

USO DE RESÍDUOS DE PEDREIRA DE QUARTZITO COMO AREIA PARA CONSTRUÇÃO CIVIL E FUNDIÇÃO

R. M. F. Lima¹, A. F. S. Silva², H. Jordt-Evangelista³
1 - Dr^a., Prof^a., do Departamento de Engenharia de Minas/UFOP
Morro do Cruzeiro, S/N^o, Campus Universitário
CEP.:35.400-000 – Ouro Preto – Minas Gerais
Tel.(31)3559-1590 – Fax.(31)3559-1606
e-mail : rosa@demin.ufop.br

2 - Aluno de Engenharia de Minas
e-mail: alexandrofortes1@yahoo.com.br

3 – Dr^a. Prof^a., do Departamento de Geologia/UFOP
Tel.(31)3559-1505 – Fax.(31)3559-1606
e-mail : hanna@degeo.ufop.br

RESUMO

Na região de Ouro Preto-MG existem diversas pedreiras de quartzito, visando o seu emprego como rocha ornamental. Pelo fato desses quartzitos conterem lentes intemperizadas, são gerados grandes quantidades de resíduos, que normalmente são depositados nas próprias encostas dos morros sem nenhum controle, o que leva a um grande impacto ambiental. Logo, esse trabalho teve por objetivo caracterizar os resíduos gerados em pedreiras de quartzito dessa região, visando obter informações para viabilizar o aproveitamento econômico dos mesmos. Os ensaios de caracterização realizados constaram de análise textural e mineralógica dos fragmentos maiores por microscopia ótica de luz transmitida e das areias por difratometria de raios X, análise granulométrica de 1 a 0,037mm (escala de Richard) e química das faixas granulométrica das areias, utilizando plasma de acoplamento indutivo e gravimetria. Observou-se que a rocha possui xistosidade e que os grãos de quartzo situam-se entre 0,5 e 1mm. Os minerais identificados nos fragmentos e nas areias foram o quartzo, a cianita, a sericita, a moscovita e o rutilo. O d_{50} das amostras estudadas estava em torno de 0,4mm e que há a possibilidade de redução de cerca de 70% ou mais destes entulhos fazendo-se somente a classificação granulométrica em faixas que possibilitem a utilização dos mesmos como areias de fundição e construção civil.

Palavras- chaves: Caracterização tecnológica de resíduos, aproveitamento de resíduos de mineração.

1 – INTRODUÇÃO

O quartzito é uma rocha formada pelo metamorfismo regional ou de contato de arenitos. É constituído essencialmente por grãos de quartzo recristalizados e interpenetrantes além de alguns minerais acessórios como é o caso da moscovita, cianita, sericita e hematita. É empregada como rocha ornamental e para fins industriais (Jordt-Evangelista *et al.*, 2001).

O quartzo, principal mineral constituinte de quartzitos, pode ser empregado nas indústrias automobilística, bélica, eletro-eletrônica, equipamentos médicos, metalúrgica, ótica, química, relojoaria, telecomunicações, etc. Obviamente, para ser usado para uma determinada finalidade, o mesmo deverá atender certas especificações técnicas, como é o caso de teor mínimo de SiO_2 e teores máximos de impurezas. Na Tabela 1 abaixo estão apresentadas as especificações químicas e granulométricas de quartzo para algumas aplicações industriais.

Tabela 1 – Resumo de especificações de quartzo para diversos usos (Barbosa e Porphírio, 1993)

USO/FINALIDADE	Teor (%)						Granul.
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Outros	
Areia para vidro							
• Ótico	99,5	Var.	0,008	baixo	baixo	Cr6ppm	0 a 0,5 mm
• Colorido	99,5	0,1-0,5	0,013	-	-	Co2ppm	
• Recipientes planos	98,3	-	-	-	-	TiO20,03%	
Areia para fundição	88-99						20 a 200#
Sílica pulverizada	97-99,9	0,5	0,2	baixo	baixo	-	- 400#
Carbeto de silício	99,5	0,06-0,25	0,1	ausente	ausente	P4ppm	400#
Silício metálico	98	0,4	0,2	0,2	0,2	P8,1ppm	1 a 2"
Ferrossilício	96	0,4	0,2	baixo	baixo	P8,1%	1 a 2"
Tijolo refratário	96-98	0,1	baixo	baixo	baixo	-	-8#
Silicato de sódio	99	0,25	0,03	0,5	0,5	-	20 a 100#
Fluxo metálico	90	1,5	1,5	0,2	0,2	-	2"
Oscilador de frequência	99,99	0,004	0,001	0,06	-	-	-
Quartzo cultivado	99,5	0,5	0,15	0,03	0,05	na	0 a 10cm
Tintas	99,8	na	0,2	-	-	-	-200#
Eletrodo	98	-	-	-	-	-	na
Areia para construção	80	-	-	-	-	-	2mm

Segundo norma técnica da ABNT, as areias empregadas na construção civil são classificadas em areia fina (granulometria entre 0,15 a 0,6mm), areia média (granulometria entre 0,6 e 2,4mm) e areia grossa (granulometria entre 2,4 e 4,8mm). Outras propriedades importantes, que devem ser levadas em conta são a higroscopia e a friabilidade, que é determinada pela aplicação de uma pressão de 40MPa por 4 minutos sobre a areia depositada em um molde e em seguida determina-se a percentagem de redução granulométrica da mesma em relação a areia normal. Quanto às impurezas, as mesmas devem ser removidas pela lavagem. São classificadas em impurezas coloidais (argila, material pulverulento, friável, carbonoso e orgânico) e não coloidais.

O estado de Minas Gerais possui uma das maiores reservas de quartzito industrial (157.350.685 t), sendo superado apenas pelo estado de São Paulo (496.479.654t). Estes dois estados são também grandes produtores de quartzito para fins ornamentais. Na região de Ouro Preto-MG existem pequenas mineradoras, que exploram o quartzito para serem usados como rochas ornamentais. Nesta região, a rocha possui lentes intemperizadas. Por esta razão, apresentam alta friabilidade, o que ocasiona a geração de grande quantidade de fragmentos e areias nas frentes de lavra, que são lançados nas encostas dos morros. O acúmulo destes resíduos tem ocasionado um elevado impacto ambiental, inclusive com o soterramento da vegetação ciliar e assoreamento dos mananciais nas linhas de talvegue, veja Figura 1.



Figura 1 – Vista das encostas da região de Ouro Preto, mostrando a extensão do impacto ambiental decorrente do tipo de exploração e beneficiamento do quartzito.

Pelos motivos expostos anteriormente, este trabalho teve por objetivo efetuar estudos de caracterização granulométrica, química e mineralógica das areias provenientes das frentes de lavra de pedreiras de quartzito da região de Ouro Preto, visando ao aproveitamento econômico dos mesmos.

2 – MATERIAIS E MÉTODOS

Foram coletados de forma aleatória 395 kg de resíduos em três pontos distintos da mineração: material depositado no bota fora (amostra A), frente de lavra (amostra B) e finos provenientes do desmonte hidráulico (amostra C). Essas amostras foram secadas e posteriormente homogeneizadas e quarteadas para os estudos de caracterização tecnológica.

Em seguida, foram feitas caracterizações granuloquímica e mineralógica, efetuada por difratometria de raios X (método do pó total), utilizando o difratômetro de raios X, modelo Ricaku, série D/MAX. As

interpretações dos difratogramas gerados foram efetuadas pela utilização do software JADE 3.1 do fabricante MDI -B das três amostras mencionadas anteriormente (A, B e C).

As análises granulométricas foram efetuadas por peneiramento a seco, utilizando a escala de Richard de peneiras de abertura de 12,7 a 0,037mm. Posteriormente, foram determinados os teores por faixa granulométrica de Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O , Li_2O , MgO , MnO , Na_2O , TiO_2 , Co , Cr , Pb , Zr por plasma de acoplamento indutivo. O SiO_2 foi determinado por gravimetria.

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através dos estudos texturais das lâminas delgadas polidas realizadas com os diversos fragmentos da rocha verificou-se que a mesma apresenta uma xistosidade marcada pelos grãos da sericita e cianita, com a cianita algumas vezes mostrando grãos poiquiloblásticos, e a sericita uma textura lepidoblástica. Os grãos de quartzo apresentam estrutura em mosaico, veja fotomicrografias apresentadas na Figura 2.

O quartzo inclor, ocorre na granulometria de 0,5 a 1mm. Os grãos são anédricos e interdigitados. Em alguns casos apresentam-se sob a organização em mosaicos poligonais. Apresenta um relevo neutro com rara e incipiente extinção ondulante. É o mineral mais abundante, em torno de 85%.

A cianita, embora seja um mineral incolor, apresenta-se com aspecto sujo, acastanhado, devido à concentração de impurezas nos planos de clivagem ou impregnação por limonita. Possui um relevo forte sendo perfeitamente visíveis os contornos dos grãos e os traços de clivagem. A superfície apresenta-se altamente áspera. Observa-se uma boa clivagem em duas direções. Os grãos minerais são subédricos e apresentam uma textura poiquiloblástica. Percebe-se claramente grãos com inclusões de quartzo. A cianita pode apresentar maclas lamelares. Perfaz cerca de 10%.

A sericita é incolor. Observa-se nitidamente a orientação dos grãos minerais. Apresenta um relevo moderado, onde se percebem os contornos dos grãos, traços de clivagem. Apresenta nitidamente uma direção de clivagem (basal). Os grãos são subédricos e de forma alongada lamelar e com uma textura lepidoblástica. O teor volumétrico deste mineral fica em torno de 5%.

Os minerais opacos provavelmente são constituídos por óxidos de ferro. Porém, o rutilo é o principal mineral acessório, chegando a 2% em algumas amostras. Tem relevo muito alto, cor castanha amarelada escura.

Observa-se que as curvas de distribuição granulométrica das três amostras analisadas apresentam o mesmo padrão, veja Figura 3. O d_{80} da amostra A e B é de 0,35mm. Para a amostra C o d_{80} é de 0,42mm. Cerca de 89; 78,5 e 82% das amostras A, B e C, respectivamente encontra-se na faixa granulométrica de 0,841 a 0,074mm (20 a 200 μ que é a especificação granulométrica para areia aplicada em fundição. Ou seja, somente com um corte granulométrico, usando as peneiras de 0,841 e 0,074mm, os resíduos descartados das amostras A, B e C seriam de 11, 21,5 e 18% , respectivamente, o que extremamente interessante do ponto de vista ambiental.

No caso de aplicação para construção civil com um corte granulométrico usando peneiras de 0,589 e 0,149mm (areia fina) o descarte de resíduos, que são depositados nas encostas dos morros, seria reduzido de 75,4; 67 e 66,3% para as amostras A, B e C, respectivamente. Como areia média (0,8 a 2,4mm) seria recuperado mais 3,14; 5,71 e 4,7%, respectivamente para as mesmas amostras.

Nas Tabelas 2, 3 e 4 estão apresentados os resultados das análises químicas por faixa granulométrica das amostras A, B e C.

Pelos balanços de massa e metalúrgico realizados com as três amostras estudadas verificou-se que os teores de SiO_2 na fração entre 0,589 a 0,074mm para a amostra A, B e C foi de 89,94; 92,74 e 92,77%, respectivamente. Significando que os três materiais utilizados encontravam-se dentro das especificações

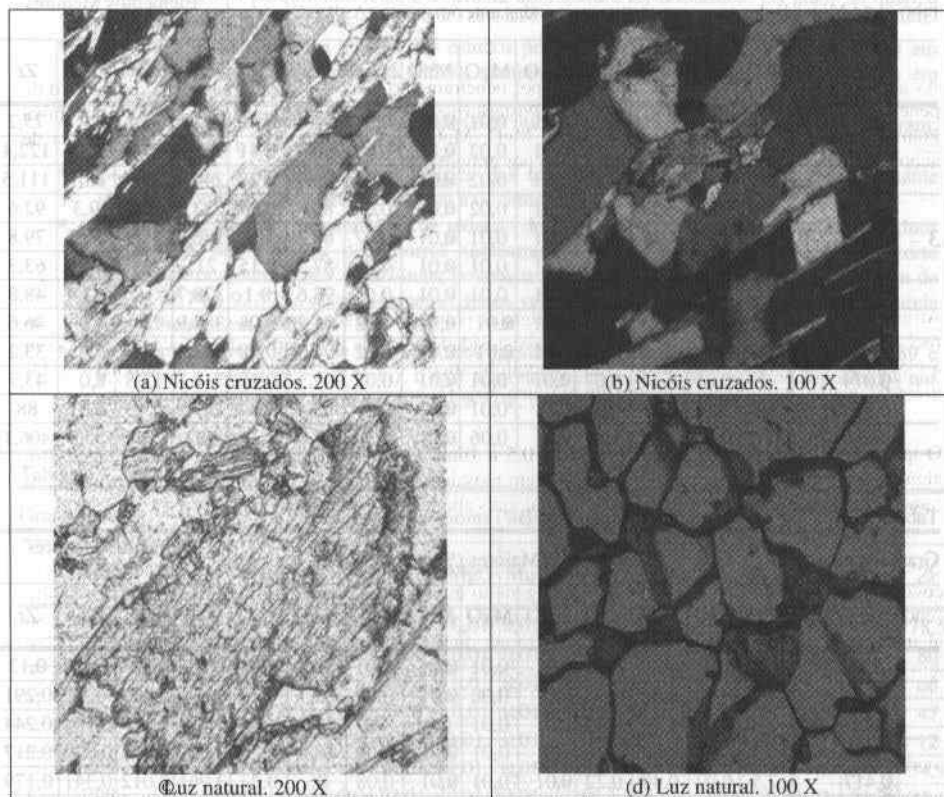


Figura 2 – Fotomicrografias de fragmentos de quartzito, evidenciando a xistosidade da rocha (fotomicrografias a e b), um grão anédrico de cianita (fotomicrografia c) e a microestrutura em mosaico do quartzo com óxido de ferro intersticial (fotomicrografia d).

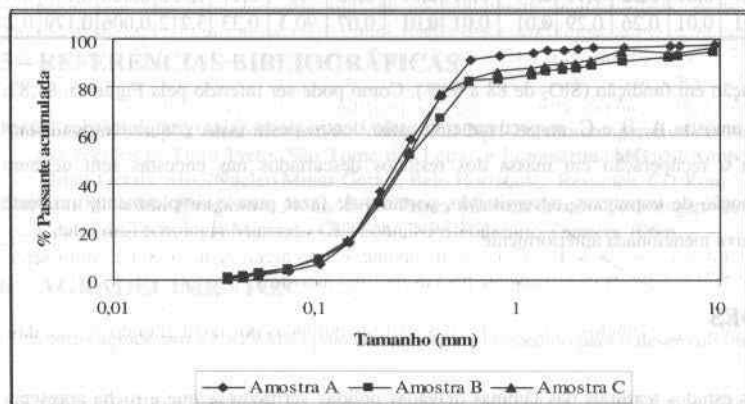


Figura 3 – Distribuição granulométrica das amostras A, B e C.

Tabela 2 – Análise granuloquímica da amostra A

Granulometria mm	Elementos Maiores (% peso)										Elementos Menores (ppm)			
	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Li ₂ O	MgO	MnO	Na ₂ O	SiO ₂	Ti ₂ O	Co	Cr	Pb	Zr
3,36	3,7	0,01	0,35	0,22	0,01	0,01	0,01	0,04	91,1	0,22	222,5	38,8	0,0	75,2
1,41	6,3	0,01	1,7	0,36	0,01	0,02	0,01	0,09	86,3	0,31	313,8	51,7	32,7	122,4
1,68	6,1	0,03	1,38	0,29	0,01	0,02	0,01	0,08	85,9	0,28	246,4	39,9	0,0	111,5
0,589	5,6	0,05	0,74	0,22	0,01	0,02	0,01	0,08	86,3	0,24	223,9	32,8	9,3	92,6
0,417	6,6	0,04	0,39	0,18	0,01	0,01	0,01	0,07	86,2	0,2	286,2	31,9	26,5	79,8
0,295	4,5	0,03	0,27	0,14	0,01	0,01	0,01	0,05	87,5	0,15	211	21,7	0,0	63,3
0,208	4,1	0,01	0,11	0,08	0,01	0,01	0,01	0,03	93,6	0,1	378,7	18	13,9	48,8
0,147	2,4	0,01	0,08	0,05	0,01	0,01	0,01	0,02	91,2	0,08	347,9	11,1	0,0	36,6
0,104	1,9	0,01	0,09	0,04	0,01	0,01	0,01	0,02	94,3	0,08	303,2	9,2	0,0	33,2
0,074	3	0,01	0,14	0,07	0,01	0,01	0,01	0,02	91,1	0,15	311,7	15,8	0,0	43,7
0,038	5,7	0,01	0,25	0,21	0,01	0,01	0,01	0,05	85,4	0,34	289,9	33,3	0,0	88
-0,038	17,5	0,05	1,24	1,41	0,01	0,06	0,01	0,3	63,6	1,11	86	116,9	55,9	406,1

Tabela 3 – Análise granuloquímica da amostra B

Granulometria mm	Elementos Maiores (% peso)										Elementos Menores (ppm)			
	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Li ₂ O	MgO	MnO	Na ₂ O	SiO ₂	Ti ₂ O	Co	Cr	Pb	Zr
3,36	4,3	0,01	3,7	0,16	0,01	0,01	0,01	0,03	87,4	0,21	2,283	0,007	2,586	0,13
1,41	7,2	0,03	0,46	0,35	0,01	0,02	0,01	0,09	86,7	0,29	3,836	0,023	0,32	0,291
1,68	7,3	0,01	1,14	0,29	0,01	0,01	0,01	0,1	86,9	0,28	3,874	0,007	0,794	0,244
0,589	6,7	0,01	0,9	0,26	0,01	0,01	0,01	0,09	88,4	0,28	3,527	0,007	0,629	0,217
0,417	7,5	0,02	0,49	0,22	0,01	0,01	0,01	0,08	86	0,23	3,961	0,012	0,341	0,179
0,295	8,2	0,01	0,41	0,19	0,01	0,01	0,01	0,08	85,5	0,2	4,36	0,009	0,287	0,158
0,208	5,8	0,01	0,29	0,15	0,01	0,01	0,01	0,06	87,9	0,16	3,087	0,006	0,203	0,121
0,147	4,2	0,01	0,12	0,07	0,01	0,01	0,01	0,03	93,4	0,09	2,219	0,005	0,086	0,06
0,104	3	0,01	0,14	0,06	0,01	0,01	0,01	0,02	95,4	0,08	1,57	0,004	0,1	0,049
0,074	2,8	0,01	0,23	0,06	0,01	0,02	0,01	0,02	94,4	0,15	1,505	0,011	0,159	0,054
0,038	3,7	0,01	0,22	0,11	0,01	0,01	0,01	0,03	93	0,17	1,933	0,006	0,156	0,092
-0,038	6,1	0,01	0,26	0,29	0,01	0,01	0,01	0,07	90,3	0,33	3,212	0,006	0,179	0,243

químicas para aplicação em fundição (SiO₂ de 88 a 99%). Como pode ser inferido pela Figura 2, 81,82; 78,49 e 89,43% da amostra A, B e C, respectivamente estão dentro desta faixa granulométrica. Estes valores representam a recuperação em massa dos resíduos descartados nas encostas sem nenhum tratamento para remoção de impurezas, necessitando, portanto de fazer pura e simplesmente um corte granulométrico na faixa mencionada anteriormente.

4 - CONCLUSÕES

- Através dos estudos texturais das lâminas delgadas polidas verificou-se que a rocha apresenta uma xistossidade marcada pelos grãos da sericita e cianita, com a cianita algumas vezes

mostrando grãos poiquiloblásticos, e a sericita uma textura lepidoblástica. Os grãos de quartzo apresentam estrutura em mosaico.

- Os minerais identificados através dos estudos petrográficos das lâminas delgadas polidas em microscopia ótica foram: quartzo (85%), cianita (10%), sericita (5%) e rutilo e opacos em algumas lâminas (2%).
- Os minerais identificados por difratometria de raios X dos finos das amostras A, B e C foram: quartzo, cianita e moscovita.
- As curvas de distribuição granulométrica das três amostras analisadas mostram-se bastante similares com d_{50} da amostra A e B igual a 0,35mm e da amostra C igual a 0,42mm.
- Observou-se que há a possibilidade de redução de 82, 78 e 89%, respectivamente dos resíduos descartados nas encostas dos morros (amostras A, B e C) fazendo somente um corte granulométrico entre 0,589 e 0,074mm, pois os teores de SiO_2 das amostras A, B e C foram de 89,94; 92,74 e 92,77%, respectivamente. Esses valores estão dentro das especificações de areia para aplicação em fundição.
- Uma outra possibilidade de aplicação dos resíduos de quartzito é como areia fina (0,589 e 0,149mm) e média (0,8 a 2,4mm), o que acarretaria uma redução de resíduos depositados nas encostas dos morros em torno de 74,5; 73 e 71%, respectivamente das amostras A, B e C.

Tabela 4 – Análise granuloquímica da amostra C

Granulometria mm	Elementos Maiores (% peso)										Elementos Menores (ppm)			
	Al_2O_3	CaO	Fe_2O_3	K_2O	Li_2O	MgO	MnO	Na_2O	SiO_2	Ti_2O	Co	Cr	Pb	Zr
3,36	4,7	0,04	0,47	0,22	0,01	0,01	0,01	0,07	91,4	0,19	540	27,7	17	78,5
1,41	6	0,06	0,75	0,28	0,01	0,01	0,01	0,13	86,1	0,2	340,1	29,5	20,8	80
1,68	5,7	0,05	0,29	0,17	0,01	0,01	0,01	0,08	88	0,15	289,5	25,7	0	66
0,589	4	0,03	0,11	0,09	0,01	0,01	0,01	0,04	91,4	0,09	352,7	15,5	19,7	47
0,417	1,7	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	92,2	0,02	91,8	2,7	0	12
0,295	2,8	0,01	0,05	0,04	0,01	0,01	0,01	0,02	96,6	0,08	331	11,6	0	34,9
0,208	2,3	0,01	0,06	0,04	0,01	0,01	0,01	0,02	94	0,08	310,7	10,2	21,7	35,1
0,147	2,9	0,01	0,09	0,05	0,01	0,01	0,01	0,02	92,7	0,16	317,1	14,6	19,3	38,4
0,104	5,7	0,01	0,16	0,14	0,01	0,01	0,01	0,04	87,6	0,41	250,4	30,5	0	92,8
0,074	9,3	0,02	0,41	0,46	0,01	0,02	0,02	0,1	81,2	0,74	125,7	54,5	34,3	267,2
0,038	17,7	0,05	1,21	0,94	0,01	0,05	0,09	0,22	72,8	1,91	71,7	109,3	50,2	735,3
-0,038	31,1	0,09	2,32	1,09	0,01	0,08	0,17	0,28	51	3,28	99,3	188,2	129,7	1165,8

5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Jordt-Evangelista, H., César-Mendes, J., Viana, D.J. 2001 Estudo comparativo de quartzitos ornamentais das regiões de Ouro Preto, São Tomé das Letras e Luminárias, MG. XI Simpósio de Geologia de Minas Gerais, SBG/Núcleo Minas Gerais. Belo Horizonte. Resumos. CD-Rom.
- Barbosa, M. I. M., Phorphírio, N. H. 1993. Projeto Caracterização Tecnológica de Lascas de Quartzo. Centro de Tecnologia Mineral - CETEM/CNPq. Relatório Técnico. 106 p.

6 – AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPEMIG pelo financiamento concedido para o desenvolvimento deste trabalho.