

IMPORTÂNCIA DA GEOLOGIA APLICADA À ENGENHARIA NO DESENVOLVIMENTO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS

Maria de Lourdes Xavier de França Neta¹

Carlos Lucenildo De Araújo²

Gerbesson Carlos Batista Dantas³

Sâmea Valensca Alves Barros⁴

Gelmires de Araújo Neves⁵

^{1,2,3,4} Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos – RN, Brasil,
maria_xavieera@hotmail.com; lucenildoufersa@gmail.com
gerbeson_dantas@hotmail.com; sameavalensca@ufersa.edu.br

⁵ Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, Brasil,
gelmires.neves@ufcg.edu.br

Introdução

A exploração das rochas ornamentais proporciona lucratividade ao estado e, ao mesmo tempo, gera uma grande quantidade de resíduos tanto no processo de extração, quanto no beneficiamento. O Estado da Paraíba, mais especificamente, no município de Várzea/PB, destaca-se na produção de quartzito folheado, sendo responsável pela geração de cerca de 3.000 kg de rejeitos finos e de 17.000 kg de aparas por dia (BABISK et al., 2012). Esses materiais não são biodegradáveis e, quando recebem disposição final ambientalmente inadequada, promovem intensa degradação dos sistemas ambientais, em razão do volume vultoso de resíduos de quartzito produzidos por ano no município (ERCIKD et al., 2015).

Assim, para que ocorra a exploração sustentável das rochas de quartzito é necessário que se promova a gestão adequada dos resíduos oriundos desse processo, sendo esta uma questão de grande importância tecnológica, econômica e, sobretudo ambiental nos dias atuais (BACARJI et al., 2013; ANDRÉ et al., 2014; TENNICH et al., 2015). Nessa perspectiva justifica-se a atual investigação do uso dos resíduos gerados no processo de beneficiamento dos quartzitos na construção civil.

Os quartzitos são rochas ornamentais classificadas, de acordo com sua origem geológica, como metamórficas cuja composição mineralógica é constituída, em grande maioria, por minerais de quartzo, apresentando, também, feldspatos, moscovitas e biotitas, dependendo do tipo de quartzito presente na região. Nesse sentido, é fundamental conhecer a composição mineralógica das rochas de quartzito exploradas na Paraíba em função de que a predominância de um destes minerais, determina algumas propriedades destas, como, por exemplo, a interpenetração dos grãos de quartzo confere à rocha uma grande tenacidade que afetará as propriedades do produto final no qual se faz uso dos resíduos oriundos destas rochas (RUSSO, 2011).

Nesse contexto, verifica-se a importância da Geologia Aplicada à Engenharia como instrumento divulgador das técnicas de caracterização dos materiais nos cursos de graduação de Engenharia Civil, conciliando a teoria com a prática profissional e gerando a realização de pesquisas que contribuam com a promoção de uma alternativa à destinação ambientalmente adequada e, por conseguinte, promova o gerenciamento adequado dos resíduos em todas as etapas do processo produtivo dos quartzitos. No caso específico desta pesquisa, o objetivo deste trabalho é estudar a viabilidade técnica do uso dos resíduos de quartzito em substituição total ao agregado convencional em argamassas de revestimento, de modo que a contribuição será concedida aos responsáveis pela gestão dos resíduos gerados na exploração das rochas de quartzito no município de Várzea/PB.

Material e Métodos

Caracterização mineralógica e química dos resíduos de quartzito

Os resíduos de quartzito foram cedidos pela Empresa Tecquímica do Brasil, localizada no município de Várzea/PB, já na granulometria utilizada. Estes foram utilizados em substituição total ao agregado natural e receberam a denominação: AQ (areia de quartzito).

A caracterização mineralógica foi realizada utilizando a difração de raios X (DRX) que consiste em uma análise qualitativa capaz de identificar as fases mineralógicas presentes na amostra. Para esta análise, as amostras são colocadas em porta amostra de alumínio e depois 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° .

A composição química dos materiais foi determinada por espectrometria de fluorescência de raios X (FRX), esta técnica baseia-se no princípio da absorção de raios X pelo material que provoca a ionização interna dos átomos, gerando uma radiação característica conhecida como “fluorescência”. Enquanto a análise química foi realizada por meio da espectroscopia de energia dispersiva de raio-X (EDX), com detector EDS (Shimadzu EDX 720) para obter os óxidos presentes na composição das amostras.

Ensaio tecnológico: Determinação da Resistência à Compressão Simples (RCS)

A resistência à compressão simples foi determinada com velocidade de carga de $(0,25 \pm 0,05)$ MPa/s, de acordo com a ABNT NBR 7215 (1997), usou-se cinco corpos de prova cilíndricos com dimensões (50×100) mm para os traços e fator água/cimento indicados na Tabela 1. A quantidade de água foi obtida para uma consistência padrão de (260 ± 10) mm, garantindo boa trabalhabilidade de acordo com a NBR 7215 (ABNT, 2009), então obteve-se o fator água/cimento. Os ensaios de RCS foram realizados em Máquina Universal, marca SHIMADZU AG-IS 100KN.

Tabela 1. Traços utilizados e seus respectivos fatores água/cimento

Traço	F (a/c)
1:1:6	0,74
1:3	0,34

Resultados e Discussão

Caracterização mineralógica e química dos resíduos de quartzito

A Figura 1 apresenta o difratograma da AQ. Verificou-se que os resíduos apresentaram as seguintes fases mineralógicas: quartzo (SiO_2 , JCPDS file: 46-1045), caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, JCPDS file: 14-0164), feldspato (KSi_3AlO_3 , JCPDS file: 84-0710), mica ($\text{KMg}_3(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$, JCPDS file: 83-1808) e dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, JCPDS file: 36-046).

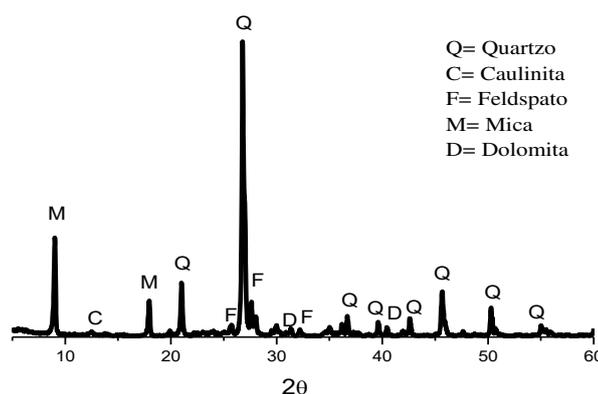


Figura 1. Difratograma de raio-x da areia de quartzito.

Os resultados obtidos nos difratogramas (Figura 1) permitem constatar que a AQ, oriunda dos resíduos de quartzito, é constituída principalmente por minerais de quartzo, seguidos por caulinitas, feldspatos e em menor quantidade micas. De acordo com Russo (2011), são os minerais de quartzo que

fazem a AQ apresentar uma boa tenacidade que pode contribuir para que as argamassas confeccionadas com esses resíduos tenham uma maior resistência mecânica. A tenacidade é a propriedade que os materiais apresentam de absorver energia antes da ruptura.

A Tabela 2 apresenta a composição química da AQ. É possível notar predominância de sílica (SiO_2) e da alumina (Al_2O_3) no material. Isso ocorre devido terem como protólitos arenitos quartzosos e chert silicoso. Os teores de sílica (67,50%) demonstram o caráter quartzoso das amostras, enquanto os teores de alumina (17,28%) ocorrem devido à presença de feldspato e mica, embora em menor quantidade que o quartzo.

Tabela 2. Composição química da areia de quartzito

Componente	AQ (%)
SiO_2	67,5
Al_2O_3	17,28
K_2O	7,22
Fe_2O_3	2,20
MgO	1,62
CaO	1,20
SO_3	0,36
BaO	0,21
Perda ao Fogo	1,997

O teor de Fe_2O_3 de 2,20% é proveniente da hematita, goetita e ilmenita. Os baixos teores de MgO e CaO são provenientes do carbonato de magnésio e da calcita presentes na amostra.

Resistência à Compressão Simples das argamassas confeccionadas com AQ

A Tabela 3 apresenta os valores obtidos para RCS das argamassas confeccionadas com os resíduos de quartzito em substituição total ao agregado convencional.

Tabela 3. Resistência à Compressão Simples das argamassas confeccionadas com AQ

Traço	RCS (MPa)
1:1:6	2,32
1:3	10,41

Os resultados (Tabela 3) mostram que os valores obtidos para RCS das argamassas confeccionadas com a AQ se encontram dentro dos valores propostos pela norma da ABNT NBR 13281 (ABNT, 2005), ou seja, resistência à compressão simples mínima após 28 dias 2 MPa ou ≥ 8 MPa. Ainda de acordo com essa Norma, o traço 1:1:6 foi classificado como pertencente a classe P3 e o traço 1:3 a classe P6. O desempenho mecânico dessas argamassas decorre da predominância de quartzo na composição mineralógica da AQ, cujos grãos promovem a argamassa uma maior tenacidade e, conseqüentemente, uma RCS dentro dos valores exigidos para argamassas de revestimento. Vale ressaltar que o traço 1:3 teve um melhor desempenho por apresentar na sua formulação o cimento como único aglomerante.

Estes resultados foram análogos aos encontrados por Marmol et al. (2010), que incorporou até 20% de resíduos de granito em argamassa e alcançou uma resistência à compressão simples mínima de 2 MPa e máxima de 5 MPa após 28 dias de cura, concluindo que o nível ótimo de incorporação dos resíduos de granito seria de 10%. Ademais, demonstram que a substituição total não compromete o comportamento mecânico das argamassas, à medida que a RCS aos 28 dias de cura em câmara úmida foi superior a 2MPa sem uso de superplastificantes, como encontrados comumente na literatura.

Conclusão

Os conhecimentos adquiridos em Geologia Aplicada à Engenharia permitiram compreender e justificar os resultados obtidos nas técnicas de caracterização empregadas na realização dessa pesquisa. A areia de quartzito apresenta composição mineralógica e química que favorece a utilização desse agregado reciclado em argamassas para revestimento. O fator água/cimento é importante porque confere uma boa trabalhabilidade as argamassas, embora o traço 1:1:6 tenha apresentado maior fator

água/cimento, não teve essa propriedade comprometida porque foram determinados para uma consistência padrão. A RCS obtida pelas argamassas confeccionadas com a areia de quartzito comprova a viabilidade técnica do uso dos resíduos de quartzito em substituição total ao agregado convencional. A alumina presente na composição química da areia de quartzito sugere boa durabilidade das argamassas confeccionadas com esses resíduos quanto aos ataques químicos. Por fim, esse trabalho constatou que a proposta de reutilização do resíduo de quartzito foi bem-sucedida.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro concedido pelo AAMEG-UFERSA e ao Laboratório de Tecnologia dos Materiais da UFCG que nos permitiu a realização dos ensaios de caracterização do resíduo estudado.

Referências

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7215: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro. 1997.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. Rio de Janeiro. 2005.
- ANDRÉ, A., BRITO, J., ROSA, A.; PEDRO, D. Durability performance of concrete incorporating coarse aggregates from marble industry waste, *Journal of Cleaner Production*, v.65, n.5, p.389-396. 2014.
- BABISK, M. P., VIDAL, F. W. H., RIBEIRO, W. S., AGUIAR, M. C., GADIOLI, M. C. B.; VIEIRA, C. M. F. Incorporação de resíduo de quartzitos em cerâmica vermelha. *HOLOS*, v.6, p.169-177. 2012.
- BACARJI, E., TOLEDO FILHO, R. D., KOENDERS, E. A. B, FIGUEIREDO, E. P.; LOPES, J. L. M. P. Sustainability perspective of marble and granite residues as concrete fillers, *Construction and Building Materials*, v.45, p.1-10. 2013.
- ERCIKID, I. B., KULEKCI, G.; YILMAZ, T. Utilization of granulated marble wastes and waste bricks as mineral admixture in cemented paste backfill of sulphide-rich tailings. *Construction and Building Materials*, v.93, p.573-583. 2015.
- MARMOL, I., BALLESTER, P., CERRO, S., MONROS, G., MORALES, J.; SANCHEZ, L. Use of granite sludge wastes for the production of coloured cement-based mortars. *Cement & Concrete Composites*, v.32, p.617-622. 2010.
- TENNICH, M., KALLEL, A.; OUEZDOU, M. B. Incorporation of fillers from marble and tile wastes in the composition of self-compacting concretes. *Construction and Building Materials*, v.91, p.65 -67. 2015.
- RUSSO, M. L. C. Reciclagem de Resíduo Gerado na Extração de Quartzito. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte – MG. 2011.