

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE AGREGADOS ARTIFICIAIS ORIUNDOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS.

Leonardo de M. Silva¹, Samea V. A. Barros²

Resumo: A construção civil vem se tornando um dos setores econômicos mais promissores para absorver os resíduos sólidos oriundos da atividade da extração e comercialização dos recursos naturais, após passarem por processos de beneficiamento que os transformem em materiais alternativos para atender as demandas desse setor. Dentre os resíduos gerados destacam-se os de Quartzito e Scheelita, que vêm sendo utilizados na ordem do dia como agregados artificiais para confecção de concretos e argamassas. Nesse contexto, esse trabalho tem como objetivo realizar um estudo comparativo entre os agregados oriundos dos resíduos de Quartzito e de Scheelita para uso em substituição ao agregado convencional em argamassas. A caracterização química-mineralógica e física dos resíduos investigados foi realizada fazendo uso das seguintes técnicas: difração de raios X (DRX), espectrometria de fluorescência de raios X (FRX), análise granulométrica por peneiramento; determinação da massa unitária; determinação do módulo de finura e do teor de material pulverulento. Os resultados obtidos mostraram que as propriedades físicas obtidas para os agregados estudados foram semelhantes e permitem que sejam utilizados na confecção de argamassas. Enquanto, os resultados obtidos na caracterização química demonstram a necessidade de verificação da reatividade desses agregados em meios agressivos.

Palavras-chave: propriedades dos agregados, resíduos de quartzito, resíduos de scheelita, argamassas.

1. INTRODUÇÃO

A reutilização dos resíduos sólidos na construção civil tem se tornado uma prática importante, porque permite diminuir os impactos ambientais ocasionados pela destinação final inadequada desses no meio ambiente [1]. Tendo em vista o aumento da atividade mineradora ao longo dos anos, consequentemente um aumento também na geração de rejeitos, logo percebeu-se a necessidade de intervir nesse ciclo.

A importância da reutilização desses resíduos no sentido de contribuir com a sustentabilidade do setor da construção civil à medida que reduz a exploração dos recursos naturais, gerando materiais alternativos para atender suas demandas.

A utilização dos resíduos sólidos, após passarem por beneficiamento que torne a granulometria desses adequada para uso como agregados na confecção de concretos e argamassas, vem sendo alvo de várias investigações que visam minimizar os impactos gerados pela exploração e extração dos agregados naturais.

Nessa perspectiva, verifica-se a lacuna na literatura de estudos comparativos entre os agregados artificiais mais utilizados na fabricação de concretos e argamassas. Dentre eles, destacam-se os resíduos de Quartzito e os da mineração de Scheelita.

A importância da utilização desses resíduos na construção civil torna-se evidente ao proporcionar uma gestão adequada desses, quando os utilizam (após beneficiamento que se dará conforme as características de cada resíduo) como matérias primas alternativas na confecção de novos materiais para atender as demandas desse setor. Porém, para que ocorra a viabilidade técnica do uso desses materiais alternativos em substituição aos convencionais é necessário compreender suas propriedades físicas, químicas e mineralógicas. Pois, podem apresentar propriedades físicas adequadas e possuírem uma constituição química reativa que desencadeie patologias ao serem utilizados em matrizes cimentícias.

Ademais, tem que haver uma preocupação em verificar se existe um resíduo, após beneficiado e transformado na granulometria de agregado, que proporciona melhores propriedades físicas, químicas e mineralógicas para uso em argamassas do que outro. A intenção de verificar esses resíduos é também de melhorar as técnicas para a confecção de argamassas em locais que existe a geração dos mesmos.

A utilização do agregado artificial, em argamassas oriundo do beneficiamento de resíduos sólidos, pode fazer com que as argamassas incorporadas com esses apresentem comportamento diferente quanto as suas propriedades físicas, mecânicas e químicas-mineralógicas quando comparada às convencionais. Daí a relevância de se comparar os agregados oriundos dos resíduos de Quartzito e de Scheelita.

Queiroz e Frascá [2] afirmam que os resíduos de Quartzito vêm sendo muito utilizados como material alternativo para concretos e argamassas, porque esses após passarem por processo de britagem e peneiramento adquirem granulometria de agregado grão e miúdo, passando a apresentar características tecnológicas apropriadas para o uso em concretos e argamassas. Já Alves et al. [3] fizeram uma análise da utilização do

resíduo de Scheelita como agregado miúdo para concreto, e observaram que o mesmo apresenta uma granulometria apropriada para esse uso quando comparada ao agregado convencional.

A intenção de comparar esses resíduos é observar qual deles apresentam melhores qualidades que atendam as características das argamassas, visando assim maximizar o desempenho da massa.

O objetivo do presente trabalho é comparar as propriedades físicas, químicas e mineralógicas dos agregados artificiais gerados no processo de beneficiamento do resíduo de Quartzito e de extração de Scheelita para uso em argamassas de revestimento.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. AGREGADOS NATURAIS *VERSUS* RECICLADOS

Agregados são materiais particulados cujas partículas apresentam tamanhos variados, não possuindo coesitividade e atividade química. Logo, contribuem para o aumento da resistência mecânica e corresponde a um termo bastante utilizado na tecnologia do concreto [4].

Na Construção Civil agregados são definidos como materiais granulares, sem forma e volume definidos, de dimensões e propriedades viáveis para uso como material de construção em obras de engenharia civil. Podem ser classificados em agregados naturais e artificiais. Os agregados naturais são os que se encontram de forma particulada na natureza (areia, cascalho ou pedregulho) e os artificiais são aqueles produzidos por algum processo industrial, como as pedras britadas e areias artificiais oriundas de processos de reciclagem de resíduos sólidos [5].

Os agregados oriundos dos resíduos da construção e demolição (RCD) são exemplos de agregados artificiais que estão sendo muito utilizados na produção de argamassas e concretos alternativos, por apresentarem propriedades comparáveis e até mesmo superiores às dos agregados naturais [6].

Nesse contexto, percebe-se a importância do estudo voltado para o uso futuro de agregados artificiais para atender as demandas do setor da construção civil. Pois, diminuir o consumo dos materiais naturais não renováveis, gerando assim novas alternativas para utilização dos resíduos sólidos gerados nos mais diversos setores produtivos, após passarem por processos de beneficiamento que os transformem em agregados artificiais, em substituição parcial ou total aos agregados naturais para produção de argamassas [7].

2.2. Características dos agregados para utilização em argamassas

A composição química e mineralógica dos agregados são características importantes, porque influenciam na reatividade desses com os elementos químicos presentes nos aglomerantes ou no meio, podendo desencadear os ataques químicos por sulfatos ou as chamadas reações álcali-agregados [8-9].

A alumina que pode-se fazer presente na composição química de alguns agregados artificiais pode prejudicar a durabilidade das argamassas, comprometendo o desempenho delas ao longo da sua vida útil, em virtude de reagir com os íons de sulfato presentes no meio (solo ou água sulfatada) [9].

Os agregados para serem utilizados na confecção de argamassas, de acordo com a norma NBR 7200 [10], devem apresentar na sua constituição grãos mistos de composição identificável em ensaios de laboratório. Em função do tamanho das partículas que os constituem, esses podem ser classificados em agregados miúdos e graúdos. Porém, na confecção de argamassas utiliza-se os miúdos, que são as areias, as quais apresentam a classificação mostrada na Tabela 1 em função das frações granulométricas e do correspondente módulo de finura conforme a NBR 7211 [11-4].

Tabela 1. Classificação do agregado miúdo quanto à dimensão e módulo de finura [11-4].

Tipo de areia	Tamanho nominal (mm)		Módulo de finura (MF)
	Mínima	Máxima	
Muito fina	0,15	0,60	MF < 2,0
Fina	0,60	1,20	2,0 < MF < 2,4
Média	1,20	2,40	2,4 < MF < 3,2

A determinação da faixa granulométrica do agregado miúdo é importante porque influencia no cálculo da proporção do aglomerante a ser utilizado e da água na produção da argamassa, consequentemente das suas propriedades como trabalhabilidade, resistência, permeabilidade, retração, entre outras. Logo, quando há predominância de finos ocorre maior consumo de água e, consequentemente, diminuição na resistência mecânica, maior retração da argamassa e ocorrência de fissuras [12-13].

Ademais, os agregados miúdos devem ser compostos por grãos de minerais duros, compactos, estáveis, e limpos, não devendo conter substâncias orgânicas que podem afetar as reações de hidratação ocorridas durante os processos de cura e endurecimento das argamassas [11].

A análise granulométrica do agregado miúdo é definida pelo ensaio de peneiramento, procedimento experimental que determina o diâmetro máximo do agregado miúdo, o módulo de finura e a curva granulométrica [14]. A faixa de distribuição das partículas dos agregados são apresentadas na Figura 1.

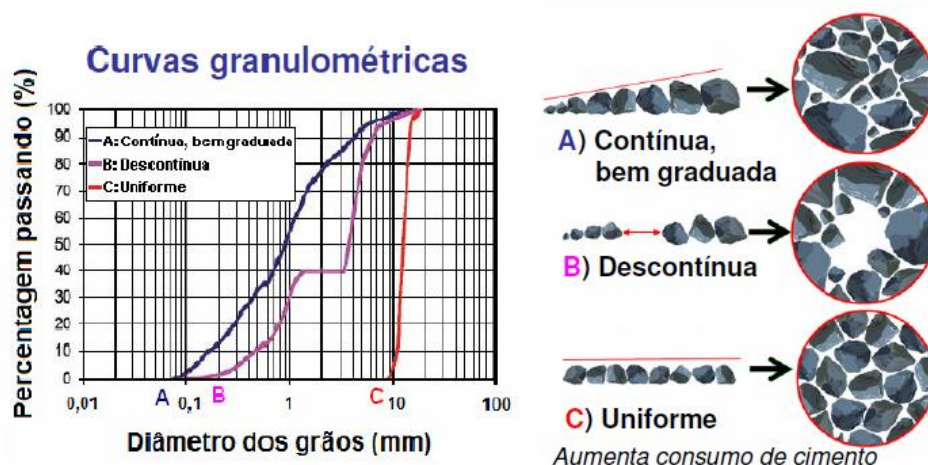


Figura 1. Distribuição das Partículas [15].

A areia de granulometria muito uniforme, independentemente do formato dos grãos, compromete a trabalhabilidade das argamassas de revestimento porque causa enrijecimento e impedindo do deslizamento dos grãos da areia entre si, com demanda de um maior consumo de aglomerante [16].

Outra característica dos agregados que se destaca para seu uso na confecção de argamassas é o peso específico aparente que apresentam. Logo, podem ser classificados em leves, médios e pesados [17], seguidos na Tabela 2.

Tabela 2. Classificação do agregado (Adaptado)

Leves	$< 1120\text{kg/m}^3$
Médios	$1120 \leq \text{M.E} \leq 2080\text{kg/m}^3$
Pesados	$> 2080\text{kg/m}^3$

Nesta perspectiva, verifica-se que as características físicas citadas acima dos agregados miúdos influenciam nas propriedades das argamassas no seu estado fresco que refletem num comportamento positivo ou negativo dessas no seu estado endurecido. As principais propriedades no estado fresco que irão influenciar o comportamento mecânico são trabalhabilidade, teor de material pulverulento e consistência.

2.2.1. Trabalhabilidade

Trabalhabilidade das argamassas corresponde à propriedade que indica a facilidade com que podem ser misturadas, aplicadas, consolidadas e acabadas, em uma condição homogênea [18]. Essa encontra-se vinculada à quantidade de água de amassamento e consequentemente, às características físicas dos agregados miúdos citadas outrora nesse trabalho.

Bezerra [12] relata que a finura do agregado e a acomodação de suas partículas (empacotamento) são influenciam diretamente a adição de água utilizada, afetando diretamente a trabalhabilidade das argamassas. Logo quanto mais fino o agregado miúdo maior deverá ser a quantidade de água necessária para obter a trabalhabilidade adequada. O mesmo autor complementa, que a densidade de massa é importante devido ser um dos fatores que afetam a trabalhabilidade do material, podendo ser vantajoso à medida que a densidade diminui, a argamassa se torna mais leve e com melhor trabalhabilidade, em caso contrário se torna uma desvantagem ao ponto de vista desta propriedade.

Assim, percebe-se a relevância das características físicas dos agregados miúdos como o módulo de finura, a faixa de tamanho das partículas que compõem o agregado e a densidade de massa na obtenção de argamassas de revestimento que apresentem boa trabalhabilidade.

2.2.2. Teor de material pulverulento

De acordo com a NBR 7219 [19] um material é caracterizado como pulverulento quando apresenta dimensões inferiores a 0,075mm, sendo denominado de pó. Enquanto, a NBR 7200 [10] destaca que o teor de materiais finos (pulverulentos) de natureza argilosa em argamassas não deve ultrapassar de 5% em massa do agregado utilizado na sua fabricação.

Nesse sentido, percebe-se que o teor de material pulverulento pode ser nocivo quando envolve grãos de agregado aderido a eles, prejudicando assim o desempenho das argamassas, pois teores elevados de materiais finos na dosagem das argamassas trazem problemas de fissuração por retração [20]. Logo este deve ser uma característica a ser analisada nos agregados artificiais para que possam ser tecnicamente viáveis no uso em argamassas [21].

Ishikawa e Camarini [21] ressaltam que quando o teor de material fino não é elevado ocasiona um efeito positivo nas argamassas por melhorar a trabalhabilidade e diminuir a porosidade e, por consequência, aumenta a durabilidade.

Nessa ótica, verifica-se que os agregados artificiais para serem utilizados em argamassas devem apresentar características físicas semelhantes ou melhores que as dos agregados naturais. Segundo Bastos [22] a trabalhabilidade das argamassas é influenciada pelo controle do teor de material pulverulento presente no agregado.

2.2.2. Consistência

A consistência é definida como a resistência das argamassas em seu estado fresco às deformações que lhe são impostas, sofrendo influência pela quantidade de água utilizada no amassamento e pela relação água/aglomerante, relação aglomerante/areia, granulometria da areia, natureza e qualidade do aglomerante [12].

A classificação das argamassas, quanto à consistência, é dividida de acordo com a facilidade da argamassa em deformar-se, em secas, onde a pasta preenche os vazios entre os grãos, plásticas, onde a pasta forma uma fina película e atua como lubrificante na superfície dos grãos dos agregados, e em fluidas, onde os grãos ficam imersos na pasta [23].

A consistência das argamassas é determinada pelo ensaio “Flow Table” descrito na NBR 7215 [24], logo quando se segue as prescrições dessa norma não há problemas no comportamento mecânico das argamassas porque se determina a quantidade de água necessária para se obter a consistência padrão.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

Os materiais utilizados nessa pesquisa foram os resíduos oriundos do processo de beneficiamento de Quartzito cedidos pela Empresa Tecquímica do Brasil, localizada no município de Varzea/PB (fornecido já na granulometria utilizada) e os resíduos gerados na extração de Scheelita concedidos pela Empresa de Mineração Tomaz Salustino- Mina Brejuí, localizada no município de Currais Novos/RN.

3.2 Métodos

3.2.1 Caracterização física dos resíduos

A caracterização física das areias de Quartzito e Scheelita foi realizada determinando a massa específica aparente, granulometria por peneiramento e teor de material pulverulento. A massa específica aparente foi determinada conforme os procedimentos descritos pela NBR 16605 [25]. O peneiramento ocorreu por meio da série normal de peneiras, mediante os procedimentos da NBR NM 248 [26].

3.2.2 Caracterização química-mineralógica

A composição química dos materiais foi determinada por espectrometria de fluorescência de raios X (FRX), com detector EDS (Shimadzu EDX 720) para obter os óxidos presentes na composição das amostras.

A caracterização mineralógica foi realizada utilizando a difração de raios X (DRX) no Difratorômetro Shimadzu XRD-6000 com radiação $\text{CuK}\alpha$, tensão de 40kV, corrente de 30mA, modo de escaneamento por passos (fixed time scan), com passo de 0,02 e tempo de contagem de 0,6s, com ângulo 2θ percorrido de 5° a 60°.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização física dos resíduos de quartzito e schelita

A Tabela 3 apresenta as propriedades físicas determinadas para areia de Quartzito e Scheelita. Ao analisar os resultados obtidos observou-se que os valores foram bem parecidos, não apresentando diferenças significativas

nas propriedades físicas dos dois agregados artificiais. Logo, a trabalhabilidade de argamassas de revestimento confeccionadas com com esses resíduos não será comprometida.

Tabela 3. Propriedades físicas dos resíduos de quartzo e scheelita.

Ensaio		Areia de quartzito	Areia de Scheelita
Massa unitária ou aparente (g/cm ³)		1,33	1,69
Teor de materiais pulverulentos (%)		1,06	1,4
Granulometria	Diâmetro máximo (mm)	2,44	2,37
	Módulo de Finura (%)	2,85	2,4

Ao analisar os resultados obtidos para sua massa unitária desses agregados artificiais (1,33 g/cm³ e 1,69 g/cm³), verificou-se que de acordo com a classificação proposta por Bauer [4] foram classificados como agregado normal, que segundo esse autor é ideal para uso em argamassas, pois o valor da massa unitária apresentada por esses resíduos se encontram na faixa de valor $1 \leq \gamma \leq 2$ g/cm³.

Os teores de materiais pulverulentos encontrados nesta pesquisa foram de 1,06% e 1,4% (Tabela 3) que são valores baixo e não são capazes de ocasionarem problemas de fissuração por retração, por apresentarem poucos finos. Propriedade essa que tornam essas areias propícias ao uso em argamassas porque demanda uma menor quantidade de água para o amassamento, uma vez que o aumento da água usada na obtenção da argamassa provocaria a retração e perda da resistência dessas argamassas. Vale salientar, que a areia de quartzito por apresentar valor menor que a da scheelita se torna mais viável nesse aspecto.

A Figura 2 apresenta a curva granulométrica da areia de quartzito. De acordo com a curva granulométrica apresentada, esse agregado apresenta uma granulometria contínua.

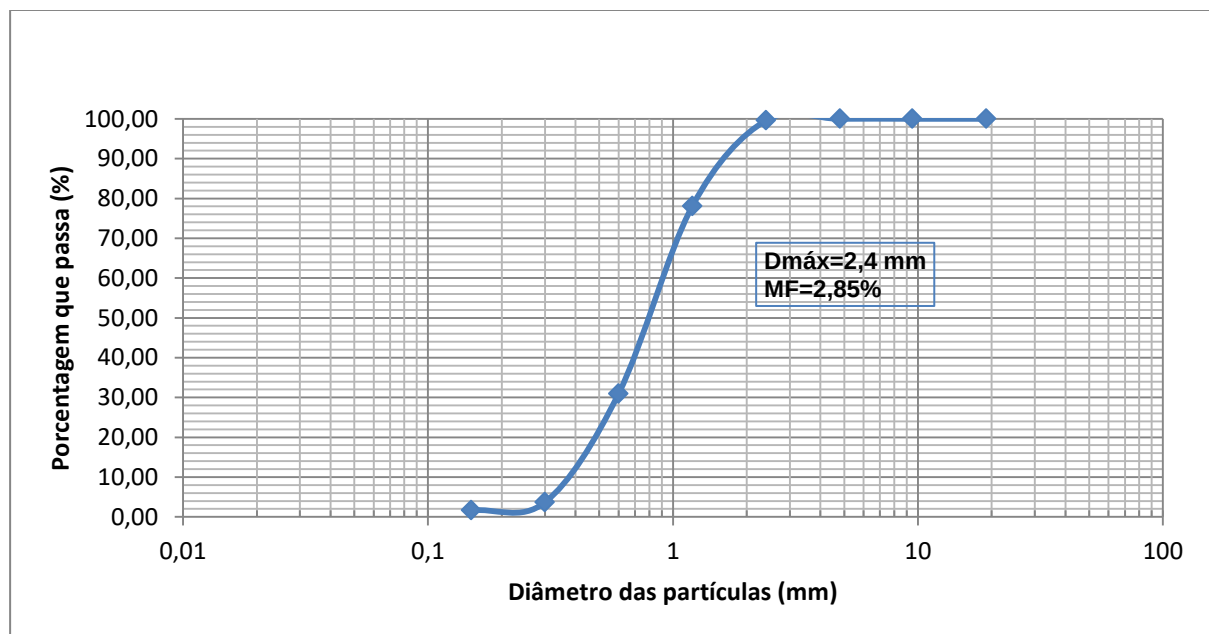


Figura 2. Curva Granulométrica da areia de quartzito (Autoria Própria)

A Figura 3 apresenta a curva granulométrica da areia de scheelita. Observa-se que a mesma apresenta comportamento semelhante a obtida para areia de quartzito, logo também possui granulometria contínua. Isto é, faixas bem definidas de distribuições. Fato este positivo, porque proporcionará a argamassa produzida com esses agregados uma maior compacidade.

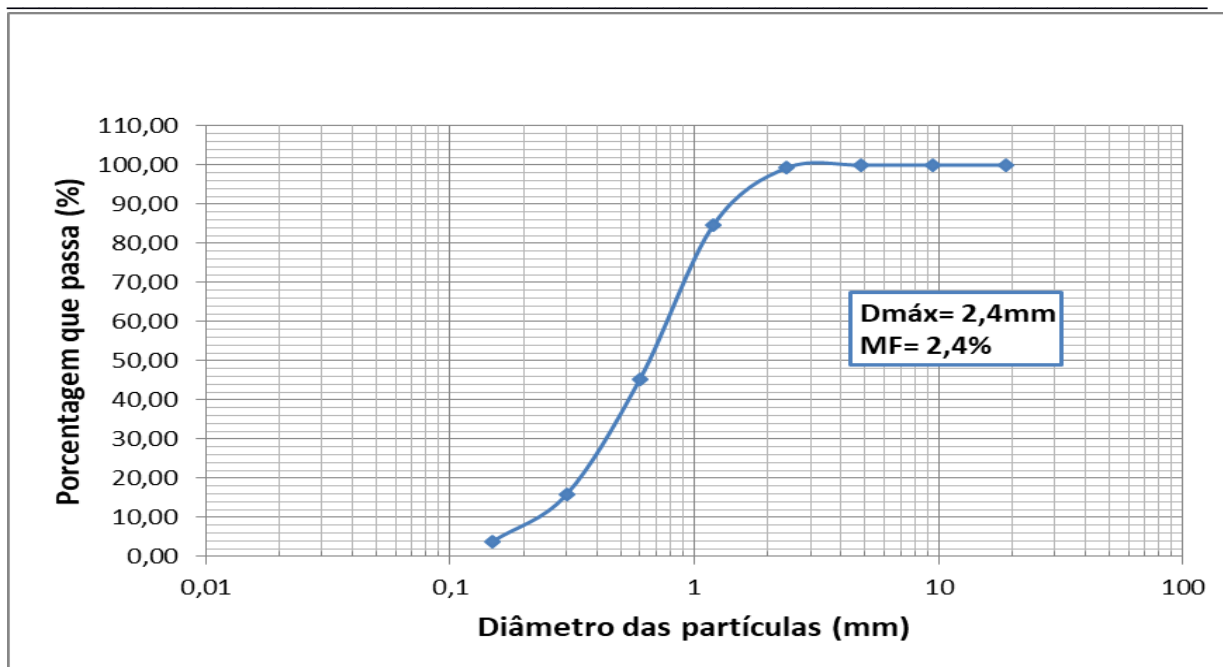


Figura 3. Curva Granulometrica da areia de scheelita (Autoria Própria)

Os agregados artificiais estudados com relação ao modulo de finura foram classificados como areia de granulometria média porque os valores obtidos ficaram no intervalo $2,40 \leq MF < 3,30$., segundo Bauer [4].

4.2 Caracterização química-mineralógica dos resíduos

Na Tabela 4 estão contidos os valores dos elementos químicos encontrados na composição química da areia de Quartzito e Scheelita.

Tabela 4. Composição química dos resíduos.

Componentes químicos	Areia de Quartzito	Areia de Scheelita
SiO₂	67,50	21,76
Al₂O₃	17,28	7,62
K₂O	7,22	0,55
Fe₂O₃	2,20	9,81
MgO	1,62	3,33
CaO	1,20	38,46
Outros	0,57	2,05
Perda ao fogo	2,00	15,74

Os principais elementos químicos constituintes da areia de Quartzito são a sílica e alumina correspondendo a 67,50 % e 17,28%, respectivamente. Observa-se também a presença do cloreto de potássio (7,22 %); o óxido de ferro (2,20%); o óxido de magnésio (1,62%) e CaO (1,20%), e os demais óxidos apresentaram valores abaixo de 1%. Os teores de óxidos de sílica indicam a presença de quartzo.

A areia de Scheelita apresentou na sua composição valores elevados de óxido de cálcio (CaO) e de sílica (SiO₂). Os teores de óxido de cálcio e de sílica (38,46% e 21,76%) indicam a presença de calcita e quartzo na composição mineralógica desse agregado.

As Figuras 4a e 4b apresentam os difatogramas de raios x da areia de quartzito e da areia de scheelita, respectivamente.

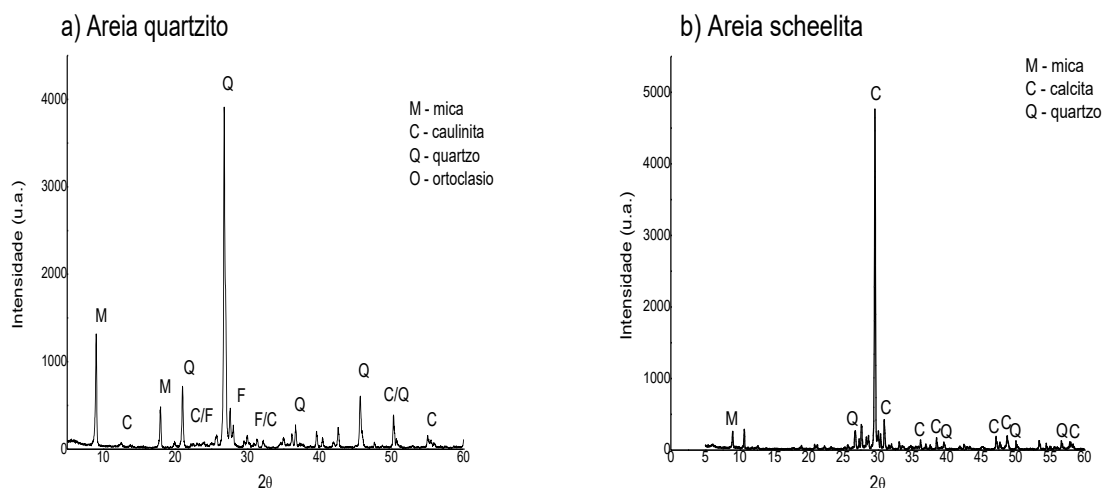


Figura 4 – a)DRX da areia de quartzito b) DRX da areia de scheelita; Onde: M - Mica; C – Caulinita e Calcita ; Q - Quartzito e O – Ortoclasio (Autoria Própria).

Analisando os resultados nos difratogramas das figuras 4a e 4b, verificou-se as seguintes fases mineralógicas na areia de quartzito: quartzito, caulinita, mica e feldspato. Enquanto, na areia de scheelita encontrou-se, quartzito, mica e calcita. Estes resultados se assemelharam aos encontrados na literatura e são confirmados pelos resultados obtidos na composição química.

5. CONCLUSÕES

Após a realização do estudo das propriedades físicas e da caracterização química-mineralógica dos agregados oriundos do processoso de beneficiamento do Quartzito e da mineração de Scheelita é possível concluir:

- Os agregados oriundos dos resíduos do beneficiamento do Quartzito e da mineração de Scheelita apresentaram propriedades físicas adequadas para serem utilizados na confecção de argamassas, destacando-se os de Quartzito por terem uma menor quantidade de finos. Logo, as argamassas obtidas com esse agregado demandará uma menor quantidade de água e, consequentemente, menor retração.
- As areias estudadas apresentam grãos mistos e bem graduados, logo podem ser usadas na confecção de argamassas.
- Na composição química das areias estudadas há presença de alumina que é indicativo da necessidade da realização de estudos aos ataques químicos, pois em meios agressivos essa alumina pode reagir e desencadear patologias.
- Na composição mineralógica dos agregados estudados ocorre a predominância do quartzito, oriundo da sílica cristalina presente na composição química desses.
- Os resultados obtidos na caracterização química pode ser um indicativo a necessidade de se adotar cimentos cuja composição química apresente elementos que mitiguem os ataques químicos, pois em meios agressivos, esses agregados podem reagir com os compostos químicos presentes no meio e desenvolver patologias devido apresentar alumina.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MACHADO, T. G. Estudo da adição de resíduo de scheelita em matriz cerâmica: formulação, propriedades físicas e microestrutura. 2012. 143 f. Tese – (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal- RN, 2012.
- [2] QUEIROZ, F. C. de; FRASCÁ, M. H. B. de O. Estudo para o aproveitamento de resíduos pétreos da marmorarias, como agregados para concreto de cimento Portland. *Exacta*, São Paulo, v. 6. n. 1, p. 83-92, jan/jun. 2008. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/html/810/81011705010/>>. Acesso em: 15 Julho 2018.
- [3] ALVES, B. S.; PEREIRA, D. D.; IZÍDIO JR, L R.; GURGEL, M. T.; Análise comparativa do agregado miúdo com o rejeito da scheelita para aplicação na construção civil. In: 22º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais 06 a 10 de Novembro de 2016, Natal-RN, Brasil.
- [4] BAUER, L.F.A. *Materiais de Construção I*. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. p. 488.

-
- [5] LA SERNA, H.A. de; REZENDE, M. M. Agregados para a construção civil. DNPM–Departamento Nacional de Produção Mineral: Disponível em: <https://sistemas.dnpm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp>. Acesso em: 25 Julho 2018.
- [6] CINCOTTO, M.A. Utilização de subprodutos e resíduos na indústria da construção civil, Tecnologia de Edificações, São Paulo, 1983, p. 71-78.
- [7] DIAS, L. de S.; MOL, R. M. R.; SILVA, K. D. C.; CAMPOS, P. A. M.; MENDES, J. C.; PEIXOTO, R. A. F. Rejeitos de mineração de quartzito para produção de argamassa colante. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016.
- [8] HOPPE FILHO, J.; SOUZA, D. J.; MEDEIROS, M. H. F.; PEREIRA, E.; PORTELLA, K. F., Concrete attack by sodium sulfate: mineral additions as a mitigation tool. *Cerâmica*. V. 61, n. 358. p. 168 - 177, 2015.
- [9] BARROS, S. V. A.; NEVES, G. A.; MENEZES, R. R. Durabilidade de argamassas confeccionadas com resíduos de quartzito. Estudo da viabilidade técnica de agregados oriundos de resíduos do beneficiamento de rochas de quartzito em argamassas. 1. ed. Saubucken, Deutschland/Nienc: Novas Edições Acadêmicas, 2017. v. 1, 2017. 124p.
- [10] ABNT. NBR 7200: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.
- [11] _____. NBR 7211: Agregados para concreto – Especificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- [12] BEZERRA, I. M. T. Cinza da casca do arroz utilizada em argamassas de assentamento e revestimento. 2010. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Geotécnica, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.
- [13] NASCIMENTO, I. E. do. Análise da absorção de água em argamassas confeccionadas com agregados reciclados de resíduos de quartzito. Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Departamento de Ciências Exatas, Tecnológicas e Humanas. Angicos: 2017. 40f.
- [14] _____. NBR 7217: Agregados – determinação da composição granulométrica: Rio de Janeiro: ABNT, 1987.
- [15] FARIAS, M. M. de; PALMEIRA, E. de M. Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais. Cap. 16. Agregados para a construção civil. São Paulo, 2017.
- [16] CARNEIRO, A. M. P.; CINCOTTO, M. A.; JOHN, VANDERLEY M. A massa unitária da areia como parâmetro de análise das características de argamassa. *Ambiente Construído*, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 37-44, jul/dez. 1997.
- [17] MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Microstructure and properties of hardened concrete. *Concrete: Microstructure, properties and materials*, p. 254, 2006.
- [18] CARASEK, H. Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais. Cap. 26. Argamassas. 2. ed. São Paulo, p 1699, 2010.
- [19] _____. NBR NM 46: Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
- [20] MIRANDA, L.F.R.; SELMO, S.M.S. CDW recycled aggregate renderings: Part I – Analysis of the effect of materials finer than 75µm on mortar properties. *Construction and Building Materials*; volume 20, pages 615-624, 2006.
- [21] ISHIKAWA, P.H.; CAMARINI, G. Comportamento da areia artificial, de origem granítica, na argamassa para assentamento de bloco de concreto simples para alvenaria. In: SUFFIB – SEMINÁRIO. Uso da Fração Fina da Britagem, n. 2, Anais...São Paulo: ANTAC, 2005. p. 47-62.
- [22] BASTOS, S. R. B. Uso de areia artificial basáltica em substituição parcial a areia para produção de concretos convencionais. In: SUFFIB – SEMINÁRIO: Uso da fração fina da britagem, n. 2. Anais... São Paulo, 2005. p. 8.
- [23] SILVA, N. G. Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná. Paraná, 2006.
- [24] _____. NBR 7215: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.
- [25] _____. NBR 16605: Cimento Portland e outros materiais em pó — Determinação da massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
- [26] _____. NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
-