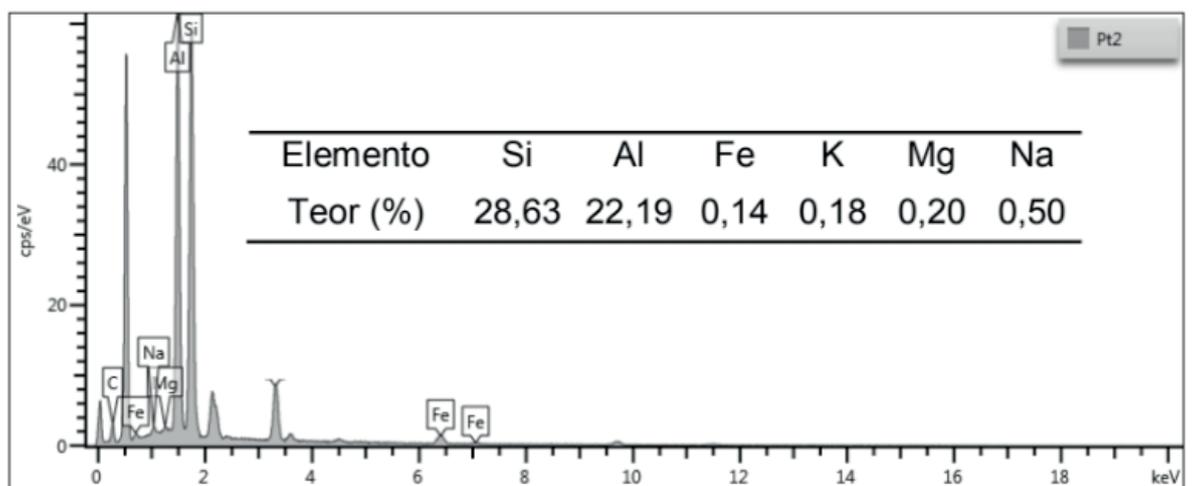


Figura 8. EDS Ponto (P2).

Fonte: Autores (2018).

A Figura 9, equivalente ao ponto (P3), mostra teor de ferro mais acentuado em relação aos demais pontos (P1) e (P2), haja visto que foi projetada sobre cor apontada como ferro. Constata-se elemento potássio (K), o qual atribui-se ao solo aderido na superfície do grão.

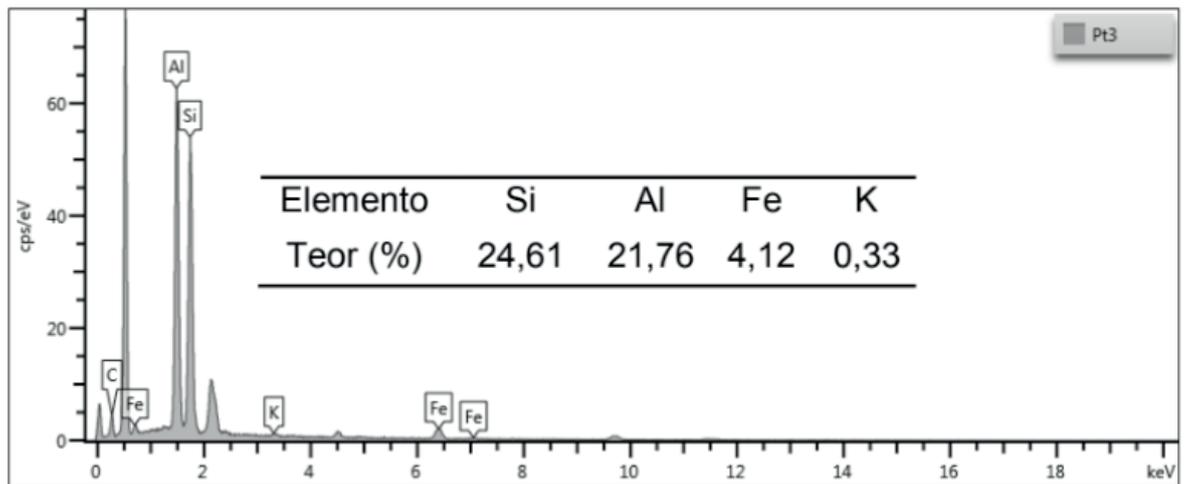


Figura 9 – EDS Ponto (P3).

Fonte: Autores (2018).

4 | CONCLUSÕES

O resíduo de seixo (RS), proveniente do processo de peneiramento do seixo, apresenta características que o habilitam a ser utilizados na dosagem de concretos. Com módulo de finura igual a 2,28, o resíduo de seixo (RS) enquadra-se na zona ótima do limite inferior entre a faixa de 2,20 à 2,90, não apresentando diferenças significativas em relação às demais características físicas, quando comparado a estudos realizados com o agregado miúdo comercial.

Apesar de apresentar teor de finos igual a 7,6%, o resíduo de seixo (RS) pode ser considerado aceitável por ser um material proveniente da segregação do seixo, através de peneiramento, enquadrando-se abaixo do limite de 10% estabelecido pela NBR 7211 (ABNT, 2005), visto que os grãos constituintes não interferem nas propriedades do concreto. A análise morfológica mostra que o resíduo de seixo possui forma irregular angulosa e textura rugosa, apresentando grandes teores de silício, segundo análise (EDS) dos elementos presentes na sua constituição.

A análise morfológica mostrou que o resíduo de seixo (RS) possui forma irregular angulosa e textura rugosa, além de apresentar teores consideráveis para silício e alumínio. Em termos de preservação ambiental, com a utilização do resíduo de seixo (RS) como agregado miúdo para a confecção de concretos e argamassas, tem-se uma diminuição considerável de áreas degradadas para exploração, visto que, em uma única área obtém-se o agregado graúdo (seixo) e o agregado miúdo. Conclui-se que o material apresenta viabilidade técnica para uso em concretos, além de contribuir para diminuir a degradação ambiental.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Anuário Mineral Estadual – Pará**. Coord.

Marina Marques Dalla Costa *et. al.*; Equipe Técnica por Maria do Rosário Miranda Costa et al.– Brasília: DNPM, 2017.

_____. ABNT NBR NM 45 - **Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2006.

ABNT NBR NM 46 – **Agregados – Determinação do material fino que passa através da Peneira 75 µm, por lavagem.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT NBR NM 52 - **Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT NBR NM 248 - **Agregados - Determinação da composição granulométrica.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT NBR 6467 - **Agregados - Determinação do inchamento de agregado miúdo – Método de ensaio.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2006.

ABNT NBR 9935:2011 – **Agregados – Terminologia.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2006.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral.** Coordenadores: Thiers Muniz Lima, Carlos Augusto Ramos Neves Brasília: DNPM, 2016.

DUTRA, MARINA BEDESCHI. **Produção de concreto com areia de granulometria ótima- obtida do resíduo da mineração de quartzo.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2015.

KUMAR, R.; LAKHANI, R; TOMAR, P. **Utilization of Stone Waste in the Development of Value Added Products: A State of the Art Review.** Journal of Engineering Science and Technology Review. V.7 (3), pp. 180-187, 2014.

KUMAYAMA, R. ALCÂNTARA, M. A. M. CRUZ, W. SEGANTINI, A. A. S. **Estudo da viabilidade do emprego de pó de mármore para produção de concreto auto adensável e substituição parcial dos agregados por pérolas de poliestireno expandido (EPS).** Revista Eletrônica de Engenharia Civil. V. 10, N. 2, 2015.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concrete: Microstructure, Properties, and Materials. Third Edition,** 2005.

OLIVEIRA, M.A.B. **Tubos de concreto com fibras de aço e agregados de Belém do Pará.** Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Pará. Belém, 2015.

ROCHA, DANUSA DI PAULA NASCIMENTO DA. **As territorialidades das pequenas empresas de mineração no nordeste paraense: o caso do município de Capitão Poço (PA).** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Pará. Belém, 2013.

SOUSA, A.C.A; CARVALHO, T.S.; COSTA, J.H.B; SILVA, K.R.M. **Caracterização de agregado miúdo utilizado para a construção civil em Belém do Pará.** XXVII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa. Belém, 2017.

VIEIRA, ERITON GERALDO; REZENDE, ELCIO NACUR. **Exploração Mineral de Areia e um Meio Ambiente Ecologicamente Equilibrado.** In Sustentabilidade em Debate. V. 6, N. 2, pp. 171-192, 2015.

SOBRE A ORGANIZADORA:

Marcia Regina Werner Schneider Abdala: Mestre em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Graduada em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Possui experiência na área de Educação a mais de 06 anos, atuando na área de gestão acadêmica como coordenadora de curso de Engenharia e Tecnologia. Das diferentes atividades desenvolvidas destaca-se a atuação como professora de ensino superior atuando em várias áreas de graduações; professora de pós-graduação *lato sensu*; avaliadora de artigos e projetos; revisora de revistas científicas; membro de bancas examinadoras de trabalhos de conclusão de cursos de graduação. Atuou como inspetora de Aviação Civil, nas áreas de infraestrutura aeroportuária e segurança operacional em uma instituição federal.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-85107-65-9

