



ISABELLE CRISTINE DE CARVALHO TERRA

**BLOCOS CIMENTÍCIOS PRODUZIDOS COM A
INCORPORAÇÃO DE FIBRAS DE COCO E RESÍDUOS DE
QUARTZITO**

LAVRAS-MG

2018

ISABELLE CRISTINE DE CARVALHO TERRA

**BLOCOS CIMENTÍCIOS PRODUZIDOS COM A INCORPORAÇÃO DE FIBRAS DE
COCO E RESÍDUOS DE QUARTZITO**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras, como
parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de
Biomateriais, área de concentração em
Compósitos e Nanocompósitos
Lignocelulósicos, para obtenção do título
de Mestre.

Prof. Dr. Lourival Marin Mendes
Orientador

Prof. Dr. Rafael Farinassi Mendes
Co-orientador

LAVRAS-MG

2018

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Terra, Isabelle Cristine de Carvalho

Blocos cimentícios produzidos com a incorporação de fibras de coco e resíduos de quartzito / Isabelle Cristine de Carvalho Terra. - 2018.

56 p. : il.

Orientador(a): Lourival Marin Mendes.

Coorientador(a): Rafael Farinassi Mendes.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Compósito. 2. fibras lignocelulósicas. 3. resíduos de mineração. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

ISABELLE CRISTINE DE CARVALHO TERRA

**BLOCOS CIMENTÍCIOS PRODUZIDOS COM A INCORPORAÇÃO DE FIBRAS DE
COCO E RESÍDUOS DE QUARTZITO
CEMENT BLOCKS PRODUCED WITH THE INCORPORATION OF COCONUT
FIBERS AND QUARTZITE RESIDUES**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras, como
parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de
Biomateriais, área de concentração em
Compósitos e Nanocompósitos
Lignocelulósicos, para obtenção do título
de Mestre.

APROVADA em 01 de outubro de 2018.
Dr. Lourival Marin Mendes – UFLA
Dr. José Benedito Guimarães Júnior - UFLA
Dr. Adriano Rodrigues - UNILAVRAS

Prof. Dr. Lourival Marin Mendes
Orientador
Prof. Dr. Rafael Farinassi Mendes
Co-orientador

**LAVRAS-MG
2018**

*À minha família, por sua capacidade de acreditar e investir em mim. Pela força e coragem que me deram durante toda essa caminhada.
Dedico*

AGRADECIMENTOS

A Deus por minha vida, família e amigos.

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biomateriais, pela oportunidade.

À FAPEMIG, pela concessão da bolsa de mestrado.

A realização desse trabalho só foi possível graças à colaboração direta e indireta de muitas pessoas. Manifesto minha gratidão a todas elas, em especial aos meus orientadores: Prof. Dr. Lourival Marin Mendes e Prof. Dr. Rafael Farinassi Mendes pela orientação, apoio e confiança.

A toda a equipe e amigos da UEPAM, Sr. Arley, Lorrán, Tony, Adriele, Tamires, Douglas, Bárbara por me ajudarem na execução desse trabalho.

Agradeço a todos os professores por proporcionar-me o conhecimento, não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem feito eu aprender.

Aos meus pais Papaulo e Nazaret, minha irmã Maria Paula e meus avôs Heli e Vitor, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Ao meu namorado, Rafael, por todo apoio e ajuda na realização de todo o mestrado.

E a todos que contribuíram para a minha formação, o meu muito obrigada.

RESUMO

A procura por novos materiais que visem a utilização de resíduos é um dos temas das pesquisas atuais. Assim, o aproveitamento de resíduos, minerais, industriais ou agroindustriais no setor da construção civil é uma opção ambientalmente correta. Este trabalho teve como objetivo avaliar a utilização do resíduo de quartzito como substituto à areia e a adição de fibras de coco como substituinte ao pó de pedra na produção de blocos de alvenaria. Foi avaliada a substituição de 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da areia pelo resíduo de quartzito, com ou sem a inserção de 2,5% de fibra de coco em relação ao volume de pó de pedra. Os quartzitos foram avaliados quanto à sua granulometria, composição química e pozolanicidade. As fibras de coco foram avaliadas segundo a sua propriedade química e sua inibição à cura do cimento. Os blocos foram confeccionados em máquina vibroprensa e a formulação empregada inicial foi de 8,2% de cimento CPV-ARI, 45,9% de areia, 45,9% de pó de pedra e 8,8% de água. Após produção, os blocos foram mantidos em temperatura ambiente por 28 dias para realização da cura. Posteriormente os blocos foram submetidos à caracterização das propriedades físicas, mecânicas e térmicas. Após análises, o resíduo de quartzito foi caracterizado como um material rico em silício, e com predisposição em ser pozolânico, o que o torna favorável para ser usado com matrizes cimentícias. A fibra de coco, em relação às suas propriedades químicas e de inibição à cura do cimento, obteve baixa porcentagem de extrativos e baixo índice de inibição, eventualmente afetando de forma reduzida o endurecimento do cimento. Os resultados finais dos blocos indicam que, conforme o aumento do teor de quartzito incorporado ao concreto quanto as suas propriedades físicas, houve aumento do índice de vazios e dos valores de absorção de água dos blocos; redução da densidade aparente; e a condutividade térmica teve seus valores reduzidos; enquanto para a propriedade mecânica de resistência à compressão houve aumento dos valores com a utilização de 25% do resíduo de quartzito. A adição da fibra de coco reduziu a condutividade térmica média do concreto produzido, o que proporciona reflexos importantes para o desempenho dos blocos quanto ao conforto térmico dos ambientes construídos. Conseqüentemente, a utilização de quartzito e fibra de coco em blocos de alvenaria é uma técnica viável que proporcionou a criação de um novo produto, com características adequadas e, ainda, uma opção para destinação apropriada a estes resíduos minerais e agroindustriais.

Palavras-chave: Compósito, fibras lignocelulósicas, resíduos de mineração.

ABSTRACT

The search for new materials aimed at the use of waste is one of the themes of current research. Thus, the use of waste, minerals, or agroindustrial in the construction sector is an environmentally correct. The objective of this work was to evaluate the use of the quartzite residue as a substitute for sand and the addition of coconut fibers as a substitute for stone powder in the production of masonry blocks. It was evaluated the substitution of 0%, 25%, 50%, 75% and 100% of the sand by the quartzite residue, with or without the insertion of 2.5% of coconut fiber in relation to the volume of stone powder. The quartzites were evaluated for their granulometry, chemical composition and pozzolanicity. The coconut fibers were evaluated according to their chemical properties and their inhibition of cement cure. The blocks were made in a vibratory machine and an initial dosage of 8.2% of CPV-ARI cement, 45.9% sand, 45.9% stone powder and 8.8% water. After production, the blocks were kept at room temperature for 28 days to perform the cure. Subsequently the blocks were submitted to characterization of the physical, mechanical and thermal properties. After analysis the quartzite residue was characterized as a rich material in silicon, and predisposed to be pozzolanic, which makes it favorable for use in cementitious matrices. Coconut fiber in relation to its chemical properties and inhibition of cement cure resulted in its low percentage of extractives and low inhibition index, will eventually affect cement solidification in a reduced manner. The final results of the blocks indicate that the increase of the quartzite content incorporated in the concrete, as well as its physical properties, there was an increase in the voids index and the water absorption values of the blocks, reduction of the apparent density, and the thermal conductivity their values reduced, while for the mechanical property of compressive strength, values were increased with the use of 25% of the quartzite residue. The addition of coconut fiber reduced the average thermal conductivity of the concrete produced, which provides important reflexes for the performance of the blocks as to the thermal comfort of the built environments. Consequently, the use of quartzite and coconut fiber in masonry blocks is a viable technique that has led to the creation of a new product with adequate characteristics and an option for appropriate disposal of these mineral and agroindustrial residues.

Key words: Composite, lignocellulosic fibers, mining waste.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Avanço do cultivo de coqueiros nos estados brasileiros em 1990 e 2014.....	14
Figura 2 - Coco verde destinado ao consumo de água (A) e de coco seco destinado a processamento industrial (B).....	15
Figura 3 - Classificação dos blocos de acordo com o material	16
Figura 4 - Exportações brasileiras por país de destino em 2017.	18
Figura 5 - Principais estados exportadores	19
Figura 6 - Mapa de localização das áreas de quartzito.	20
Figura 7 - Fibra de coco.....	32
Figura 8 - Quartzito branco em pó.....	35
Figura 9 - Superfície dos blocos em relação a fissuras.....	46
Figura 10 - Exemplos de trincas e buracos nos blocos.....	49
Figura 11 - Superfície dos blocos com adição de fibra	49

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Análise granulométrica do quartzito em pó, da areia e do pedrisco.	40
Gráfico 2 - Limites de distribuição granulométrica dos agregados.....	41
Gráfico 3 - Análise de pozolanicidade do quartzito	42
Gráfico 4 - Análise de inibição da fibra de coco	43
Gráfico 5 - Densidade aparente de blocos produzidos com quartzito	44
Gráfico 6 - Médias da densidade aparente com e sem adição de fibra de coco.	45
Gráfico 7 - Porosidade aparente de blocos em relação a adição de quartzito	45
Gráfico 8 - Médias da porosidade aparente com e sem adição de fibra de coco.....	46
Gráfico 9 - Absorção de água de blocos produzidos com quartzito com e sem adição de fibra de coco.....	47
Gráfico 10 - Resistência à compressão de blocos de concreto produzidos com quartzito	48
Gráfico 11 - Médias da resistência à compressão com e sem adição de fibra de coco.	50
Gráfico 12 - Condutividade térmica	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação de blocos vazios de concreto simples para alvenaria.....	16
Tabela 2 - Normas utilizadas para análise da composição química	33
Tabela 3 - Índice para determinação da inibição da pega do cimento.....	34
Tabela 4 - Ensaios e normas de execução.	36
Tabela 5 - Composição química do quartzito branco.....	39
Tabela 6 - Determinação dos teores químicos.....	42

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	12
1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 Compósitos	13
2.1.1 Fibras de coco	14
2.2 Blocos de Concreto.....	16
2.3 Quartzito	17
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	23
REFERÊNCIAS	24
SEGUNDA PARTE – ARTIGO	27
1 INTRODUÇÃO.....	29
2 MATERIAIS E MÉTODOS	31
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4 CONCLUSÃO	53
REFERÊNCIAS	54

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é reconhecido mundialmente pela produção e comercialização de rochas ornamentais, sendo uma destas rochas o quartzito. Durante sua extração e beneficiamento, é gerado grande acúmulo de resíduos e grande parte dele é descartada, sem nenhuma utilização. Em busca de um melhor aproveitamento destes resíduos, as empresas e moradores das regiões de extração estão em busca de alternativas para a sua reutilização, sendo a aplicação do quartzito em blocos cimentícios uma opção viável a fim de dar destino sustentável e gerar renda.

Com a finalidade de melhorar as propriedades dos compósitos, neste caso dos blocos cimentícios, pode ser adicionado como preenchimento ou reforço, fibras na matriz de cimento. As fibras podem ser tanto sintéticas como naturais. No entanto, visando a sustentabilidade foi utilizada a fibra de coco: uma fibra natural proveniente do fruto do coqueiro como preenchimento nos blocos deste estudo. Outro motivo para a inserção de fibras em compósitos é a possibilidade de melhorar o isolamento térmico final do bloco.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar a utilização do resíduo de quartzito como substituto à areia na produção de blocos de alvenaria, bem como adição de fibras de coco, para que sejam avaliadas as propriedades mecânicas, físicas, de isolamento térmico e apresentar uma alternativa à destinação de resíduos minerais e agroindustriais. Dessa forma, esta pesquisa pretende contribuir com o desenvolvimento de uma tecnologia para obtenção de um material mais sustentável.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Compósitos

Compósitos na engenharia são a junção de dois ou mais materiais com o intuito de conseguir características superiores aos materiais convencionais, ou por si só. O compósito é formado por uma matriz e por uma carga, a carga pode ser de enchimento ou de reforço. A primeira é utilizada para melhorar algumas propriedades como condutividade, isolamento térmico ou elétrico, etc. Já o reforço é usado quando se quer melhorar as propriedades mecânicas do material. Os compósitos se dividem em compósitos com fibras, compósitos com partículas e/ou compósitos estruturais (TESSARO et al., 2015; SRINIVAS; NAIDU; RAJU BAHUBALENDRUNI, 2017; SOUZA, 2017).

As propriedades dos compósitos dependerão do tipo de matriz e das propriedades físicas e geométricas das fibras utilizadas, como também da interação entre a fibra e a matriz (HOSSEINPOURPIA et al., 2012).

As fibras utilizadas em compósitos podem ser tanto naturais quanto sintéticas. As fibras sintéticas embora tenham várias vantagens como alta resistência e maior vida útil também apresentam desvantagens, como alto custo, baixa reciclagem e propriedades biodegradáveis. Para superar essas desvantagens, as fibras naturais retiradas de plantas e animais estão sendo usadas como carga nos últimos anos, como uma alternativa às fibras sintéticas (NAIDU; JAGADEESH; BAHUBALENDRUNI, 2017).

A adição de fibras naturais na produção de blocos possui como vantagem a possibilidade de diminuir a densidade, permitindo diminuir as cargas nas fundações; além de facilitar o carregamento do material em obras. Outro motivo para a inserção de fibras naturais em compósitos é a possibilidade de melhorar o isolamento térmico do compósito final (VILLAS-BÔAS, 2016).

Os compósitos mais utilizados na engenharia civil são os que empregam como matriz o cimento, sob a forma de concreto com fibras, de argamassa armada e de fibrocimento. Embora o concreto seja conhecido em todo o mundo, sua utilização com fibras representa ainda uma pequena porcentagem. A maioria dos compósitos de cimento ainda é produzida com fibras sintéticas, apesar da imensa disponibilidade de outras fibras para reforço. As matrizes à base de cimento, reforçadas com fibras, têm alcançado espaço como material de construção em âmbito mundial, particularmente pela possibilidade de produção de elementos com variadas formas e com alta tenacidade (DE ARRUDA FILHO, 2012; HOSSEINPOURPIA et al., 2012).

2.1.1 Fibras de coco

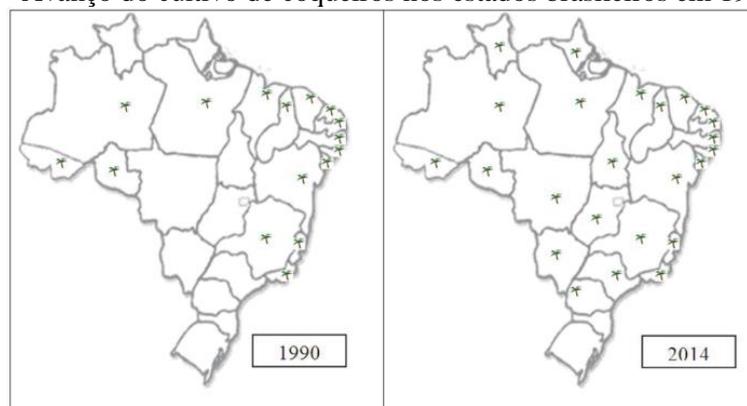
As fibras naturais são classificadas em três tipos: fibras vegetais, animais e minerais. As fibras vegetais são compostas na maioria por celulose. Elas são subdivididas em fibras de fruto, de folhas, de semente e de caule. A fibra de coco é um exemplo de fibra de fruto, a qual foi utilizada neste trabalho (SRINIVAS; NAIDU; RAJU BAHUBALENDRUNI, 2017).

A utilização das fibras vegetais em compósitos tem como objetivo criar uma combinação de propriedades mecânicas, físicas e térmicas adequadas; além dos benefícios ambientais, que é um dos principais motivos de sua utilização como alternativa para as cargas convencionais (ARDANUY; CLARAMUNT; TOLEDO FILHO, 2015).

As propriedades químicas são uma das características importantes das fibras vegetais. Os principais constituintes são a celulose, a hemicelulose e a lignina. Há também a pectina, as ceras, os extrativos e as cinzas em menor número (SRINIVAS; NAIDU; RAJU BAHUBALENDRUNI, 2017).

É importante destacar o avanço da cultura do coco no Brasil: em 1990, o país ocupava a 10ª posição no ranking mundial, com uma produção em torno de 477 mil toneladas de coco. Atualmente, o país é o quarto maior produtor mundial com uma produção aproximada de 2,8 milhões de toneladas, em uma área plantada de 257 mil ha. O cultivo do coqueiro está sendo estimulado e introduzido em várias regiões do país, conforme ilustrado na Figura 1, na qual se percebeu que quase todos os estados brasileiros estão cultivando coqueiros. No entanto, as maiores plantações se concentram na faixa litorânea do nordeste e parte da região norte do Brasil. Favorecida pelas condições de clima tropical, ambas as regiões detêm aproximadamente 70% da área de produção do coco brasileiro (MARTINS; DE JESUS JÚNIOR, 2014).

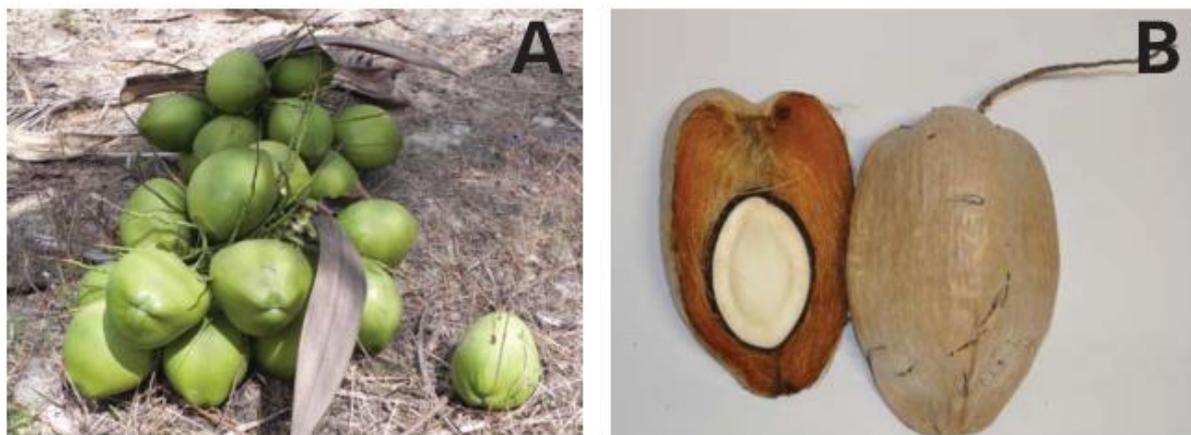
Figura 1 - Avanço do cultivo de coqueiros nos estados brasileiros em 1990 e 2014.



Fonte: Martins e De Jesus Júnior (2014).

A produção de coco está dividida em dois segmentos diferenciados: o cultivo do coqueiro destinado ao consumo de coco seco e a produção de coco fresco destinado ao consumo de água de coco, conforme ilustrado na Figura 2. O coco verde destinado ao mercado de água de coco é colhido ainda jovem com aproximadamente seis meses de idade, nesta fase, há maior capacidade de água. Os cocos secos são colhidos predominantemente do grupo do coqueiro-gigante conhecido também como mestiço e/ou comum. Esses coqueiros apresentam porte elevado, podendo atingir até 35 m de altura, na maturidade produtiva. Iniciam a produção em condições ideais com 5 a 7 anos de vida, podendo atingir até 70 anos. Sua colheita ocorre entre 11 a 12 meses após a floração, sendo a produção destinada tanto ao uso in natura quanto à industrialização, na obtenção de produtos como coco ralado, leite de coco, doce, farinha, fibras, entre outros produtos e subprodutos (MARTINS; DE JESUS JÚNIOR, 2014).

Figura 2 - Coco verde destinado ao consumo de água (A) e de coco seco destinado a processamento industrial (B).

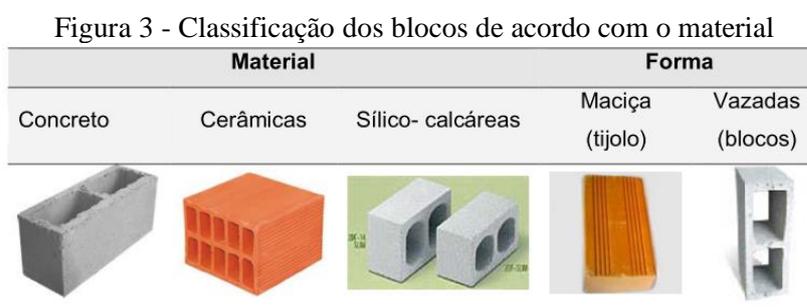


Fonte: Martins e De Jesus Júnior (2014).

A crescente quantidade de coco propicia a oferta e a utilização de suas fibras para diversos fins, dentre elas a adição em matrizes em compósitos diversos e que vem sendo estudada por muitos pesquisadores. Da Silva et al. (2014), estudaram a variação que o comprimento da fibra de coco in natura provoca na consistência e resistência à compressão da argamassa de cimento *Portland*. Silva, Marques e Júnior (2012), estudaram atuais pesquisas desenvolvidas em termos de reaproveitamento da fibra do coco e concluíram que a incorporação dessa fibra em matrizes cimentícias é uma alternativa para dar destinação adequada a este resíduo para torná-lo um subproduto. As pesquisas têm sinalizado que sua utilização melhora algumas propriedades de argamassa e concretos a serem utilizados na construção civil.

2.2 Blocos de Concreto

A classificação dos blocos no Brasil quanto a composição são: unidades de concreto, unidades cerâmicas e unidades sílico-calcáreas, conforme ilustradas na Figura 3. Quanto à forma, as unidades podem ser maciças ou vazadas, sendo denominadas tijolos ou blocos, respectivamente. São consideradas maciças aquelas que possuem um índice de vazios de no máximo 25% da área total. Se os vazios excederem esse limite, a unidade é classificada como vazada (IZQUIERDO, 2011).



Fonte: Izquierdo (2011).

A normativa NBR 6136 (ABNT, 2016), denominada “Blocos vazados de concreto simples para alvenaria”, define blocos como elementos que possuem furos prismáticos perpendiculares à face que os contém e cuja seção transversal líquida seja inferior a 75% da seção transversal bruta.

Segundo a resistência e função, os blocos podem ser classificados como estruturais ou de vedação, sendo classificados, quanto ao seu uso, em classe A, B e C. Suas funções estão exemplificadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação de blocos vazios de concreto simples para alvenaria.

Classe	Função
A	Com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo e resistência característica à compressão de no mínimo 8 MPa.
B	Com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo e resistência característica à compressão de no mínimo 4 MPa.
C	Com ou sem função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo e resistência característica à compressão de no mínimo 3 MPa.

Fonte: NBR 6136 (ABNT, 2016).

Para a produção de blocos de concreto, são utilizados como matérias-primas: cimento *Portland* de alta resistência inicial, agregados e água. O cimento é um aglomerante de grande importância na construção civil, sendo amplamente utilizado em vários tipos de construções. Sua composição é obtida a partir da mistura de diferentes produtos e o contato com a água faz com que o mesmo endureça e atinja sua resistência esperada (BENEDET, 2016).

As propriedades dos agregados (pó de pedra, areia...) são elementares na fabricação de blocos de concreto, pois interferem na aderência com a pasta de cimento, na homogeneidade e na resistência e compactação do concreto. O processo de fabricação dos blocos envolve a moldagem de concreto em moldes de tamanhos pré-estabelecidas do bloco, compactados e vibrados por máquinas automáticas, depois levados para cura e armazenagem até o momento da entrega (IZQUIERDO, 2011).

Conforme a NBR 6136 (ABNT, 2016) é importante levar em conta que em blocos vazados, a dimensão máxima característica do agregado deve ser menor do que metade da menor espessura da parede do bloco.

Vários estudos utilizando diferentes tipos de resíduos estão sendo realizados na produção de blocos cimentícios. Lintz et al. (2012), fabricaram blocos cimentícios substituindo os agregados naturais por resíduos de construção e demolição (RCD), obtendo como resultado o aumento da absorção de água dos blocos de acordo com a incorporação crescente de agregados reciclados de RCD; mas mesmo com o aumento, os blocos atenderam os limites da norma brasileira para todas as dosagens estudadas. Em relação aos ensaios de resistência à compressão dos blocos, comprovaram a viabilidade técnica do produto para utilização como elemento de alvenaria dentro do setor da construção civil. Lima e Iwakiri (2014), também estudaram blocos, os autores avaliaram o potencial de utilização do resíduo do desdobro de toras de *Pinus spp.* em substituição ao agregado miúdo (areia) para produção de blocos. E concluíram que diante dos limites estabelecidos pela normalização brasileira, os blocos produzidos com substituição parcial de 50% em volume do agregado miúdo mineral convencional pelo resíduo de *Pinus spp.* apresentaram características físicas e mecânicas que possibilitam sua utilização em alvenarias estruturais, para a construção de edifícios de até seis pavimentos.

2.3 Quartzito

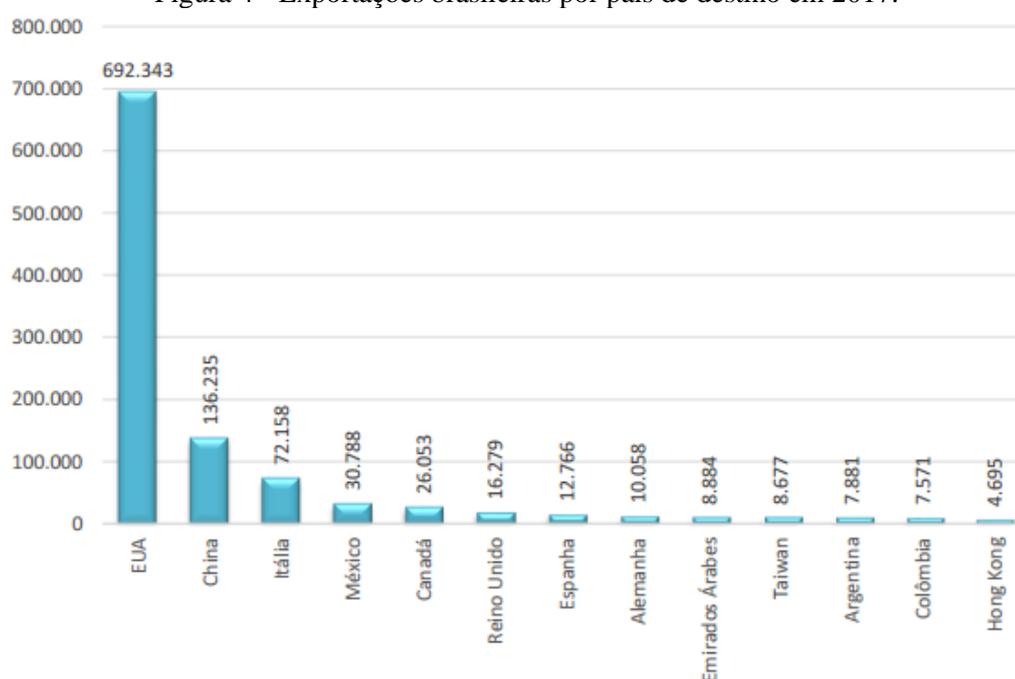
As rochas ornamentais, que são as denominadas rochas quartzíticas e calciossilicáticas, ganham ênfase cada vez mais devido a demanda existente por novos tipos de rochas exóticas

para uso na construção civil, por possuírem várias tonalidades e texturas. Essas rochas requerem atenção especial quanto à sua extração e beneficiamento devido a sua importância e valor no mercado imobiliário. Conseqüentemente, é importante utilizar técnicas que visem o melhor aproveitamento do material, sendo muitas vezes ignorada, sem sequer o menor estudo de impacto ambiental da atividade no ambiente de extração (SANTOS et al., 2014).

As rochas ornamentais são classificadas comercialmente como granitos, mármore, quartzitos, ardósias e serpentinitos, entre outras que também são valorizadas comercialmente (PIRES, 2007).

A Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais declara que as exportações brasileiras dessas rochas e seus diversos produtos comerciais somaram US\$ 1.107,1 milhões e 2,36 milhões toneladas em 2017, com retração de 2,74% no faturamento e 4,10% no volume físico frente a 2016. O preço médio dos blocos de quartzito foi de US\$ 618,1 por tonelada em 2017. O Brasil exportou rochas ornamentais para 117 países no ano de 2017, sendo que, os três principais destinos foram EUA, China e Itália, nesta ordem (Figura 4).

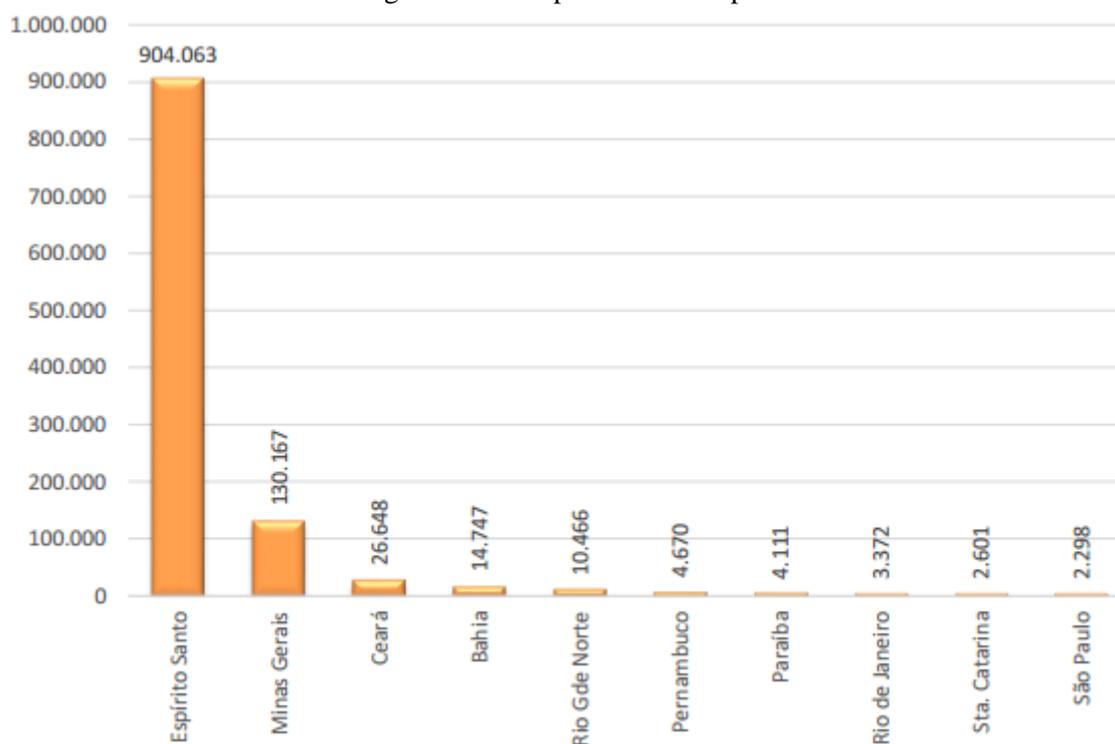
Figura 4 - Exportações brasileiras por país de destino em 2017.



Fonte: ABIROCHAS (2018).

Já os principais estados exportadores foram Espírito Santo, seguido respectivamente de Minas Gerais, Ceará e Bahia, conforme a Figura 5 (ABIROCHAS, 2018).

Figura 5 - Principais estados exportadores



Fonte: ABIROCHAS (2018).

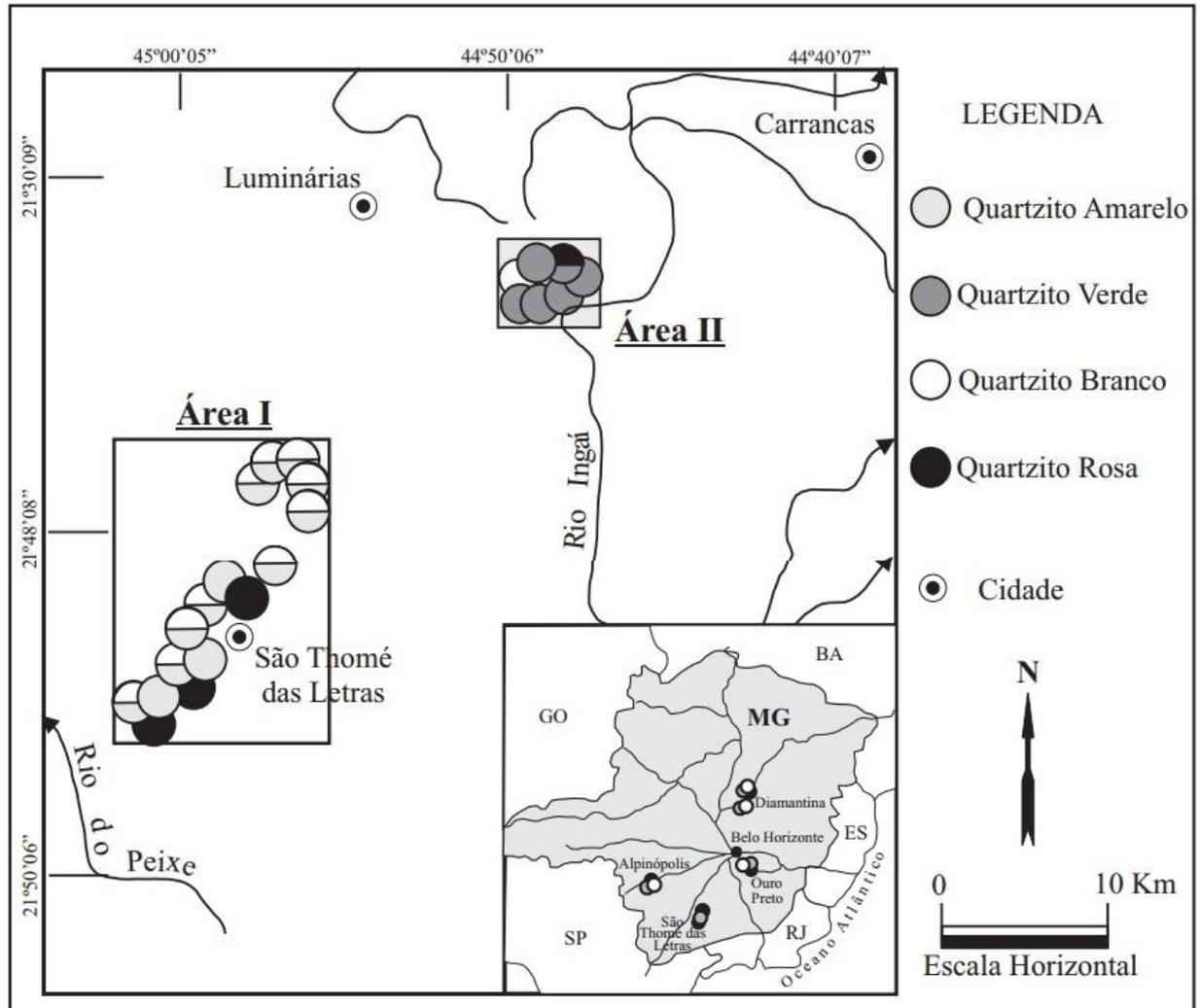
O quartzito é classificado geologicamente como uma rocha metamórfica, composto em grande parte por grãos de quartzo. Sua origem está concernente com ação de processos metamórficos desenvolvidos principalmente sobre rochas sedimentares ricas em quartzo, tais como arenitos e *cherts* (rochas ricas em sílica amorfa), ou, também podem derivar do metamorfismo de veios de quartzo ou de rochas vulcânicas muito silicosas (AMORIM, 2012).

As principais áreas de lavra de quartzitos aproveitados pelo setor de rochas estão situadas nos estados da Bahia e Minas Gerais. Acredita-se que a maior parte das exportações de quartzitos foliados e extraídos em placas do Estado de Minas Gerais seja proveniente do Centro Produtor de São Thomé das Letras-MG. A capacidade econômica desta região foi descoberta nos anos 50 e sua exploração se intensificou nos anos 70. Sua importância pode ser avaliada pela aplicação genérica do termo “Pedra São Thomé”, utilizado para designar quartzitos em placas comercializados no Brasil. O quartzito constitui a fundamental atividade econômica da região e o mesmo é encontrado nas cores branca, amarela, rósea e verde, sendo utilizado em construções, como piso, revestimento de paredes, alvenaria estrutural e até como telha (ABIROCHAS, 2018; FERNANDES; GODOY; FERNANDES, 2003).

A Figura 6 ilustra o mapa de localização das áreas de quartzito no Centro Produtor de São Thomé das Letras-MG, sendo ele dividido em duas áreas denominadas respectivamente de área I de São Thomé das Letras, caracterizada pelos tipos de quartzito de coloração clara (branco,

amarelo, róseo) e área II de Luminárias, caracterizado pelos tipos de tonalidades verde-escuros com manchas avermelhadas (luminárias, carrancas e carranquinha).

Figura 6 - Mapa de localização das áreas de quartzito.



Fonte: Fernandes, Godoy e Fernandes (2003).

O processo de produção do quartzito compreende dois procedimentos: a extração e beneficiamento. O processo de extração refere-se à aquisição da rocha de modo direto na natureza, da forma natural, já o beneficiamento surge da junção de processos que conferem ao material as propriedades necessárias para seu uso. O beneficiamento é realizado com o intuito de incorporar aspectos estéticos artificiais que lhe agreguem valorização monetária, gerando maior atração visual, bem como garantia de presença de bons aspectos físicos. No decorrer do beneficiamento são identificados e excluídos os blocos com defeitos, garantindo que apenas placas de alta qualidade sejam comercializadas (SANTOS et al., 2014).

A razão estética é apenas um dos atrativos do quartzito que possui certas características próprias, tais como, superfícies antiderrapantes e homeotermas. A composição da rocha é constituída essencialmente por quartzo (90-95%) e muscovita (5-10%), mas possui também os elementos plagioclásio (tr), turmalina (tr), zircão (tr), magnetita (tr) e rutilo (tr). Exibe textura granoblástica fina de grãos de quartzo, com dimensões variando entre 0,1 e 0,5 mm, porém de forma excepcionalmente discreta (FERNANDES; GODOY; FERNANDES, 2003).

A prática da lavra do quartzito em todo o estado de Minas Gerais é realizada a céu aberto. Inicialmente, é feita a limpeza do local de extração para então atingir o mineral. Por meio de explosivos e ferramentas manuais, o quartzito é encontrado e retirado em forma de placas. Nessa etapa, há uma grande geração de resíduo composto por blocos e retalhos que, na sua maioria, muitas das empresas ainda não o reaproveitam e não o comercializam (DIAS, 2017).

O processo de extração do quartzito inicia-se com abertura de furos na parte inferior da rocha de acordo com os limites desejados para o tamanho do bloco, com uso de um compressor de ar em um processo conhecido popularmente como “*raiação*”. Nestes furos são adicionados os explosivos que provocam um choque mecânico na rocha, obtendo os blocos e, em seguida, as placas por desmonte artesanal, que são frações planas e de pequena espessura graças à boa clivagem existente na rocha. Um dos problemas da extração do quartzito são os impactos gerados, dentre eles a poluição sonora gerada devido às explosões e a alteração da paisagem pela remoção do solo e da vegetação. Consequentemente, é possível observar a migração e eliminação parcial da macrofauna nas áreas mineradas, além dos riscos de erosão e desertificação (SANTOS et al., 2014).

Os resíduos de quartzito podem ser utilizados como uma saída ecologicamente correta para a disposição de rejeitos, podendo servir como matéria prima alternativa para a fabricação de produtos para a construção civil (telhas, tijolos e blocos cerâmicos) (RIBEIRO; VIDAL, 2011).

Dos resíduos sólidos inorgânicos gerados no processo de obtenção do quartzito, grande parte são de fragmentos que se desprendem durante a explosão e que são descartados na confecção e esquadreamento das lajes. A parcela restante de resíduos é composta por pequenos cristais formados pela fragmentação da rocha em solo (SANTOS et al., 2014).

Dentre os problemas causados pela mineração do quartzito, um deles é que seus rejeitos são muitas vezes descartados em locais inapropriados. Dessa forma, todo o resíduo gerado no processo de extração e de processamento do quartzito torna-se um grande problema para os empreendedores uma vez que, devido ao grande volume de material, passa a produzir impactos

ambientais negativos. No entanto, esse rejeito, caso obedeça aos padrões normativos estabelecidos para o uso de materiais rochosos, pode ter diferentes possibilidades de uso na construção civil, como um material viável para outros fins, oferecendo, assim, alternativas ao seu uso exclusivo, até então, como pedra de revestimento (RAMIRIO et al., 2008; AMARAL et al., 2017).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A substituição total ou parcial da areia é um dos objetivos das pesquisas atuais. Devido a areia ser o recurso natural mais consumido no mundo depois da água, a mesma está se esgotando. Somente na indústria da construção, estima-se que 25 bilhões de toneladas de areia e cascalho sejam utilizados a cada ano (THORNS, 2018). Conseqüentemente, o uso do resíduo de quartzito surge como um importante material para ser utilizado em substituição à areia.

Dessa forma, esta pesquisa procura promover o desenvolvimento técnico-científico para a área da construção civil, utilizando dois resíduos (quartzito e fibra de coco), com o intuito de identificar a melhor porcentagem de substituição da areia pelo resíduo de quartzito e a utilização da fibra de coco como enchimento, a fim de melhorar as propriedades térmicas finais do compósito. E assim, apresentar uma alternativa para destinação dos resíduos de quartzito e do coco.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, C. S. et al. Caracterização química e granulométrica de rejeitos da mineração de quartzito no município de Diamantina-MG, Brasil. **Revista Espacios**, Caracas, v. 38, n. 27, p. 1, jan. 2017.
- AMORIM, M. L. C. M. de. **Proposta de tratamento e aproveitamento dos resíduos provenientes de uma unidade industrial de beneficiamento de Quartzito**. 2012. 43f. Conclusão de Curso. Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2012.
- ARDANUY, M.; CLARAMUNT, J.; TOLEDO FILHO, R. Cellulosic fiber reinforced cement-based composites: a review of recent research. **Construction & building materials**. v, 79, p. 115-128, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. **ABIROCHAS**. Balanço das exportações e importações brasileiras de rochas ornamentais em 2017. Informe 01/2018. 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria: requisitos. Rio de Janeiro. 2016.
- BENEDET, F. et al. Construção em alvenaria: comparativo entre utilização de argamassa industrial e tradicional. **Revista Ciência & Cidadania**, v. 2, n. 1, p. 22, 2016.
- DA SILVA, E. J. et al. Resistência à compressão de argamassas em função da adição de fibra de coco. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 18, n. 12, p. 1268-1273, 2014.
- DE ARRUDA FILHO, N. T. et al. Resistência mecânica de compósitos cimentícios leves utilizando resíduos industriais e fibras de sisal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 16, n. 8, 2012.
- DIAS, L. de S. **Rejeito de mineração de quartzito como agregado para produção de argamassa colante**. 2017. 95f. Dissertação. Universidade Federal do Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.
- FERNANDES, T. M. G.; GODOY, A. M.; FERNANDES, N. H. Aspectos geológicos e tecnológicos dos quartzitos do centro produtor de São Thomé das Letras (MG). **Geociências**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 129-141, 2003.
- HOSSEINPOURPIA, R. et al. Production of Waste Bio-Fiber Cement-Based Composites Reinforced With Nano-SiO₂ Particles as a Substitute For Asbestos Cement Composites. **Construction and Building Materials**, v. 31, p. 105-111, 2012.
- IZQUIERDO, I. S. **Uso de fibra natural de sisal em blocos de concreto para alvenaria estrutural**. 2011. 146f. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.
- LIMA, A. J. M. de; IWAKIRI, S. Use of wood residues of pinus spp. for substitution to the fine aggregate in the production of concrete blocks for structural masonry. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 1, p. 223-235, 2014.

LINTZ, R. C. C. et al. Estudo do reaproveitamento de resíduos de construção em concretos empregados na fabricação de blocos. **RIEM-IBRACON Structures and Materials Journal**, v. 5, n. 2, 2011.

MARTINS, C. R.; DE JESUS JÚNIOR, L. A. Produção e comercialização de coco no Brasil frente ao comércio internacional: Panorama 2014. **Embrapa Tabuleiros Costeiros-Documentos (INFOTECA-E)**, 2014.

NAIDU, A. L.; JAGADEESH, V.; BAHUBALENDRUNI, M. R. A review on chemical and physical properties of natural fiber reinforced composites. **Journal of Advanced Research in Engineering and Technology**, v. 8, n. 1, p. 56-68, 2017.

PIRES, P. R. **Caracterização sócio-econômica e ambiental da atividade do tratamento de quartzito na região de Ouro Preto**. 2007. 147f. Dissertação. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2007.

RAMIRIO, R. F. et al. Estudo comparativo de rejeitos de quartzito com outros agregados comercialmente utilizados como materiais de construção no Sudoeste de Minas Gerais. **Ciência et Praxis**, v. 1, n. 1, p. 25-32, 2008.

RIBEIRO, W. S.; VIDAL, F. W. H. Reaproveitamento dos rejeitos de quartzito na elaboração de cerâmica vermelha da região de Seridó, PB. UENF. 2011.

SANTOS, D. A. et al. Extração mineral de quartzito e sua aplicabilidade na construção civil na cidade de Várzea–PB. **Holos**, Natal, v. 4, n. 4, p. 89-100, março 2014.

SILVA, E.; MARQUES, M.; JUNIOR, C. F. Aplicação de fibra de coco em matrizes cimentícias. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 8, n. 8, p. 1555-1561, 2012.

SOUZA, L. G. V. M. **Obtenção e caracterização de um compósito híbrido de matriz polimérica com carga de tecido plano de algodão e tecido de fibra de vidro tipo E**. 129 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

SRINIVAS, K.; NAIDU, A. L.; RAJU BAHUBALENDRUNI, M. V. A. A Review on Chemical and Mechanical Properties of Natural Fiber Reinforced Polymer Composites. **International Journal of Performability Engineering**, v. 13, n. 2, 2017.

TESSARO, A. B. et al. Compósitos cimentícios reforçados com fibras de eucalipto puras e tratadas com tetraetilortossilicato (TEOS 98%). **Ambiente Construído**, v. 15, n. 3, p. 47-55, 2015.

THORNS, E. A próxima crise da sustentabilidade: nós estamos usando tanta areia que ela pode realmente acabar. The Next Sustainability Crisis: Humans Are Using So Much Sand That We May Actually Run Out. 23 Abr 2018. **ArchDaily Brasil**. (Trad. Souza, Eduardo) Acessado 21 Set 2018. <<https://www.archdaily.com.br/br/893075/a-proxima-crise-da-sustentabilidade-nos-estamos-usando-tanta-areia-que-ela-pode-realmente-acabar>> ISSN 0719-8906

VILLAS-BÔAS, B. T.. Utilização de Cimento Portland e resíduos de Pinus spp para fabricação de blocos vazados de baixa densidade para alvenaria. 2016. 187 p. Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

SEGUNDA PARTE – ARTIGO

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE BLOCOS DE ALVENARIA COM
RESÍDUOS DE QUARTZITO E FIBRAS DE COCO****RESUMO**

A procura por novos materiais que visem a utilização de resíduos é um dos temas das pesquisas atuais. Assim, o aproveitamento de resíduos minerais, industriais ou agroindustriais no setor da construção civil é uma opção ambientalmente correta. Este trabalho teve como objetivo avaliar a utilização do resíduo de quartzito como substituto à areia e a adição de fibras de coco como substituinte ao pó de pedra na produção de blocos de alvenaria. Foi avaliada a substituição de 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da areia pelo resíduo de quartzito, com ou sem a inserção de 2,5% de fibra de coco em relação ao volume de pó de pedra. Os quartzitos foram avaliados quanto à sua granulometria, composição química e pozolanicidade. As fibras de coco foram avaliadas segundo a sua propriedade química e sua inibição à cura do cimento. Os blocos foram confeccionados em máquina vibroprensa e a formulação empregada inicial foi de 8,2% de cimento CPV-ARI, 45,9% de areia, 45,9% de pó de pedra e 8,8% de água. Após produção, os blocos foram mantidos em temperatura ambiente por 28 dias para realização da cura. Posteriormente os blocos foram submetidos a caracterização das propriedades físicas, mecânicas e térmicas. Após análises, o resíduo de quartzito foi caracterizado como um material rico em silício e com predisposição em ser pozolânico, o que o torna favorável para ser usado com matrizes cimentícias. A fibra de coco, em relação às suas propriedades químicas e de inibição à cura do cimento, obteve baixa porcentagem de extrativos e baixo índice de inibição, eventualmente afetando de forma reduzida o endurecimento do cimento. Os resultados finais dos blocos indicam que, conforme o aumento do teor de quartzito incorporado ao concreto quanto às suas propriedades físicas, houve aumento do índice de vazios e dos valores de absorção de água dos blocos, redução da densidade aparente e a condutividade térmica teve seus valores reduzidos; enquanto para a propriedade mecânica de resistência à compressão, houve aumento dos valores com a utilização de 25% do resíduo de quartzito. A adição da fibra de coco reduziu a condutividade térmica média do concreto produzido, o que proporciona reflexos importantes para o desempenho dos blocos quanto ao conforto térmico dos ambientes construídos. Conseqüentemente, a utilização de quartzito e fibra de coco em blocos de alvenaria é uma técnica viável que proporcionou a criação de um novo produto, com características adequadas e, ainda, uma opção para destinação apropriada a estes resíduos minerais e agroindustriais.

Palavras-chave: Compósito, fibras lignocelulósicas, resíduos de mineração.

ABSTRACT

The search for new materials aimed at the use of waste is one of the themes of current research. Thus, the use of waste, minerals, or agroindustrial in the construction sector is an environmentally correct. The objective of this work was to evaluate the use of the quartzite residue as a substitute for sand and the addition of coconut fibers as a substitute for stone powder in the production of masonry blocks. It was evaluated the substitution of 0%, 25%, 50%, 75% and 100% of the sand by the quartzite residue, with or without the insertion of 2.5% of coconut fiber in relation to the volume of stone powder. The quartzites were evaluated for their granulometry, chemical composition and pozzolanicity. The coconut fibers were evaluated according to their chemical properties and their inhibition of cement cure. The blocks were made in a vibratory machine and an initial dosage of 8.2% of CPV-ARI cement, 45.9% sand, 45.9% stone powder and 8.8% water. After production, the blocks were kept at room temperature for 28 days to perform the cure. Subsequently the blocks were submitted to characterization of the physical, mechanical and thermal properties. After analysis the quartzite residue was characterized as a rich material in silicon, and predisposed to be pozzolanic, which makes it favorable for use in cementitious matrices. Coconut fiber in relation to its chemical properties and inhibition of cement cure resulted in its low percentage of extractives and low inhibition index, will eventually affect cement solidification in a reduced manner. The final results of the blocks indicate that the increase of the quartzite content incorporated in the concrete, as well as its physical properties, there was an increase in the voids index and the water absorption values of the blocks, reduction of the apparent density, and the thermal conductivity their values reduced, while for the mechanical property of compressive strength, values were increased with the use of 25% of the quartzite residue. The addition of coconut fiber reduced the average thermal conductivity of the concrete produced, which provides important reflexes for the performance of the blocks as to the thermal comfort of the built environments. Consequently, the use of quartzite and coconut fiber in masonry blocks is a viable technique that has led to the creation of a new product with adequate characteristics and an option for appropriate disposal of these mineral and agroindustrial residues.

Key words: Composite, lignocellulosic fibers, mining waste.

1 INTRODUÇÃO

A extração de rochas minerais é uma das fundamentais fontes de obtenção de matérias-primas para as atividades do homem, sendo que a utilização dos recursos naturais vem sendo explorada desde os primórdios da humanidade. No Brasil, a extração mineral é historicamente favorecida pela sua formação geológica e pela extensão territorial, tendo inúmeros minerais de interesse econômico (SANTOS et al., 2014).

Dentre as rochas encontradas no Brasil, destaca-se o quartzito. O estado de Minas Gerais corresponde pela maior parte da sua produção brasileira, sendo as regiões de extração mais expressivas a de São Thomé das Letras, seguindo-se Alpinópolis, Ouro Preto e Diamantina. Seus principais usos são como rochas ornamentais e de revestimento (FERNANDES; GODOY; FERNANDES, 2003).

As indústrias que atuam na mineração do quartzito são responsáveis por grande geração de resíduos. Nesse contexto, além da contaminação do meio ambiente, esses processos geram grandes volumes de materiais, que muitas vezes não são utilizados. Preocupadas com tal impacto, essas indústrias estão à procura de uma destinação adequada aos resíduos gerados durante o processo produtivo, que seja técnica e economicamente viável e esteja de acordo com a regulamentação, minimizando ao máximo o impacto ambiental. Sendo assim, a produção de compósitos cimentícios utilizando resíduos da mineração do quartzito para uso em construção civil é uma boa oportunidade econômica e ambiental para dar destino a esse material.

Os compósitos cimentícios são constituídos de aglomerantes minerais, podendo conter agregados que dão origem a pastas, argamassas ou concretos (SILVA; MARQUES; JUNIOR, 2012). Um exemplo da utilização de concretos, são os blocos para alvenaria. A utilização do resíduo de quartzito em blocos cimentícios pode apresentar um potencial para uso no setor de construção civil, visto sua constituição e granulometria.

Com o propósito de melhorar as propriedades dos blocos, a adição de fibras vegetais é uma boa alternativa. A utilização delas em compósitos tem como objetivo criar uma combinação de propriedades mecânicas, físicas e térmicas adequadas, além dos benefícios ambientais, que é um dos principais motivos de sua utilização como alternativa para reforços convencionais (ARDANUY; CLARAMUNT; TOLEDO FILHO, 2015).

Um exemplo de fibra vegetal é a fibra de coco. Ela é obtida pelo revestimento exterior de material fibroso de coco amadurecido, denominado casca, sendo este um resíduo proveniente da fruta (HEJAZI et al., 2012). A geração de resíduos resultantes do processamento do coco, quando descartados de maneira incorreta ou queimados, levam a grandes impactos ambientais.

Consequentemente, torna-se cada vez mais necessária a reutilização de resíduos como uma abordagem importante para proteger o meio ambiente e economizar recursos (HWANG, 2016).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar a utilização do resíduo de quartzito como substituto à areia na produção de blocos de alvenaria, bem como adição de fibras de coco, a fim de avaliar as propriedades mecânicas, físicas, de isolamento térmico e apresentar uma alternativa à destinação de resíduos minerais e agroindustriais.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Obtenção e caracterização do quartzito

Para confecção dos blocos foram utilizados resíduos da extração do quartzito branco (Pedra “São Thomé”) obtidos de uma empresa da cidade de Luminárias – MG.

Foi realizada a análise granulométrica do quartzito, da areia e do pó de pedra no laboratório de compósitos na UFLA. Para o ensaio foram empregadas peneiras com as seguintes aberturas: 4,77mm, 2,36mm, 1,18mm, 600µm, 300µm e 150µm, conforme a NBR 7211 (ABNT, 2009), para agregados para concreto.

Foi avaliada a pozolanicidade do quartzito, conforme a determinação do índice de desempenho de materiais pozolânicos com cimento Portland aos 28 dias da norma NBR 5752 (ABNT, 2014). Para o ensaio foram confeccionadas duas argamassas, com 12 repetições cada, sendo a primeira composta por cimento CPII-F32, areia normalizada e água. Enquanto a segunda, além desses componentes, possuía um percentual de 25% de resíduo em substituição à massa do cimento. Para os processos de mistura, moldagem, cura e ruptura dos corpos de prova, utilizaram-se as recomendações da norma NBR 7215 (ABNT, 1996), em que as amostras permaneceram por 24 horas após moldagem em uma câmara úmida; e posteriormente foram imersas em uma solução de água e cal virgem até o dia da ruptura dos corpos de prova em uma prensa hidráulica elétrica digital utilizando uma velocidade de carregamento de 0,25MPa/s.

O índice de desempenho com cimento Portland, aos 28 dias, foi calculado pela Equação 1:

$$I_{\text{CIMENTO}} = \frac{f_{cB}}{f_{cA}} * 100 \quad \text{Equação 1}$$

Em que:

I_{CIMENTO} - Índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias;

f_{cB} - Resistência média aos 28 dias dos corpos de prova da argamassa B;

f_{cA} - Resistência média aos 28 dias dos corpos de prova da argamassa A.

Para que o resíduo de quartzito seja classificado como material pozolânico, os resultados do ensaio de pozolanicidade devem estar de acordo com os requisitos estabelecidos na NBR 12653 (ABNT, 2015), nos quais a resistência da média dos corpos de prova com adição de resíduo deve ser no mínimo 75% da resistência dos corpos de prova controle.

Para a determinação analítica da composição do quartzito, foi realizada a técnica de fluorescência de raios-X por reflexão total (TXRF) no departamento de solos da UFLA. Para a

leitura dos elementos, a metodologia foi conforme o manual que acompanha o equipamento (S2 Picofox™). Foram pesadas duas amostras de quartzito de 50 mg, as quais foram adicionadas em tubos falcon de 15mL juntamente com 2,5mL de solução de Triton X-100 a 5% v/v em água ultrapura e 0,5mL de solução de Ga 10 mg kg⁻¹, resultando em concentração final de Ga igual a 1,667mgkg⁻¹.

Cada tubo foi agitado em agitador tipo vortex, obtendo assim, uma suspensão homogênea. Imediatamente após a agitação, retirou-se uma alíquota de 10μL da suspensão, que foi gotejada no centro de um porta-amostra de plástico, devidamente limpo. Para facilitar a formação de uma película fina de cerca de 10 mm de espessura, previamente uma solução de silicone foi gotejada no porta-amostra. Cada amostra foi lida em duplicata durante 300 s. O aparelho de TXRF foi conectado ao *software Spectra*, que ao final da análise exibiu os elementos químicos presentes na amostra.

2.2 Obtenção e caracterização da fibra de coco

Foram utilizadas como carga no compósito as fibras de coco (Figura 7). Elas foram provenientes de uma empresa da cidade de Cascavel – PR, e não passaram por nenhum tratamento físico ou químico. As fibras de coco, foram recebidas na Unidade Experimental de Painéis de Madeira e caracterizadas. Para a realização do experimento as fibras foram cortadas em dimensões aproximadas de 10 cm e posteriormente foram moídas em um moinho de facas Marconi modelo MA-090CF, com uma peneira de abertura de 2 mm.

Figura 7 - Fibra de coco



Fonte: Do autor (2018).

Foram determinados os teores dos constituintes químicos dos materiais lignocelulósicos, com 4 repetições para cada teste. Para tanto, as fibras foram acondicionadas em temperatura de $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $65\pm 5\%$, até a obtenção de massa constante.

Foi realizada a quantificação dos teores de cinzas, extrativos, lignina, holoceluloses, celulose e hemiceluloses, com base nas normas apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Normas utilizadas para análise da composição química	
Constituintes	Normas
Extrativos	NBR 14853 (ABNT, 2010)
Lignina	NBR 7989 (ABNT, 2010)
Holoceluloses	Browning (1963)
Celulose	Kennedy, Philips e Willians (1987)
Hemiceluloses	(Holoceluloses – Celulose)
Cinzas	NBR 13999 (ABNT, 2017)

A densidade básica das fibras de coco foi determinada de acordo com metodologia adaptada da norma NBR 11941 (ABNT, 2003). Elas foram imersas em água até ficarem saturadas. Em seguida, foi obtido o volume saturado, mantendo as fibras na estufa à temperatura de 80°C , durante 48 horas, para o cálculo da massa seca. O ensaio foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições. A densidade básica foi mensurada dividindo a massa seca pelo volume saturado das fibras.

Para avaliar a aptidão da fibra de coco com a matriz cimentícia foi utilizado o método proposto por Hofstrand et al. (1984), que avalia a evolução da temperatura de hidratação do cimento (termometria). Essa metodologia consiste em mensurar de forma sistemática a evolução da temperatura da fibra de coco com o cimento, durante determinado período de tempo. O monitoramento dessa temperatura de reação foi usado como base para a determinação do índice de inibição da “pega” ou endurecimento do cimento.

Para a determinação da temperatura foram utilizados cabos termopares do tipo K acoplados em um coletor de dados, no qual os dados foram gerados e armazenados. As leituras de temperaturas em cada cabo conectado foram realizadas em intervalo de um minuto, durante 24 horas.

Utilizou-se um sistema hermético, projetado de modo que a mistura correspondente ao traço foi acondicionada e acoplada aos cabos termopar, sem que o calor obtido da reação exotérmica do cimento dissipasse pelo ambiente.

A fibra de coco, cimento e água, resguardadas as devidas proporções, foram misturados em um Becker por período inferior a 5 minutos. Imediatamente depois, a mistura foi transferida para uma caixa de isopor, os cabos termopares inseridos na mistura e a caixa foi fechada. A partir desse momento o equipamento foi ligado e iniciou-se a aquisição de dados.

Para o cálculo do índice de inibição foi utilizada a Equação 3, proposta por Hostrand et al. (1984) e utilizada por Lopes (2004).

$$I=100*t^2-\left(\frac{t'^2*T^2}{t^2}\right)-\left(\frac{T^2*S'^2}{T^2}\right)-\left(\frac{S'^2}{S^2}\right) \quad \text{Equação 3}$$

$$S'^2=\frac{\Delta T'^2}{\Delta t'^2} \quad S^2=\frac{\Delta T^2}{\Delta t^2}$$

Em que:

t^2 = tempo para se atingir a temperatura máxima de hidratação da mistura água-cimento;

t'^2 = tempo para se atingir a temperatura máxima de hidratação da mistura água-cimento-adição de material;

T^2 = Temperatura máxima atingida pela mistura cimento-água;

T'^2 = Temperatura máxima atingida pela mistura cimento-adição de material;

S^2 = Variação máxima de temperatura por hora para mistura cimento-água;

S'^2 = Variação máxima de temperatura por hora para mistura cimento-adição de material.

Para classificação da compatibilidade do material adicionado ao cimento foi utilizada a classificação proposta por Okino et al. (2004), apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 - Índice para determinação da inibição da pega do cimento	
Índice de Inibição (%)	Classificação
$I < 10$	Baixa
$10 \leq I < 50$	Intermediária
$50 \leq I \leq 100$	Alta
$I > 100$	Muito Alta

Fonte: Okino et al. (2004).

2.3 Produção dos blocos

Foram fabricados blocos de vedação de classe C conforme a NBR 6136 (ABNT, 2016), sem função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo e resistência

característica à compressão de no mínimo 3 MPa. O processo de fabricação foi realizado em uma empresa da região de Lavras, Minas Gerais.

A formulação inicial controle empregada foi de 8,2% de cimento CPV-ARI, 45,9% de areia, 45,9% de pó de pedra e 8,8% de água, de acordo com informações cedidas por empresas do setor e com base em estudos anteriores (LIMA; IWAKIRI, 2014). Os demais tratamentos foram produzidos com substituição de areia pelo quartzito branco em pó (Figura 8) nas proporções de 25%, 50%, 75% e 100%, com e sem a inserção de 2,5% de fibra de coco, em substituição ao pó de pedra. Todas as proporções foram realizadas de acordo com a densidade de cada material.

Figura 8 - Quartzito branco em pó



Fonte: Do autor (2018).

A formulação de cada tratamento foi homogeneizada em uma misturador com capacidade de 800 litros e posteriormente levada à máquina vibroprensa. Para moldagem dos blocos, além da vibração, foi aplicada uma carga unidirecional vertical durante a compressão do concreto fresco. A dimensão dos blocos produzidos foi de 14x19x39 cm (largura, altura e comprimento), conforme previsto na norma NBR 6136 (2016).

Após produção, os blocos foram mantidos em temperatura ambiente por 28 dias para realização da cura.

2.4 Determinação das propriedades físicas e mecânicas dos blocos

Para determinação das propriedades físicas e mecânicas, os blocos foram ensaiados aos 28 dias de cura. A Tabela 4 apresenta os testes e normas utilizadas para avaliação dessas propriedades.

Tabela 4 - Ensaio e normas de execução.

Ensaio	Norma
Resistência a compressão	NBR 12118 (ABNT, 2013)
Densidade aparente	NBR 12118 (ABNT, 2013)*
Absorção de água	NBR 12118 (ABNT, 2013)
Porosidade	NBR 9778 (ABNT, 2009)

*adaptado

Para cálculo da densidade aparente dos blocos utilizou-se o volume líquido, especificado na norma NBR 12118 (ABNT, 2013), e massa do compósito, ambos com o material climatizado à temperatura de $20 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $65 \pm 3\%$.

Foram utilizados 6 corpos de provas de cada tratamento para o ensaio mecânico de compressão e 3 corpos de prova de cada tratamento para os ensaios físicos de densidade aparente, absorção de água e porosidade.

Para a realização dos ensaios mecânicos os blocos foram capeados em ambos lados com argamassa, conforme a NBR 12118 (ABNT, 2013).

2.5 Condutibilidade térmica

O ensaio de condutibilidade térmica nos blocos foi realizado conforme as configurações e procedimentos descritos por Eugenio (2016), no qual foram usadas um conjunto de duas câmaras sobrepostas, revestidas interiormente por uma camada de isopor e mais internamente por uma manta térmica para que não haja interferência da temperatura ambiente na temperatura do interior das câmaras.

No centro da câmara inferior, foi instalada uma lâmpada incandescente de 100 W para produção de calor, conectada a uma plataforma de desenvolvimento de hardware, microcontrolada de código aberto (arduino), que recebe a leitura de um termopar e mantém a temperatura deste termopar sempre constante. Existem nas câmaras, dois termopares, um em cada câmara, que monitoram a temperatura em posições específicas desse ambiente termicamente isolado. Mais um termopar que monitora a temperatura ambiente (externa às câmaras). Dentre os termopares que estão localizados no interior das câmaras, existe um localizado na câmara inferior, próximo ao corpo de prova, que é o termopar responsável por manter a temperatura que chega à amostra sempre constante e outro termopar localizado na

câmara superior, em posição espelhada em relação ao corpo de prova, ao termopar da câmara inferior.

O calor que sai da lâmpada, por radiação chega até a amostra, onde é registrada a temperatura por um dos termopares localizado nessa posição. O calor passa pela amostra e chega ao outro termopar localizado na câmara superior, que faz a leitura da tensão e armazena em um banco de dados. O isolamento térmico foi determinado pela diferença de voltagem dos termopares localizados nas duas câmaras em posições equidistantes do corpo de prova, que foi convertida em temperatura.

O princípio do método de determinação da condutividade térmica foi o mesmo utilizado por Silva (2010). O aquecimento do corpo de prova foi monitorado até a estabilização da temperatura e os valores foram coletados, tanto da face exposta à radiação da lâmpada quanto da face não exposta. De posse desses dados, da radiação que chega à amostra obtida por um medidor de radiação e das espessuras médias de cada amostra, foi utilizada a Equação 4, para determinação da condutividade térmica dos blocos.

$$K = P \cdot E / \Delta T \quad \text{Equação 4.}$$

Em que:

K – Condutividade térmica [W/m°C];

P – Radiação por medida de área [W/m²];

E – Espessura do corpo de prova [m];

ΔT – Variação de temperatura observada [°C].

2.6 Morfologia externa

Para uma melhor ilustração dos corpos-de-prova foram realizadas imagens com zoom de 0,75 x através do microscópio estereoscópio SMZ 1500 (Nikon).

2.7 Análise dos dados

Para análise dos dados obtidos empregou-se um delineamento inteiramente casualizado, arranjado em esquema fatorial, 2 x 5, sendo considerado o fator 1 a inserção de fibras e o fator 2 as proporções de quartzito. Foram realizadas 6 repetições para compressão e 3 repetições para densidade, absorção de água e porosidade. Foi utilizado o teste de média Tukey e/ou regressão linear, com 5% de significância.

Posteriormente os dados foram confrontados com a norma de comercialização NBR 6136 (ABNT, 2016) para compressão simples e absorção de água.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização do quartzito

3.1.1 Composição química

A Tabela 5 demonstra a determinação dos teores químicos do quartzito branco do Centro Produtor de São Thomé das Letras-MG.

Tabela 5 - Composição química do quartzito branco.

Composição Química	Teor (%)
Al	1,97
Si	37,80
P	0,48
S	1,30
Cl	0,90
Ar	0,11
K	0,23
Ca	0,46
Fe	0,18
Zr	16,28
Mo	4,83

Legenda: Al= alumínio; Si= silício; P= fósforo; S= enxofre; Cl= cloro; Ar= argônio; K= potássio; Ca=cálcio; Fe= ferro; Zr= zircônio; Mo= mobilênio.

Fonte: Do autor (2018).

O elemento que obteve maior proporção foi o silício (Si), com porcentagem média de 37,8%. Dessa forma, pode-se confirmar a predominância de quartzo (dióxido de silício - SiO₂) no quartzito estudado. Foi possível encontrar também em pequenas proporções enxofre (S), cloro (Cl), mobilênio (Mo), zircônio (Zr), ferro (Fe), cálcio (Ca), potássio (K), argônio (Ar), fósforo (P) e alumínio (Al). Pode-se declarar também a presença de muscovita (KAl²(AlSi³O¹⁰)(F,OH)²) no quartzito. Esses resultados podem ser confirmados por Fernandes, Godoy, Fernandes (2003) que também avaliaram a composição da rocha de quartzito branco do Centro Produtor de São Thomé das Letras-MG e encontraram essencialmente na composição quartzo (90-95%) e muscovita (5-10%), além de plagioclásio, turmalina, zircão, magnetita e rutilo.

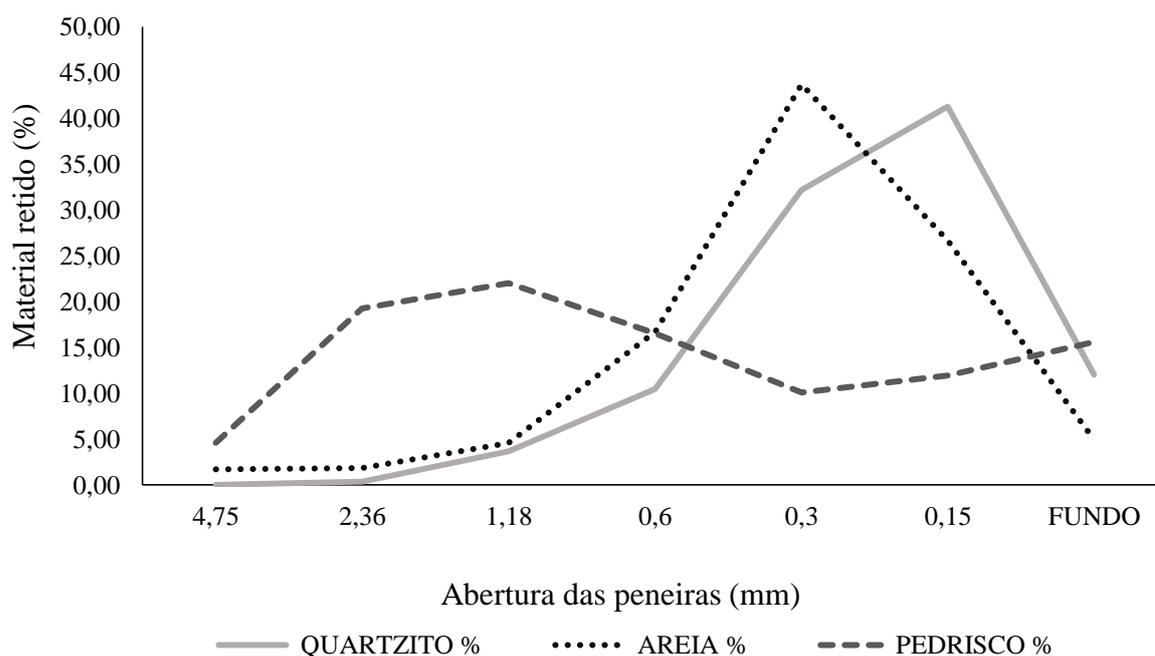
Contudo, pode-se inferir que o quartzito branco do Centro Produtor de São Thomé das Letras-MG possui em sua composição a predominância de quartzo em maiores proporções e de

muscovita em menores proporções. Segundo Narciso (2018), a presença de dióxido de silício (quartzo) em materiais cimentícios pode possibilitar melhorias ao cimento, devido às reações entre o dióxido de silício e o hidróxido de cálcio (CaOH), resultante da hidratação do cimento. Dessa interação originam-se silicatos monocálcicos hidratados, que proporcionam redução no tamanho dos poros do compósito final e melhoria na qualidade de cristalização do cimento, possibilitando desta forma aumentar a resistência à compressão do material.

3.1.2 Análise granulométrica

O Gráfico 1 demonstra as porcentagens de material retido nas peneiras de 4,75 mm, 2,36 mm, 1,18 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, 0,15mm e no fundo, conforme a classificação para agregado miúdo da NBR 7211 (ABNT, 2009).

Gráfico 1 - Análise granulométrica do quartzito em pó, da areia e do pedrisco.



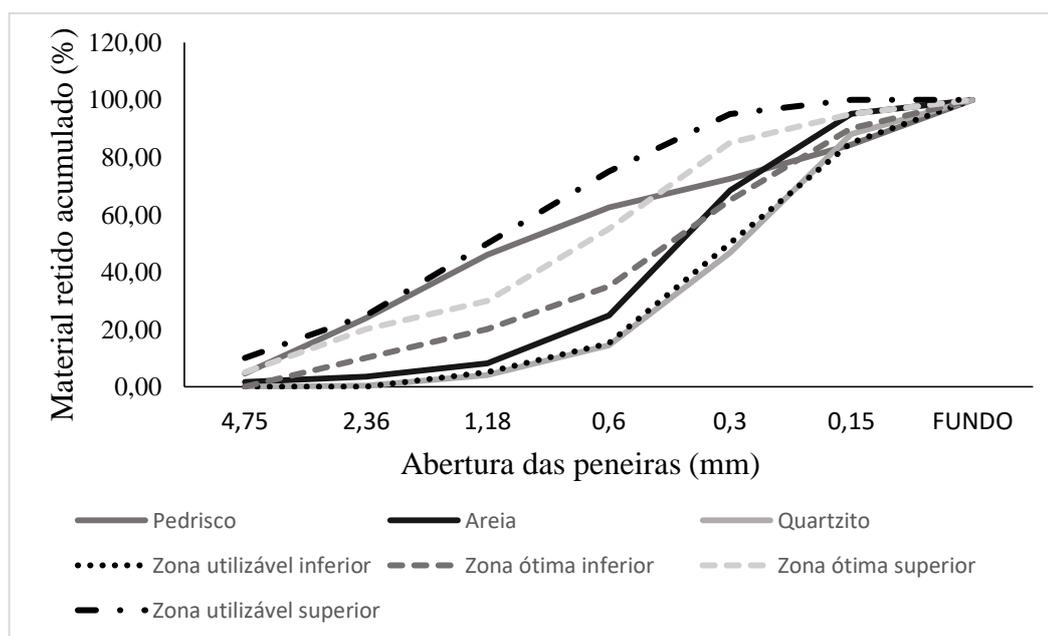
Fonte: Do autor (2018).

De acordo com NBR 7211 (ABNT, 2009), para um material ser considerado como agregado miúdo, o mesmo deve passar pela peneira de 4,75 mm. Assim sendo, os agregados quartzito em pó, areia e pó de pedra (pedrisco) analisados encontram-se nesta classificação.

A dimensões máximas características do quartzito, da areia e do pedrisco são, respectivamente, 2,36 mm, 4,75 mm e 4,75 mm. A maior porcentagem retida do quartzito, da areia e do pedrisco foi na peneira de, 0,15 mm, 0,3 mm e 1,18mm, na devida ordem.

O Gráfico 2 contém a classificação dos agregados em relação aos limites de distribuição granulométrica.

Gráfico 2 - Limites de distribuição granulométrica dos agregados



Fonte: Do autor (2018).

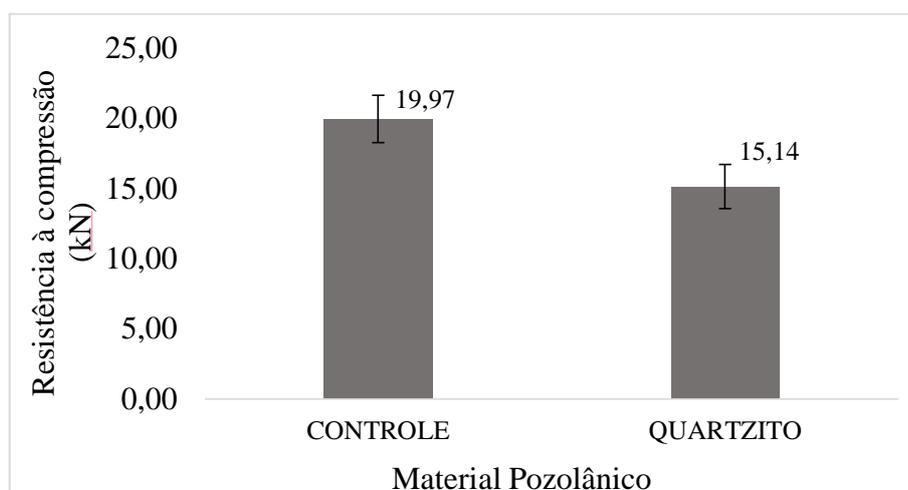
A partir das quantidades retidas acumuladas apresentadas na curva granulométrica, é possível calcular o módulo de finura, seguindo-se as recomendações da norma NBR 7211 (ABNT, 2009). O resíduo do quartzito em pó utilizado apresenta módulo de finura de 0,88, a areia de 0,95 e o pedrisco de 0,84.

Os materiais estudados nesta análise possuem suas granulometrias dentro das zonas utilizáveis superior e inferior, possibilitando desta forma, seu uso como agregado para concreto.

3.1.3 Pozolanicidade

O Gráfico 3 indica o resultado da análise de pozolanicidade do quartzito conforme a determinação do índice de desempenho de materiais pozolânicos com cimento Portland aos 28 dias.

Gráfico 3 - Análise de pozolanicidade do quartzito



Fonte: Do autor (2018).

Em relação aos resultados obtidos de resistência à compressão, a média dos corpos de prova controle (sem adição de quartzito) foi de 19,97kN e dos corpos de prova com adição de quartzito foi de 15,14kN. Para um material ter predisposição a ser pozolânico, a sua resistência deve ser de no mínimo 75% da resistência do controle. Desta forma, a média dos corpos de prova de quartzito foi de 75,81%, desse modo é possível afirmar que o material quartzito tem propensão em ser um material pozolânico.

3.2 Caracterização da fibra de coco

A fibra de coco estudada obteve densidade de 0,169g/cm³. A Tabela 6 demonstra a determinação dos teores químicos da fibra de coco e seus respectivos desvios padrão.

Tabela 6 - Determinação dos teores químicos

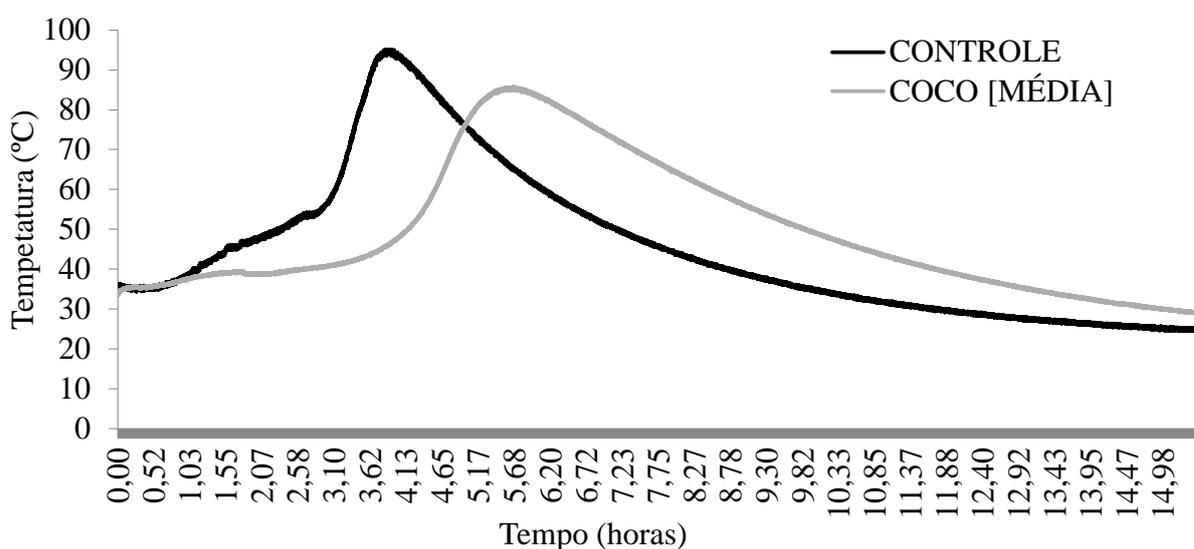
COMPONENTES	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
Extrativos	3,38%	0,26
Lignina	31,34%	2,48
Hemicelulose	33,11%	1,06
Celulose	36,78%	1,06
Cinzas	0,15%	1,02

Fonte: Do autor (2018).

A fibra de coco possui um alto teor de lignina, o que permite que a degradação da fibra ocorra muito mais lentamente que outras fibras vegetais (HEJAZI et al., 2012)

O componente químico mais importante neste estudo é do teor de extrativos, uma vez que a sua quantidade pode afetar diretamente a cura do cimento e por consequência, afetar a interação entre a fibra e a matriz cimentícia. Nesse caso, a fibra de coco apresentou valores relativamente baixos, 3,38%, o que é bastante desejável para a produção dos blocos. Esses pequenos valores podem ser confirmados com o resultado do teste de inibição, conforme o Gráfico 4, que ilustra as curvas de hidratação, ao longo do tempo, do composto apenas com cimento e água (controle) e do composto com adição de fibra de coco.

Gráfico 4 - Análise de inibição da fibra de coco

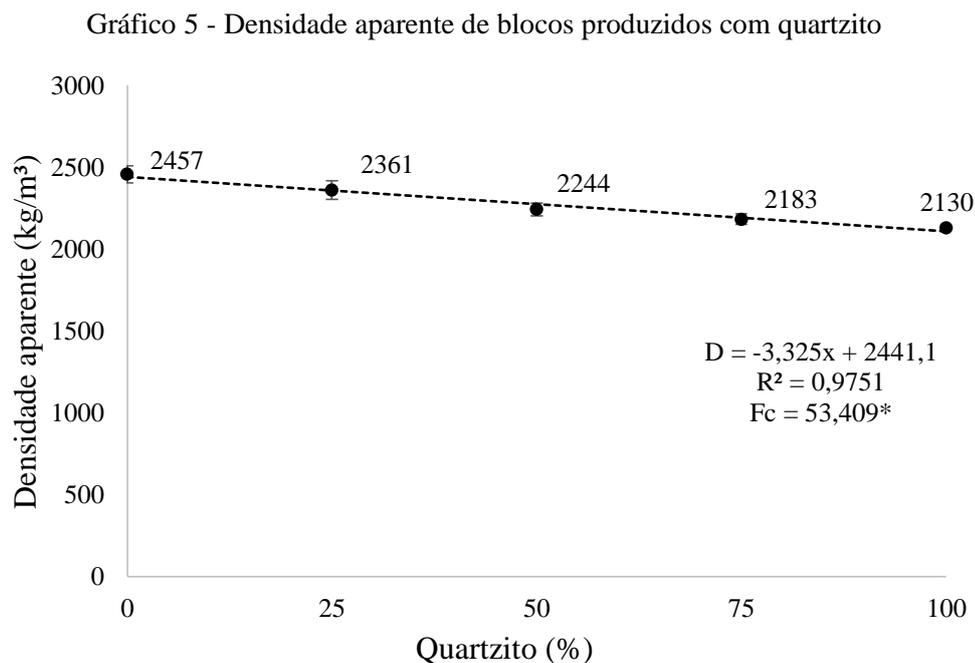


Fonte: Do autor (2018).

Ao observar as curvas de hidratação, nota-se que ambas estão com valores próximos. A temperatura máxima do controle foi de 93,5°C em um tempo de 3,92 horas e a temperatura máxima do compósito com adição da fibra de coco foi de 84,85°C em um tempo de 5,58 horas, sendo que a temperatura máxima demonstra o momento em que se inicia a hidratação do cimento. Através dos valores de temperatura e tempo, foi possível calcular o índice de inibição da fibra de coco, resultando em uma inibição de 1,93. Conforme a classificação de Okino et al. (2004), inibições abaixo de 10 são classificadas como baixas. Desta forma, o teste de inibição corrobora a análise química da fibra, no qual as fibras de coco possivelmente afetarão de forma reduzida a inibição do cimento.

3.3 Caracterização dos blocos

Não houve interação significativa entre os fatores estudados quartzito e fibra de coco ($F_c = 1,894ns$), para a densidade aparente dos blocos, desta forma, os fatores foram estudados separadamente. O Gráfico 5 demonstra a densidade aparente em relação ao quartzito.



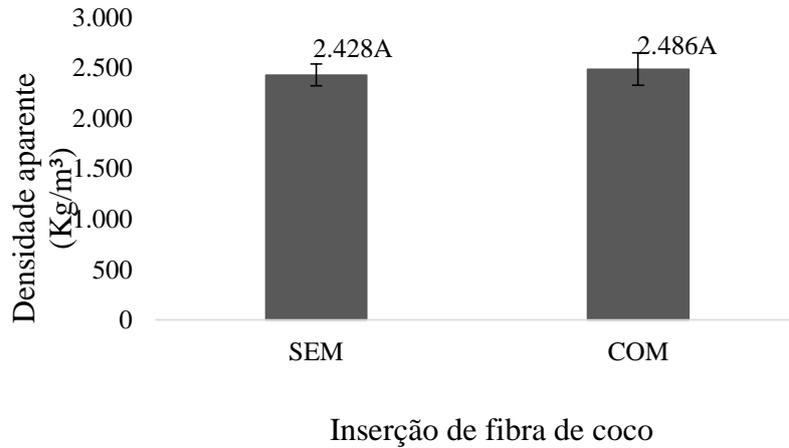
* Significativo à 5% de significância

Fonte: Do autor (2018).

A densidade foi afetada pela quantidade de quartzito, à medida que aumentaram as proporções de quartzito a densidade tendeu-se a diminuir. Tal fato pode ser relacionado ao aumento significativo dos índices de vazios, podendo ser confirmado pela porosidade aparente (Gráfico 7).

A inserção de fibra não alterou a densidade dos blocos. O comportamento da densidade aparente com e sem inserção de fibra está ilustrada no Gráfico 6.

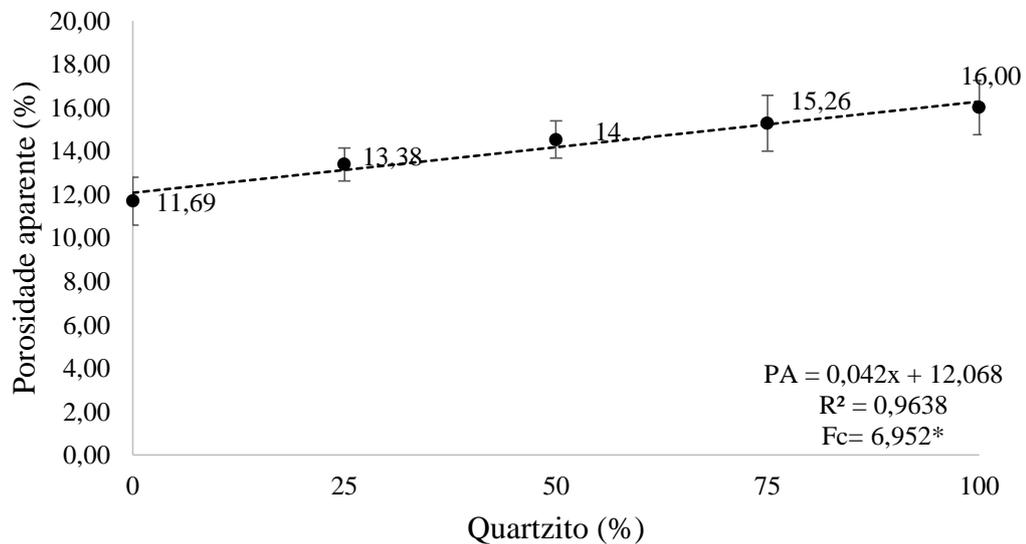
Gráfico 6 - Médias da densidade aparente com e sem adição de fibra de coco.



Fonte: Do autor (2018).

Em relação aos resultados para porosidade aparente (PA), não houve interação significativa entre os fatores estudados ($F_c = 0,191ns$), portanto os fatores foram estudados separadamente. O Gráfico 7 apresenta os valores encontrados para porosidade aparente em relação à adição de quartzito.

Gráfico 7 - Porosidade aparente de blocos em relação a adição de quartzito

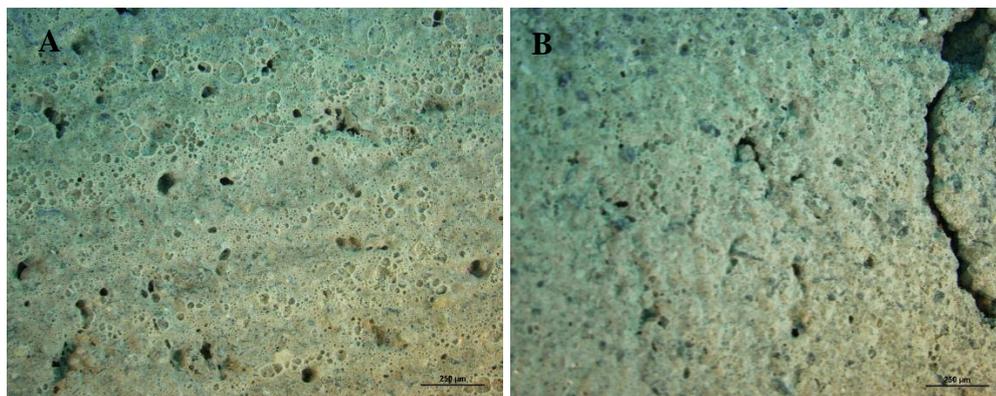


* Significativo à 5% de significância

Fonte: Do autor (2018).

Houve um aumento da porcentagem da porosidade aparente à medida que aumentavam as proporções de quartzito nos blocos. Tal fato pode ser explicado pelo surgimento de trincas com acréscimo do pó de quartzito no bloco. Isso é ilustrado pela Figura 9.

Figura 9 - Superfície dos blocos em relação a fissuras

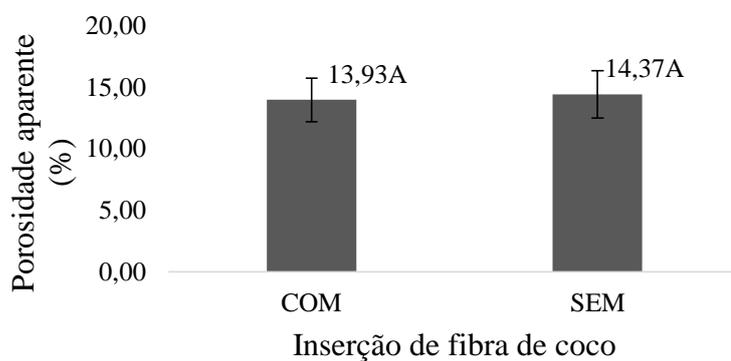


Legenda: Imagens com zoom de 75 x através do microscópio estereoscópio SMZ 1500 (Nikon). Foto A: Bloco com 25% de quartzito sem adição de fibra; Foto B: Bloco com 100% de quartzito sem adição de fibra.

Fonte: Do autor (2018).

As adições de fibras de coco nos blocos não influenciaram a porosidade aparente. O comportamento da PA com e sem inserção de fibra está ilustrada no Gráfico 8.

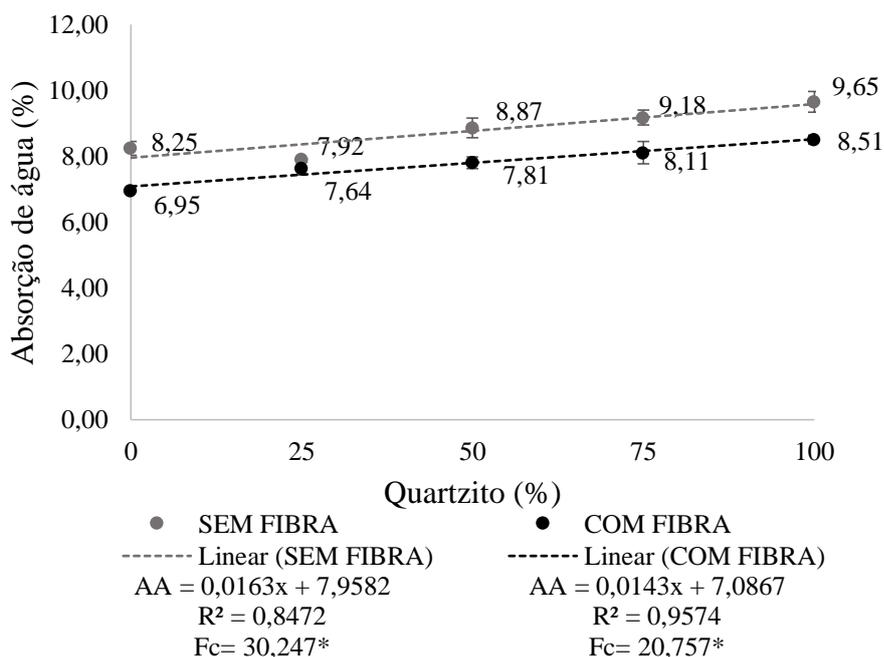
Gráfico 8 - Médias da porosidade aparente com e sem adição de fibra de coco.



Fonte: Do autor (2018).

De acordo com o Gráfico 9, houve diferenciação estatística para a absorção de água dos blocos em função da porcentagem de substituição da areia pelo quartzito e em função da adição de fibra.

Gráfico 9 - Absorção de água de blocos produzidos com quartzito com e sem adição de fibra de coco



* Significativo à 5% de significância

Fonte: Do autor (2018).

Houve crescimento na absorção de água à medida que aumentavam as porcentagens de quartzito. O mesmo ocorreu com Lintz et al. (2012), ao substituir os agregados naturais por resíduos de construção e demolição (RCD), e a absorção de água dos blocos de concreto aumentou de acordo com a incorporação crescente de agregados reciclados de RCD. Lima e Iwakiri (2014), também observaram aumento na absorção de água. Eles estudaram a substituição da areia por 0, 20, 40, 60, 80 e 100% pelo resíduo de *Pinnus spp. in natura*.

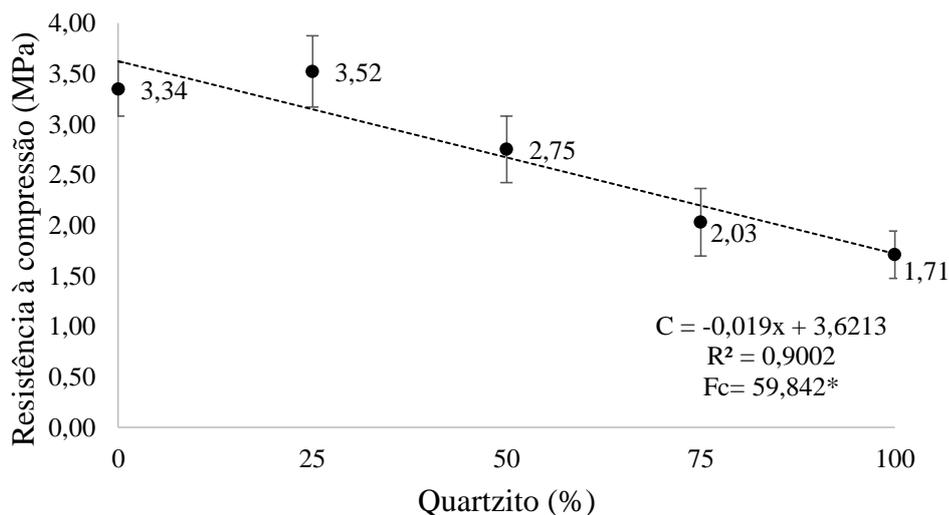
A adição de fibra de coco nos blocos proporcionou menores absorções de água ao se comparar com os blocos sem a adição de fibra. Fato que pode ser explicado pela possibilidade da fibra ter preenchido alguns poros, ou seja, tornando-se um material de enchimento, ocasionando uma menor penetração de água.

De acordo com a NBR 6136 (ABNT, 2016) a absorção de água em blocos confeccionados com agregados leves, que possuem densidade inferior a 2000kg/m^3 , deve ser de no máximo 13%. Sendo assim, todos os blocos confeccionados neste estudo atendem aos requisitos da normativa.

Assim, a inclusão de quartzito não acarretou prejuízos às propriedades físicas dos blocos, já que atendem a norma de comercialização. Comportamento esse, que reforça a possibilidade de utilização do resíduo para tal fim.

No Gráfico 10 são apresentados os valores encontrados para a resistência à compressão dos blocos em relação ao quartzito. Não houve interação significativa entre a fibra e o quartzito ($F_c = 1,336ns$). Sendo assim, os fatores foram estudados separadamente. Houve efeito estatístico entre os tratamentos em relação as porcentagens de quartzito.

Gráfico 10 - Resistência à compressão de blocos de concreto produzidos com quartzito

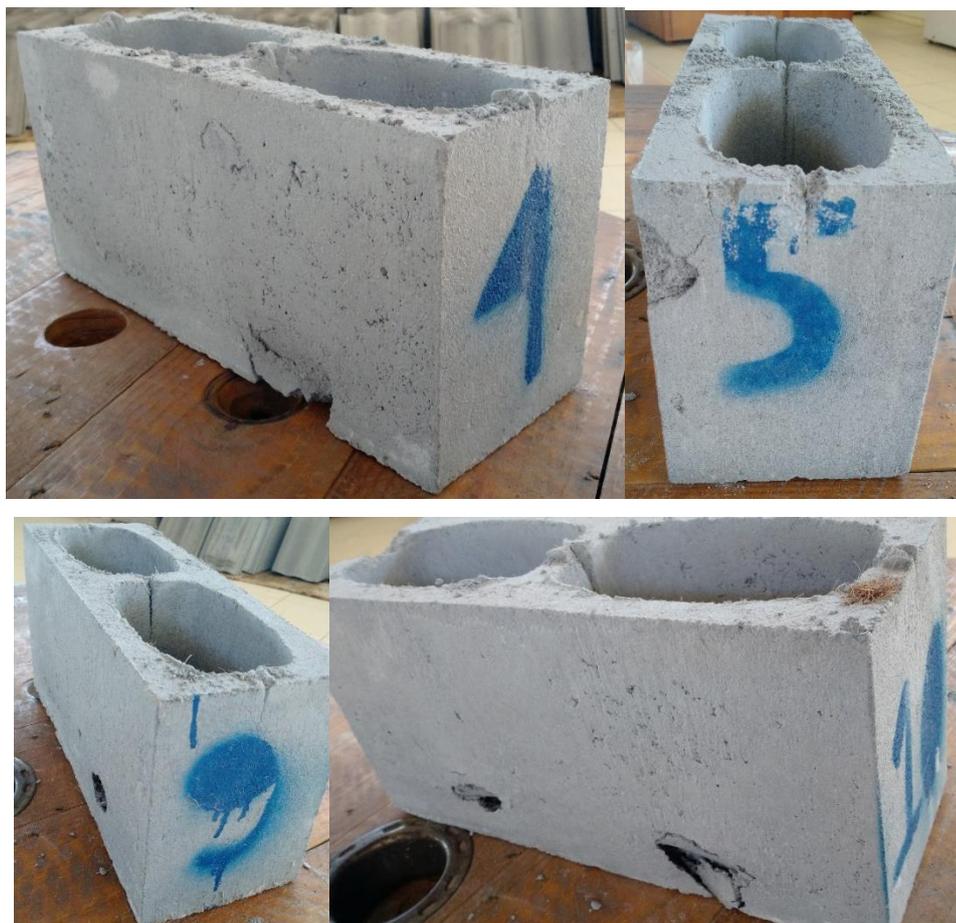


* Significativo à 5% de significância

Fonte: Do autor (2018).

À medida que aumentaram as porcentagens de quartzito, houve diminuição da resistência à compressão dos blocos, devido ao surgimento de trincas. Tal fato pode ser confirmado por Araújo e Sobrinho (2016), que conforme a presença de quartzo reagindo com os álcalis presentes no cimento, revelam aspectos de gel típicos da reação álcali-silicato ou álcali-agregado, mostrando o surgimento de fissuras. Portanto, a diminuição da resistência à compressão dos blocos pode estar relacionada com a maior quantidade de fissuras e trincas contidas no interior dos blocos, que elevam a quantidade de vazios no compósito (Figura 10 e 11).

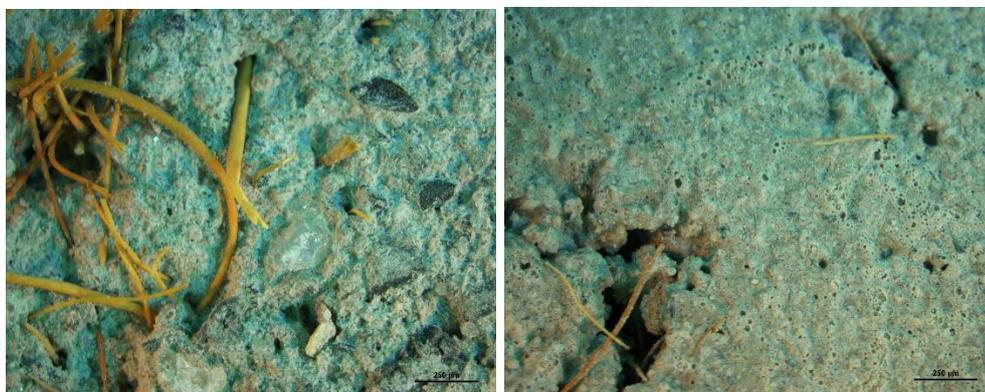
Figura 10 - Exemplos de trincas e buracos nos blocos



Legenda: Bloco 4 com 75% de quartzito sem adição de fibra, bloco 5 com 100% de quartzito sem adição de fibra, bloco 9 com 75% de quartzito com adição de fibra de coco e bloco 10 com 100% de quartzito com adição de fibra de coco

Fonte: Do autor (2018).

Figura 11 - Superfície dos blocos com adição de fibra



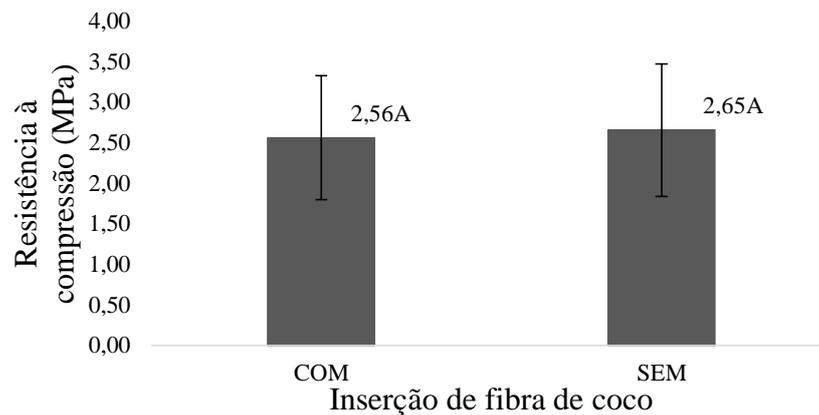
Legenda: Imagens com zoom de 75 x através do microscópio estereoscópio SMZ 1500 (Nikon). Bloco com 100% de quartzito com adição de fibra. Observa-se acúmulo de fibra e surgimento de fissuras.

Fonte: Do autor (2018).

De acordo com a NBR 6136 (ABNT, 2016) os blocos vazados podem ser classificados, aos 28 dias de cura, em 3 categorias (A, B e C), conforme sua resistência. Levando em consideração esta classificação e com adição de até 32,7% de pó de quartzito, os blocos do tratamento controle são caracterizados como de Classe C, podem ou não possuir função estrutural e são recomendados para uso acima do nível do solo. Os demais blocos, com adição de 50%, 75% e 100% de quartzito não são enquadrados em nenhuma classe. Sendo assim, a porcentagem ótima para utilização do quartzito é 32,7%.

A adição de fibra de coco, não afetou a resistência à compressão dos blocos. O comportamento da resistência à compressão com e sem inserção de fibra está ilustrada no Gráfico 11.

Gráfico 11 - Médias da resistência à compressão com e sem adição de fibra de coco.



Fonte: Do autor (2018).

No gráfico 12 está apresentado o resultado de condutividade térmica referente a todos os tratamentos estudados.

Tal desempenho pode ser justificado pela influência física do quartzito na matriz cimentícia. A adição do quartzito reflete no aumento da sua porosidade, na redução da densidade aparente e no aumento do índice de vazios. Esse fato, pode ser confirmado por Lamberts et al. (2014) e Frota e Schiffer (2001), que explicam que as propriedades de condutividade térmica dependem da densidade do material, devido a matéria ser mais condutora que o ar contido em seus poros. Dessa forma, quanto menor a densidade do material e maior o número de vazios, menor será a condutividade térmica do mesmo, o que revela coerência entre os resultados obtidos por esta pesquisa.

4 CONCLUSÃO

Os resultados indicam que conforme o aumento do teor de quartzito incorporado ao concreto que compõe o bloco, quanto as suas propriedades físicas, houve aumento do índice de vazios e dos valores de absorção de água dos blocos, e redução da densidade aparente.

A utilização do quartzito e da fibra de coco reduziu a condutividade térmica do concreto produzido, o que proporciona reflexos importantes para o desempenho dos blocos quanto ao conforto térmico dos ambientes construídos.

Os resultados dos ensaios de resistência à compressão mostraram que é possível substituir parcialmente a areia pelo resíduo de quartzito na fabricação de blocos. Diante dos limites estabelecidos pela normatização brasileira, os blocos produzidos com substituição até 32,7% em volume da areia convencional pelo resíduo quartzito apresentaram características físicas e mecânicas que possibilitam sua utilização em alvenarias não-estruturais.

Devido a inserção parcial de quartzito em blocos de alvenaria exibir resultados favoráveis, os mesmos podem ser reproduzidos em trabalhos práticos, possibilitando apresentar uma opção de renda para os moradores da região do Centro Produtor de São Thomé das Letras-MG.

Diante dos resultados obtidos nesta pesquisa, seria de valiosa importância que estudos futuros incorporassem maiores teores de fibras de coco aos blocos, o que mediante o estudo do traço, pode vir a ser desenvolvidos compósitos de elevado desempenho térmico.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos às entidades de fomento FAPEMIG, CAPES, CNPQ, à Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biomateriais.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, D. T.; SOBRINHO, C. W. de A. P. Blocos de Fundações de Edifícios Afetados por Reação Alcalis-Agregado-RAA: Estudo de Caso. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 1, n. 1, 2016.
- ARDANUY, M.; CLARAMUNT, J.; TOLEDO FILHO, R. Cellulosic fiber reinforced cement-based composites: a review of recent research. **Construction & building materials**. v, 79, p. 115-128, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria: requisitos. Rio de Janeiro. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12653**: Materiais pozolânicos: Requisitos. Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 6 p. 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5752**: Materiais pozolânicos: Determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias. 3 ed. Rio de Janeiro. 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12118**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria: método de ensaio. 6 ed. Rio de Janeiro. 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14853**: madeira: determinação do material solúvel em etanol-tolueno e em diclorometano e em acetona. Rio de Janeiro, 3 p. 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7989**: pasta celulósica e madeira: determinação de lignina insolúvel em ácido. Rio de Janeiro, 6 p. 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto: Especificação. 3 ed. Rio de Janeiro. 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778**: Argamassas e concretos endurecidos – determinação da absorção de água por imersão – índice de vazios e massa específica. 3p. 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13999**: papel, cartão, pastas celulósicas e madeira - determinação do resíduo (cinza) após a incineração a 525°C. Rio de Janeiro, 5 p. 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941**: madeira: determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 6 p. 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215**: Cimento Portland: Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.
- BROWNING, B. L. **The chemistry of wood**. New York: J. Wiley, 689 p. 1963.

EUGÊNIO, T. M. C. Propriedades físicas, mecânicas e térmicas de argamassas de revestimento com utilização de resíduos de pneu. 2016. 104 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Biomateriais)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

FERNANDES, T. M. G.; GODOY, A. M.; FERNANDES, N. H. Aspectos geológicos e tecnológicos dos quartzitos do centro produtor de São Thomé das Letras (MG). **Geociências**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 129-141, 2003.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**. 6. ed. São Paulo: Nobel, 2001.

HEJAZI, S. M.; SHEIKHZADEH, M., ABTAHI, S. M., ZADHOUSH, A. A simple review of soil reinforcement by using natural and synthetic fibers, **Construction and Building Materials**, v. 30, p.100-116, 2012.

HOFSTRAND, A. D.; MOLESMI, A. A.; GARCIA, J. F. Curing characteristics of particles from nine northern Rocky Mountain species mixed with portland cement. **Forest Products Journal**, Madison, v. 34, n. 2, p. 57-61, Feb. 1984.

HWANG, C. et al. Effects of short coconut fiber on the mechanical properties, plastic cracking behavior, and impact resistance of cementitious composites. **Construction and Building Materials**, v. 127, p. 984-992, 2016.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura _3ª edição**. São Paulo: Editora: Eletrobras/Procel, 2014

LIMA, A. J. M. de; IWAKIRI, S. Use of wood residues of pinus spp. for substitution to the fine aggregate in the production of concrete blocks for structural masonry. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 1, p. 223-235, 2014.

LINTZ, R. C. C. et al. Estudo do reaproveitamento de resíduos de construção em concretos empregados na fabricação de blocos. **RIEM-IBRACON Structures and Materials Journal**, v. 5, n. 2, 2011.

LOPES, Y. L. V. **Utilização da madeira e cascas de Eucalyptus grandis Hill ex Maiden na produção de painéis cimento-madeira**. 2004. 60f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

NARCISO, C. R. P. **Influência do resíduo de minério de ferro na produção de painéis cimento-madeira**. 2018. 78 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Biomateriais) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018

OKINO, E. Y. A.; SOUZA, M. R. D.; SANTANA, M. A. E.; SOUSA, M. E. D.; TEIXEIRA, D. E.. Chapa Aglomerada de Cimento-Madeira de Hevea brasiliensis Müll. Arg. **Revista Árvore**, v. 28, n. 3, p 451-457, 2004.

RODRÍGUEZ, N. J. et al. Assessment of coconut fibre insulation characteristics and its use to modulate temperatures in concrete slabs with the aid of a finite element methodology. **Energy and buildings**, v. 43, n. 6, p. 1264-1272, 2011.

SANTOS, D. A. et al. Extração mineral de quartzito e sua aplicabilidade na construção civil na cidade de Várzea-PB. **Holos**, Natal, v. 4, n. 4, p. 89-100, março 2014.

SILVA, A. da R. Estudo térmico e de materiais na construção de casas populares com blocos confeccionados a partir de um composto a base de cimento, gesso, eps e raspa de pneu. 2010. 92 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)-Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

SILVA, E.; MARQUES, M.; JUNIOR, C. F. Aplicação de fibra de coco em matrizes cimentícias. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 8, n. 8, p. 1555-1561, 2012.