

# ASPECTOS GEOLÓGICOS E TECNOLÓGICOS DOS QUARTZITOS DO CENTRO PRODUTOR DE SÃO THOMÉ DAS LETRAS (MG)

Tânia Maria Gomes FERNANDES <sup>1</sup>, Antonio Misson GODOY <sup>2</sup>,  
Nedson Humberto FERNANDES<sup>3</sup>

(1) Departamento de Geologia, Universidade Federal do Ceará - CC/UFC, Campus do Pici. Avenida Mister Hull, s/n. CEP 60.455-760 – Fortaleza, CE. Endereço Eletrônico: taniamgf@bol.com.br. (2) Departamento de Petrologia e Metalogenia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Campus de Rio Claro. Avenida 24 – A, 1515, Bela Vista. Caixa Postal 178. CEP 13.506-900. Rio Claro, SP. Endereço Eletrônico: mgodoy@rc.unesp.br. (3) Departamento de Geografia, Universidade Estadual do Ceará - CCT/UECE, Campus do Itaperi, Avenida Paranjana, 1700, Itaperi. CEP 60.740-000. Fortaleza, CE. Endereço Eletrônico: nedsonhf@aol.com.

Introdução  
Aspectos Geológicos Regionais  
Aspectos Geológicos e Petrográficos  
Os Quartzitos da região de São Thomé das Letras  
Quartzito São Thomé (muscovita quartzito branco)  
Quartzito São Thomé (muscovita quartzito amarelo)  
Quartzito São Thomé (muscovita quartzito róseo)  
Os Quartzitos da região de Luminárias  
Quartzito Luminárias (muscovita quartzito verde)  
Quartzito Carrancas (muscovita quartzito verde)  
Quartzito Carranquinha (muscovita quartzito verde)  
Caracterização Tecnológica  
Considerações Finais  
Referências Bibliográficas

**RESUMO** - A região de estudo o Centro Produtor de São Thomé das Letras abrange duas áreas testes que são denominadas respectivamente de área I (São Thomé das Letras) constituída pelas variedades de quartzitos (Branco, Amarelo e Róseo) e a área II (Luminárias) pelas variedades de quartzitos (Luminárias, Carrancas e Carranquinha). Os estudos encontram-se direcionados à caracterização geológica e tecnológica, no sentido de otimizar e especificar o seu melhor uso como rocha ornamental e de revestimento. Os estudos enfocam as variações petrográficas quanto à sua composição mineralógica em relação principalmente à quantidade de quartzo, muscovita e minerais opacos e aspectos texturais e estruturais, além da qualificação tecnológica que incluiu os ensaios físico-mecânicos e ensaios de resistência ao ataque químico e ao manchamento. Os valores dos ensaios obtidos quando comparados aos valores limites especificados pela norma ASTM C 616, apresentaram desempenho satisfatório para o seu uso, tanto exterior como interior nas obras civis, além das considerações de ordem estéticas e características das placas como superfícies antiderrapantes e homeotermos.

**Palavras-Chaves:** Quartzito; ensaio tecnológico; rocha ornamental.

**ABSTRACT** – T. M. G. Fernandes, A. M. Godoy, N. H. Fernandes – *Technological and Geologic Aspects of Quartzites the Productive Center of São Thomé Das Letras (MG)*. The studied area of São Thomé das Letras productive center contains two test areas, one called area I (São Thomé das Letras) constituted of quartzite varieties (White, Yellow, and Pink) and another one called area II (Luminárias) constituted of quartzite varieties (Carrancas, Carranquinha and Luminárias). The studies were directed to the geological and technological characterization with the purpose of a better and a specific way to use these rocks as dimension stone and for revetments. The studies focused the spectrographic variations as for their mineral composition in relation, mainly, to the quartz, muscovite and dull minerals quantities and the structural and texture aspects besides, the technological qualification that includes the physic and mechanics analyses and chemicals attack resistance and stain tests. The obtained results of the analysis when compared with specifics limits values from ASTM C 616 norm, show satisfactory results for its use in exterior and interior construction work, besides the esthetic considerations and the plate characteristics like anti slip surfaces and homothermous.

**Keywords:** Quartzites; technological analysis; dimension stone.

## INTRODUÇÃO

O Estado de Minas Gerais responde pela maior parte da produção brasileira de quartzitos, sendo registrados quatro centros de lavras de quartzitos, utilizados como rochas ornamentais e de revestimento, sendo o mais expressivo o de São Thomé das Letras, seguindo-se Alpinópolis, Ouro Preto e Diamantina (Figura 1).

O potencial econômico do quartzito das jazidas na região de São Thomé das Letras localizada na porção sudoeste do Estado de Minas Gerais foi

descoberto no início dos anos 50 e a sua exploração se intensificou na década de 70. Estima-se que a maior parte das exportações de quartzitos foliado e extraído em placas do Estado de Minas Gerais seja proveniente do Centro produtor de São Thomé das Letras e a sua importância pode ser avaliada pela aplicação genérica do termo “Pedra São Thomé”, utilizado para designar quartzitos plaqueados comercializados no Brasil.

A “Pedra São Thomé” corresponde a um quartzito encontrado nas cores branca, amarela, rósea e verde,

sendo utilizada em construções, como piso, revestimento de paredes, alvenaria estrutural e até como telha e a sua mineração constitui a principal atividade econômica da região.

A produção de quartzitos foliados São Thomé gira em torno principalmente de lajotas quadradas e retangulares, cacos (cavacos) e filetes (palitos), outros produtos como placas polidas e pedra pavê e, ainda, uma pequena quantidade em lajões geralmente utilizados em projetos paisagísticos. O fator beleza é apenas um dos atrativos da “Pedra São Thomé” que possui características próprias, tais como, planos das placas constituindo superfícies antiderrapantes e homeotermos.

No Centro Produtor de São Thomé das Letras foram realizados trabalhos com seis variedades de quartzitos em duas áreas, denominadas respectivamente

de área I (São Thomé das Letras) caracterizado pelos tipos de coloração clara (Branco, Amarelo, Róseo) e área II (Luminárias) caracterizado pelos tipos de tonalidades verde-escuros com manchas avermelhadas (Luminárias, Carrancas e Carranquinha).

Neste trabalho são apresentados dados que qualificam essas variedades de quartzitos, a partir do levantamento geológico-estrutural, dos estudos petrográficos, além da caracterização tecnológica a partir de ensaios físicos, mecânicos e químicos.

No referido centro produtor, foram cadastradas 25 pedreiras (minas), sendo 15 no município de São Thomé das Letras e 10 no município de Luminárias (Figura 1). Os trabalhos específicos que tratam destes quartzitos direcionados aos estudos com enfoque para rochas ornamentais e de revestimento, encontram-se em (Chiodi Filho, 1995, 1997 e 2001 e Souza et al. 1999).

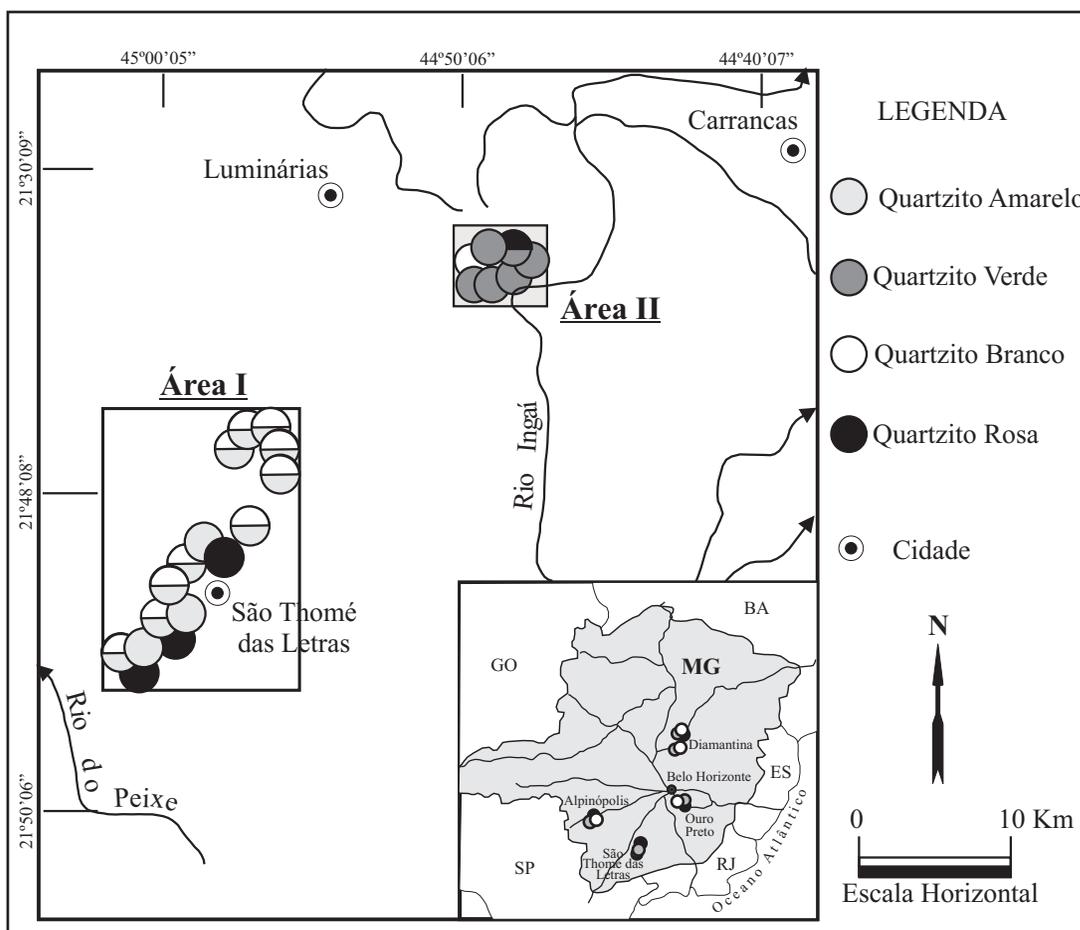


FIGURA 1. Mapa de localização das áreas dos Quartzitos de São Thomé das Letras

### ASPECTOS GEOLÓGICOS REGIONAIS

Do ponto de vista geológico esses quartzitos situam-se na denominada Faixa Alto Rio Grande (Almeida & Hasui, 1984), representados por um pacote de rochas supracrustais que compreende a sul o Grupo Andrelândia e a norte o Grupo São João Del Rei.

Inicialmente (Ebert, 1956) denominou este

conjunto litológico de Série e, posteriormente, de Grupo Andrelândia (Ebert, 1967, 1971), constituído do topo para a base por: micaxistos claros com muscovita, granada, cianita, estarolita e rutilo; micaxistos escuros, ricos em biotita, plagioclásio e, geralmente, com granada; quartzitos puros e/ou com muscovita, cianita

e granada e metarcóseos listrados com camadas de biotita.

Trouw et al. (1983, 1984) definiram um novo grupo, o qual denominaram de Grupo Carrancas, que contém duas formações: a Formação São Thomé das Letras e a Formação Campestre que apresenta características intermediárias entre os grupos São João Del Rei e Andrelândia. Posteriormente, Trouw et al. (1986)

abandonaram o termo Grupo Carrancas e retornaram ao termo inicial Grupo Andrelândia.

Vários trabalhos de cunho regional foram desenvolvidos na Bacia Andrelândia, destacando-se Fonseca et al. (1979); Machado Filho et al. (1983); Trouw et al. (1983, 1984, 1986); Andreis et al. (1987); Ribeiro et al. (1990); Almeida (1992); Paciullo (1997).

## ASPECTOS GEOLÓGICOS E PETROGRÁFICOS

### OS QUARTZITOS DA REGIÃO DE SÃO THOMÉ DAS LETRAS

No município de São Thomé das Letras (MG) afloram quartzitos de coloração predominantemente esbranquiçada, amarelada e rosada, designados comercialmente de Pedra São Thomé Branco, Amarelo e Róseo, aflorando nas principais cristas da Serra da Boa Vista, com direção predominantemente NE-SW. Seus mergulhos suaves a subhorizontais exibem feições geomorfológicas de mesas e cuevas, com escarpas íngremes no lado oposto ao mergulho das camadas. Nas encostas suaves das serras se instalam as frentes de lavras para exploração dos quartzitos como pedra ornamental.

Em geral os corpos rochosos são marcados por uma foliação metamórfica com baixo mergulho, paralelizada a sub-paralelizada ao bandamento composicional, que possivelmente corresponde ao acamamento sedimentar  $S_0$  e que se encontra definida pela alternância de níveis quartzosos e níveis micáceos, com espessuras variando de milímetros a centímetros, respectivamente. Essa foliação encontra-se eventualmente dobrada isoclinalmente com repetição de camadas e cortada por várias gerações de fraturas com direções distintas e com espaçamentos heterogêneos.

A diversidade de coloração desses subtipos é marcante e ocorre verticalmente e lateralmente através de contato brusco, inviabilizando uma padronização de um único tipo. Os quartzitos Brancos predominam nas explorações, os Amarelos correspondem aos níveis superiores das jazidas, mais susceptíveis aos processos de alteração devido à percolação de águas meteóricas e os Róseos ocorrem nas extremidades da frente de lava.

### Quartzito São Thomé (muscovita quartzito branco)

Esta variedade de quartzito ocorre principalmente no Município de São Thomé das Letras e predomina sobre as demais variedades. Nas frentes de lava ocorrem intercalados aos quartzitos amarelos, sendo a passagem de um nível para outro marcado por contato brusco. Possui uma estrutura foliada/laminada bem

proeminente paralela a subparalela ao bandamento composicional e localmente observaram-se intercalados níveis com espessuras centimétricas a métrica apresentando estrutura maciça, os quais não são aproveitados na produção de placas, por não desenvolverem os planos de partição.

A rocha é composta essencialmente por quartzo (90-95%) e muscovita (5-10%), além de plagioclásio (tr), turmalina (tr), zircão (tr), magnetita (tr) e rutilo (tr). Exibe textura granoblástica fina de grãos de quartzo, com tamanho variando entre 0,1 e 0,5 mm, mas observa-se de forma bastante discreta, mas o suficiente para a partição das placas, leitões enriquecidos em muscovita.

Quanto ao grau de alteração, a rocha encontra-se bem preservada, não tendo sido observada nenhuma transformação mineralógica nos minerais silicáticos. Constatou-se apenas uma textura de exsolução entre as fases opacas, principalmente entre a magnetita e a titano-magnetita, e a titano-magnetita e o rutilo.

No que se refere ao estado microfissural, os grãos dos minerais apresentam grau de fraturamento incipiente, tendo sido observado apenas em alguns poucos grãos de quartzo e de minerais opacos microfraturamento intergranular. A deformação é caracterizada pela forte orientação das palhetas de muscovita, *ribbons*, extinção ondulante e contatos poligonizados dos grãos de quartzos.

O quartzo é o mineral predominante e apresenta-se sob a forma de grãos xenomórficos, com tamanho variando entre 0,1 e 0,5 mm. Exibe extinção ondulante e observam-se alguns grãos alongados e outros fraturados. Os contatos entre os grãos são dos tipos serrilhado, misto, reto e lobular, sendo que predominam os contatos mistos.

A muscovita encontra-se sob a forma de delgadas lamelas hipidiomórficas com tamanhos entre 0,1 e 0,3 mm, iso-orientadas e descontínuas entre si. A turmalina e zircão apresentam-se na forma de grãos hipidiomórficos a idiomórficos e os minerais opacos como magnetita e rutilo ocorrem sob a forma de delgadas cristais alongados e orientados, normalmente observados nos contatos dos grãos de quartzo e também inclusos nos mesmos.

### **Quartzito São Thomé (muscovita quartzito amarelo)**

Os quartzitos amarelos afloram no Município de São Thomé das Letras e na frente de lavra, essas rochas constituem os níveis mais superiores, portanto, mais susceptíveis aos processos de alteração devido à percolação de águas meteóricas.

A rocha possui coloração amarelada a levemente avermelhada, marcada pela presença da alteração/oxidação dos minerais opacos. Exibe uma estrutura foliada/laminada bem proeminente paralela a subparalela ao bandamento composicional e as placas de rochas desta variedade apresentam pequenos desníveis dos leitos, caracterizando uma estratificação cruzada com mergulhos suaves.

É constituída essencialmente por quartzo (90-95%) e muscovita (5-10%) e como acessórios ocorrem biotita (tr), turmalina (tr), zircão (tr), magnetita (tr) e rutilo (tr). Apresenta textura granoblástica fina com tamanhos dos grãos variando entre 0,1 e 0,6 mm.

Observa-se a presença de alteração intempérica durante a percolação de fluidos principalmente de água meteórica nos planos de foliação da rocha. Essa percolação resulta na oxidação do  $Fe^{+2}$ , presente nos minerais opacos (magnetita+rutilo) imprimindo uma coloração amarelada a avermelhada no plano de foliação da rocha. Outros tipos de transformações mineralógicas evidentes são a substituição parcial das palhetas de muscovita por biotita e uma textura de exsolução entre a magnetita e o rutilo.

A deformação é marcada pela presença da orientação proeminente das palhetas de muscovita, extinção ondulante e contornos poligonizados dos grãos de quartzo e alongamento dos grãos dos minerais opacos. No que se refere ao estado microfissural, os minerais apresentam-se bem coesos, sem fraturamentos expressivos. Apenas poucos grãos de quartzo apresentam fraturamento intragranular.

O quartzo é xenomórfico com contatos serrilhados, mistos, lobulares e retos, predominando os mistos. Alguns grãos encontram-se fraturados e alongados com extinção ondulante e tamanho entre 0,1 e 0,6 mm. A muscovita apresenta-se sob a forma de palhetas hipidiomórficas que podem variar de 0,1 mm até 0,4 mm de comprimento. Os minerais acessórios são representados pelo zircão, turmalina e os opacos representados pela magnetita e rutilo.

### **Quartzito São Thomé (muscovita quartzito róseo)**

Os quartzitos róseos que afloram no município de São Thomé das Letras são observados nas extremidades das frentes de lavra em quantidades inferiores em relação aos níveis esbranquiçados e amarelados. Normalmente encontram-se intercalados aos níveis amarelados, sendo esta alternância marcada

pela mudança de coloração brusca. Os níveis apresentam-se irregulares e descontínuos, inviabilizando uma padronização quanto às dimensões dos mesmos.

A rocha apresenta coloração róseo-clara e exibe estrutura foliada/laminada marcada pelo bandamento metamórfico paralelizada ao bandamento composicional. A espessura do bandamento é da ordem milimétrica a sub-centimétrica, caracterizada pela alternância de níveis quartzosos e delgados níveis micáceos.

É composta essencialmente por quartzo (90-95%) e muscovita (5-10%) e como mineralogia acessória zircão (tr), rutilo (tr) e magnetita (tr). Apresenta textura granoblástica muito fina, caracterizada pela predominância dos grãos de quartzo que variam de tamanho entre 0,1 e 0,3 mm. Também é freqüente a textura de exsolução entre a magnetita e o rutilo. A deformação é caracterizada pelo alinhamento das palhetas de muscovita, extinção ondulante e contornos poligonizados dos grãos de quartzo e alongamento e orientação dos minerais opacos. No que se refere ao estado microfissural da rocha foram observados alguns poucos planos de fraqueza do tipo fraturamento dos grãos minerais.

O quartzo é o mineral predominante e apresenta-se sob a forma de grãos xenomórficos com tamanho variando entre 0,1 e 0,3 mm. Exibe comumente extinção ondulante e contatos do tipo reto, serrilhados, mistos e lobulares. O quartzo com contornos serrilhados predominam sobre os demais.

A muscovita encontra-se sob a forma de delgadas palhetas hipidiomórficas iso-orientadas, com tamanho variando entre 0,1 e 0,5 mm. Estão dispersas por toda rocha entre os grãos de quartzo desenvolvendo uma orientação proeminente que define um plano de foliação, responsável pela partição das placas.

Os acessórios estão representados por cristais de zircão idiomórficos com tamanhos em torno de 0,1 mm. Os minerais opacos representados pela magnetita e rutilo encontram-se sob a forma de cristais idiomórficos a hipidiomórficos, às vezes alongados e orientados segundo a foliação principal da rocha.

### **QUARTZITOS DA REGIÃO DE LUMINÁRIAS**

Os quartzitos da região de Luminárias afloram em porções de relevo elevado, constituindo as cristas da Serra Grande. Geomorfologicamente exibem também feições de mesas e cuestras com escarpas (*front*) íngremes no lado oposto ao mergulho das camadas (reverso da cuesta). Esses quartzitos são de coloração predominantemente esverdeada e designados comercialmente como pedras Luminárias, Carrancas e Carranquinha e apresentam planos de

foliação condicionados por minerais micáceos, com direção geral NNW - SSE e mergulhos muito suaves para SW.

Os quartzitos de Luminárias apresentam três variedades definidas pela granulação média (variedade Carrancas), fina (variedade Luminárias) e muito fina (variedade Carranquinha). A variação na granulação está condicionada às zonas de maior ou menor deformação e da sedimentação de diferentes níveis granulométricos. Exibem coloração em tons de verde forte com manchas avermelhadas no plano da foliação e texturas que variam de granolepidoblástica a lepidogranoblástica com granulação de muito fina a média. Os contatos são bruscos ocorrendo verticalmente dentro de todo o pacote rochoso.

Apresentam também estrutura bandada/foliada bem desenvolvida paralela a subparalela ao bandamento composicional. A estrutura bandada é evidenciada através da alternância de níveis muscovíticos, quartzosos e níveis enriquecidos em óxidos, da ordem de espessuras de milímetros a centímetros.

#### **Quartzito Luminárias (muscovita quartzito verde)**

Esta variedade de quartzito verde é predominante nas pedreiras da região de Luminárias, destacando-se no volume em relação às demais variedades (Carrancas e Carranquinha).

A rocha apresenta coloração esverdeada em tons fortes com manchas avermelhadas ao longo do plano de foliação, caracterizada respectivamente pela grande quantidade de muscovita na sua composição e por cristais de granada. Apresenta estrutura bandada/foliada bem proeminente, paralelizada a subparalelizada ao bandamento composicional.

A rocha é composta essencialmente por quartzo (65-70%) e muscovita (25-30%), apresentando como mineralogia acessória magnetita (2%), rutilo (1%), microclínio (tr), turmalina (tr), ilmenita (tr), granada (tr), zircão (tr), e plagioclásio (tr). Exibem textura granoblástica fina marcada pela predominância de quartzo com tamanho dos grãos variando entre 0,1 e 0,8 mm. Uma discreta textura granolepidoblástica é observada localmente, caracterizada por níveis enriquecidos em muscovita e minerais opacos estirados principalmente magnetita + rutilo em uma direção preferencial.

Quanto à alteração, observa-se uma transformação marcada pela substituição parcial e completa respectivamente de granada e de muscovita por minerais opacos (magnetita+rutilo). Essa substituição é bem caracterizada nos níveis enriquecidos em minerais opacos. Outra substituição

bem marcada é a textura de exsolução entre magnetita e a titano-magnetita, magnetita e o rutilo e de magnetita com flanges de ilmenita.

A deformação na rocha é marcada pelo alinhamento das palhetas de muscovita em uma direção, às vezes com desenvolvimento de mica-*fish*, alongamento dos grãos de minerais opacos, extinção ondulante e textura poligonizada dos grãos de quartzo. O estado microfissural é caracterizado localmente por planos de fraquezas com conseqüente planos de fraturamento resultantes de esforços a que essas rochas foram submetidas, sendo observado em grau incipiente em alguns grãos de quartzo. No geral os grãos dos minerais na rocha apresentam-se quase que completamente sem fraturamento.

O quartzo apresenta-se como cristais xenomórficos com tamanho variando entre 0,1 e 0,3 mm, contatos retos, mistos, lobulares e serrilhados, predominando os mistos. Exibe extinção ondulante, grãos alongados e outros fraturados.

A muscovita encontra-se sob a forma de palhetas hipidiomórficas com tamanho variando entre 0,1 e 0,8 mm. Localmente as palhetas maiores tendem a formar mica-*fish* e observa-se ainda substituição de muscovita por minerais opacos.

A mineralogia acessória é representada por minerais opacos (magnetita+rutilo+ilmenita) sob a forma de cristais xenomórficos a hipidiomórficos (tamanho entre 0,1 e 0,2 mm), normalmente associados a níveis bem marcados de muscovitas e ocorrem tanto dispersos como também, em níveis orientados segundo a foliação principal. Ocorrem ainda granadas esqueléticas (tamanho 0,1mm) com caráter tardi-tectônico a foliação principal com formas amebóides principalmente associadas aos minerais opacos (magnetita + rutilo).

#### **Quartzito Carrancas (muscovita quartzito verde)**

O quartzito Carrancas ocorre como camadas muito finas dentro do pacote quartzítico da região de Luminárias condicionado às zonas de maior recristalização metamórfica e de níveis sedimentares de granulometria distinta.

A rocha possui coloração esverdeada a cinza-esverdeada caracterizada pela grande quantidade de muscovita, além de pequenas manchas avermelhadas no plano da foliação que evidencia a presença de pequenos grãos de granada. A estrutura foliada/laminada apresenta espessura milimétrica, caracterizando um bandamento metamórfico paralelo ao bandamento composicional.

A rocha é composta por quartzo (80-85%) e muscovita (15-20%) e apresenta como mineralogia

acessória magnetita (1%), rutilo (<1%), turmalina (tr), zircão (tr), granada (tr) e plagioclásio (tr). Exibe textura média-fina, às vezes granolepidoblástica marcada pela predominância de quartzo à lepidogranoblástica caracterizada pela predominância de muscovita. Cristais de granada com caráter sin- a tardi-tectônico desvia a foliação principal representada principalmente por muscovita.

A mineralogia apresenta um grau de transformação bem proeminente, sendo que a principal transformação é a substituição parcial e completa de granada e de muscovita por minerais opacos (magnetita + rutilo). Essa substituição é mais bem caracterizada nas faixas onde ocorre predominância de magnetita + rutilo. Outra substituição bem marcada é a exsolução entre magnetita e a titano-magnetita e a titano-magnetita e o rutilo. A deformação na rocha é marcada pelo alinhamento das palhetas de muscovita em uma direção, às vezes com desenvolvimento de mica-*fish*, estiramento dos grãos de minerais opacos, extinção ondulante e textura poligonizada dos grãos de quartzo. A rocha apresenta-se bastante coesa com os grãos minerais evidenciando um padrão de fraturamento incipiente (grãos de quartzo e opacos).

O quartzo apresenta-se sob a forma de cristais xenomórficos a hipidiomórficos com tamanhos variando entre 0,1 e 0,9 mm, exibindo extinção ondulante e contornos retos, lobulares, mistos e serrilhados, predominando os retos. Poucos grãos encontram-se fraturados e recristalizados/recuperados.

A muscovita está disposta em palhetas de até 2,0 mm, com forma hipidiomórfica, dispersa na rocha e em níveis de espessura milimétrica constituindo agregados (mica-*fish*). A granada ocorre com formas hipidiomórficas a xenomórficas (esqueletais), com tamanhos médios de 0,3 mm, comumente desviando a foliação principal (caráter sin- a tardi-tectônico). A turmalina, magnetita e o rutilo ocorrem isolados ou às vezes alongados na direção das muscovitas.

### CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA

Os estudos físico-mecânicos foram realizados nos seis tipos texturais de quartzitos procedentes do Centro Produtor de São Thomé das Letras no Laboratório de Rochas Ornamentais do DPM/ ICGE/ UNESP. As características tecnológicas das rochas foram obtidas a partir de análises e ensaios executados, segundo procedimentos, normatizados por entidades nacionais (*Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT*), ou estrangeiras (*American Society for Testing and Material- ASTM*; - *Deustches institut für Normung- DIN*; *Association Française de Normalization- AFNOR*).

### Quartzito Carranquinha (muscovita quartzito verde)

O quartzito Carranquinha aflora nas porções mais superficiais das frentes de lavra na região de Luminárias, relacionado às zonas de maior deformação, constituindo camadas com espessura nunca superior a 3 metros.

A rocha apresenta uma coloração cinza a cinza-esverdeada clara, estrutura foliada/laminada marcada por um bandamento metamórfico paralelo a subparalelo ao bandamento composicional. É composta essencialmente por quartzo (75-80%) e muscovita (20-25%), turmalina (tr), zircão (tr) e magnetita (< 1%). Apresenta textura granolepidoblástica muito fina com tamanho dos grãos variando entre 0,1 e 0,3 mm, evidenciada por níveis enriquecidos em muscovita alternados com níveis quartzosos.

A rocha não apresenta nenhuma transformação mineralógica evidente. A deformação é caracterizada pela orientação proeminente em uma direção das palhetas de muscovita, extinção ondulante e contornos poligonizados dos grãos de quartzo e alongamento de grãos de magnetita segundo a direção das muscovitas.

A rocha apresenta-se bastante coesa com os grãos minerais evidenciando um padrão de fraturamento significativo, marcado pela presença de fraturas intragranular principalmente nos grãos de quartzo e de magnetita.

O quartzo encontra-se sob a forma de grãos xenomórficos com tamanho entre 0,1 e 0,3 mm, exibindo extinção ondulante e contornos retos, serrilhados, lobulares e mistos. Os contatos lobulares e retos predominam sobre os demais. Poucos grãos encontram-se fraturados e recristalizados/recuperados.

A muscovita está disposta em palhetas hipidiomórficas de até 0,3 mm, dispersa na rocha entre os grãos de quartzo e formando delgados níveis milimétricos. Verifica-se a presença de magnetita e zircão dispersos na matriz da rocha.

As interpretações dos resultados dos ensaios tecnológicos, em termos da qualificação dos materiais, apresentam-se com os resultados obtidos na sua maioria, inicialmente a partir de placas com a superfície bruta e posteriormente polidas a partir da solicitação específica do ensaio e baseiam-se na análise comparativa dos dados contidos na literatura principalmente com os únicos valores limítrofes normalizados para rochas quartzíticas, mas definidos para rochas quartzíticas maciças pela norma C 616 (ASTM, 1989) (Tabela 1). Para a obtenção dos dados petrográficos levou-se em consideração a norma NBR

12768 (ABNT 1992b), os quais foram utilizados na caracterização e definição dos valores dos ensaios tecnológicos. Os valores médios obtidos dos ensaios

físico-mecânicos das variedades dos quartzitos do Centro Produtor de São Thomé das Letras encontram-se sumarizados na (Tabela 2).

TABELA 1. Valores limítrofes especificados pela Norma C 616 (ASTM, 1989).

Propriedades	Valores Fixados - ASTM (C 616 - 1989)
Massa Específica Aparente	$\geq 2.560 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$
Porosidade Aparente	n.e
Absorção D'água	$\leq 1,0 \text{ (}\%\text{)}$
Velocidade de Propagação de Ondas	n.e
Dilatação Térmica Linear	n.e
Desgaste Amsler	n.e
Compressão Uniaxial	$\geq 137,9 \text{ (MPa)}$
Flexão 3 pontos -Módulo de Ruptura	$\geq 13,9 \text{ (MPa)}$
Módulo de Deformabilidade Estático	n.e
Impacto de Corpo Duro	n.e

TABELA 2. Valores médios dos ensaios de caracterização tecnológica dos quartzitos do Centro Produtor de São Thomé das Letras.

Ensaio Tecnológico		Branco Br	Amarelo Am	Róseo Ro	Luminária Lu	Carranca Ca	Carranquinha Cq
Massa Específica Ap. Seca (ABNT - NBR 12.766/92)	(Kg/m <sup>3</sup> )	2.640	2.620	2.570	2.630	2.630	2.650
Massa Esp. Ap. Saturada (ABNT-NBR 12.766/92)	(Kg/m <sup>3</sup> )	2.640	2.630	2.600	2.650	2.650	2.660
Porosidade Aparente (ABNT - NBR 12.766/92);	(%)	0,5	0,9	2,5	1,2	1,9	0,8
Absorção D'água (ABNT - NBR 12.766/92);	(%)	0,2	0,4	1,0	0,5	0,7	0,3
Ensaio de Flexão dos Quatro Pontos (ASTM - C 880)	(MPa)	11,29	14,61	8,37	18,44	10,53	7,52
Velocidade Prop. Ondas Ultra-sônicas (ASTM-D 2845)	(m/s)	2.753	3.272	2.495	4.725	4.763	3.059
Desgaste Amsler (ABNT - NBR 12.042/92)	mm	1,10	1,20	2,08	2,32	3,01	2,04
Impacto de Corpo Duro (ABNT - NBR 12.764)	m	0,72	0,67	0,70	0,69	0,95	0,46
Microdureza <i>Knoop</i>	(MPa)	6.014	7.012	6.440	5.799	6.598	5.138

Os resultados de índices físicos segundo a norma NBR 12766 (ABNT, 1992), relativo à propriedade de *Massa Específica Aparente Seca* (Figura 2A) apresentam-se variando de 2.570 a 2.660 Kg/m<sup>3</sup>, com uma concentração maior dos valores no intervalo de 2.650 Kg/m<sup>3</sup>. A norma C 616 (ASTM, 1989) para rochas quartzíticas estabelece que os quartzitos para serem utilizados como revestimentos de exteriores, devem apresentar densidade ou massa específica aparente mínima de 2.560 Kg/m<sup>3</sup>, indicando que todos os materiais analisados apresentam valores superiores ao limite especificado pela norma.

Quanto aos índices físicos referentes à

propriedade de *Porosidade Aparente* (Figura 2B) os quartzitos analisados apresentam valores variando de 0,5 a 2,5 %, com uma concentração maior no intervalo de 0,8 a 1,0 % e em relação à propriedade de *Absorção d'água* (Figura 2C) as seis variedades estudadas encontram-se dentro do limite especificado, que é de Absorção d'água  $\leq 1,0$ . Estes resultados estão condicionados à granulação, composição e ao tipo de contato entre os grãos minerais.

A análise dos resultados, visualizados nas (Figura 2B e 2C), indica que o quartzito São Thomé Róseo apresenta os maiores índices de porosidade e absorção d'água, seguido de perto pelas variedades Carrancas

e Luminárias. Os materiais quartzitos São Thomé Branco e Amarelo e quartzito Carranquinha são os que apresentam os menores valores, sendo que a variedade Branca representa o de melhor qualidade nestes itens.

As variedades Branca, Amarela e Carranquinha apresentam valores de porosidade e absorção d'água menores. De acordo com as categorias de porosidade propostas por (Spray 1989), as três variedades mencionadas se classificariam na categoria (muito pouco porosa, com a porosidade no intervalo de 0,2 e 1,0 %). Estes resultados estão relacionados às granulações fina e muito fina respectivamente.

Sendo assim, os tipos Luminárias e Carrancas apresentam valores mais altos para porosidade e absorção d'água, mostrando que existe uma direta correlação com a composição mineralógica (ambos apresentam teores significativos de muscovita) e a granulação média-fina apresentada pela variedade Carrancas. Segundo a classificação de (Spray, 1989), essas variedades se enquadrariam entre (pouco porosa e semi-porosa, com a porosidade no intervalo de 0,2 e 2,0 %).

A Figura 3A apresenta a relação direta existente entre os valores obtidos da porosidade aparente *versus* absorção d'água e portanto quanto mais poroso os valores obtidos dos subtipos maior será sua capacidade de absorção d'água. Para o quartzito São Thomé Róseo verifica-se um acréscimo dos valores destas propriedades obtidos da variedade Branca para o Róseo, razão do seu aspecto mais friável, definido pelo posicionamento destas variedades nas partes mais externas da jazida, onde ocorre intenso micro fraturamento com espaçamento centimétrico, aliado a uma maior ação intempérica dessas rochas. Para os quartzitos Luminárias a relação de acréscimo destas propriedades está diretamente controlada pela presença marcante de muscovita.

Quanto aos aspectos das características físico-mecânicas das rochas analisadas, observa-se nos resultados da determinação de *Resistência à Flexão 4 pontos* (Figura 2D) segundo as normas C880 (ASTM, 1980), que os diferentes tipos de quartzitos mostram valores diretamente dependentes das relações texturais, composicionais e estruturais exibidas pelos materiais rochosos.

Entre os tipos de quartzitos São Thomé a variedade Amarela apresenta valores melhores de resistência à flexão dos quatro pontos, como composicionalmente são bastante semelhantes, esses valores estão atribuídos principalmente à granulação mais fina, às relações de contato entre os grãos de quartzo e localmente na amostra e menor valores de microfraturamentos. A variedade São Thomé Róseo apresenta os menores valores, apesar de exibir uma

granulação muito fina, apresenta elevados valores com relação à porosidade aparente (%), conseqüentemente menor resistência a esforços mecânicos (Figura 3B).

Entre os tipos de quartzito Luminárias, os diferentes resultados obtidos encontram-se diretamente vinculados, à granulação da rocha e à quantidade e presença da muscovita e a sua distribuição homogênea ou sua concentração gerando feições lepdoblásticas, que impõe aos materiais rochosos, valores menores ou maiores de ruptura. Observa-se que a variedade Luminária corresponde ao tipo mais resistente (18,4 MPa), sendo representada por um material de granulação fina e valores mais elevados de muscovita de dimensões proporcionais e conseqüentemente determina ao material um melhor entrelaçamento mineral. Com relação à baixa resistência mecânica apresentada pela variedade Carranquinha, observa-se, que mesmo apresentando granulação muito fina, apresenta valores elevados de porosidade (Figura 3B), estes valores menores de resistência estão condicionados entre os tipos Luminárias, por uma elevação das porcentagens de quartzo, além da porcentagem de contatos retos e microfraturas intergranulares que esta variedade apresenta, não exibindo um bom entrelaçamento mineral.

Os resultados obtidos dos ensaios físico-mecânicos de determinação da resistência ao *Desgaste Abrasivo Amsler* realizados segundo a norma NBR 12042 (ABNT, 1992), estão representados na (Figura 2E). Evidenciam claramente como o fator principal de controle, os teores mais elevados de quartzo e as dimensões menores dos grãos presente na rocha e a sua maior resistência ao desgaste abrasivo. Assim, os quartzitos de coloração esverdeada que apresentam teores mais elevados de muscovita em sua composição mineralógica e conseqüentemente teores mais baixos de quartzo, além de uma granulação média, apresentam os mais elevados valores de desgaste abrasivo entre os quartzitos ensaiados.

Dentre os quartzitos estudados, os tipos São Thomé Branco e Amarelo (Figura 3C) são os que apresentam maior resistência ao desgaste abrasivo (1,1 mm e 1,2 respectivamente), relacionado diretamente aos teores de quartzo (em torno de 95%) e granulação fina dessas rochas. Entretanto, o tipo Róseo, apesar de apresentar uma granulação muito fina e teor elevado de quartzo, apresentou uma menor resistência ao desgaste abrasivo (2,0 mm), explicado pelo seu aspecto mais friável e pela maior quantidade de minerais opacos neste litotipo, quando comparado às variedades Branco e Amarelo.

Por outro lado, os quartzitos Luminárias apresentaram menor resistência ao desgaste abrasivo *Amsler*, neste caso, atribuído aos elevados teores de

muscovita na composição mineralógica dessas variedades (Figura 3C). Quanto aos maiores valores de desgaste apresentados no tipo Carrancas é razão direta da granulação média e os teores mais significativos de minerais opacos.

Os ensaios físico-mecânicos quanto às determinações da *Resistência ao Impacto* (Figura 2F) segundo a norma NBR 12764 (ABNT, 1992), apresentam relação principalmente com a granulação da rocha, microfissuramento mineral, teor de muscovita e presença de estrutura planar (foliação metamórfica).

Com base nesses fatores, o quartzito Carrancas caracterizado por uma granulação média-fina em relação às outras variedades, corresponde ao material mais resistente ao fraturamento por impacto (95 cm), explicado neste caso, pela espessura das placas (em torno de 3,0 a 3,5 cm) utilizadas no ensaio. As variedades Branca, Amarela, Rósea e Luminárias mostram valores intermediários e semelhantes apresentando bons valores aos ensaios de resistência de ruptura ao impacto (72, 67, 70 e 69 cm respectivamente). Esses resultados estão correlacionados à granulação fina da rocha, grau de microfissuramento mineral e bom entrelaçamento entre os grãos. A variedade Carranquinha caracterizada pela estrutura bem foliada e espessuras muito finas das placas, em torno de 1,0 cm, aliada ao elevado grau de microfissuramento da rocha, representa dentre as demais variedades de quartzitos estudados a menor resistência ao impacto de corpo duro (46 cm).

Quanto às características físico-mecânicas (resistência à flexão quatro pontos, desgaste abrasivo e impacto de corpo duro) as variedades Branco e Amarelo apresentam as melhores qualidades físico-mecânicas, fornecendo excelentes índices no tocante a resistência à flexão (11,29 e 14,61 MPa), impacto (72 e 67 cm) e desgaste abrasivo (1,1 e 1,2 mm). Por outro lado, as variedades Luminárias e Carrancas, apesar de exibirem excelentes valores de resistências à flexão (18,4 e 10,5 MPa) e ao impacto (69 e 95 cm), apresentam menores resistências ao desgaste (2,3 e 3,0 mm), condicionadas pela maior quantidade de muscovita em sua composição mineralógica, granulação da rocha, teor de minerais opacos e grau de microfissuramento. Por outro lado, os quartzitos São Thomé Róseo e Carranquinha fornecem as menores resistências, reflexo de suas características mineralógicas e estruturais.

O teste de *Pulso Ultra-sônico* segundo a norma D 2845 (ASTM, 1990) permite calcular o valor da Velocidade de Propagação de Ondas Longitudinais (VPO) cujos resultados estão representados na Figura 2G. Estes valores de velocidades estão diretamente relacionados com as características petrográficas

exibidas pelos diferentes litotipos, relação direta com a granulação da rocha, entrelaçamento mineral, grau de anisotropia do material rochoso e microfissuras.

O quartzito Carrancas que corresponde a um material com granulação média, é o que fornece a maior velocidade de propagação das ondas (4,763 m/s), seguido de perto pelo quartzito Luminárias (4,725 m/s). Esses valores são explicados pelo fato desses litotipos mostrarem um bom entrelaçamento mineral. As variedades São Thomé Amarelo e quartzito Carranquinha apresentam valores intermediários (3,272 m/s e 3,059 m/s respectivamente). Esses valores são interpretados como reflexo da granulação muito fina (quartzito Carranquinha) e fina (quartzito Amarelo), assim como, um bom entrelaçamento mineral dessas rochas. O tipo São Thomé Branco apesar de exibir granulação fina e bom entrelaçamento mineral entre os grãos de quartzo, apresenta baixa velocidade de propagação 2,753 m/s, menor que o São Thomé Amarelo, interpretado aqui, como reflexo do seu grau de microfissuramento elevado (0,8/mm<sup>2</sup>).

A Figura 3D apresenta os dados de velocidade de pulso ultra-sônico *versus* a porosidade aparente, sendo evidenciado que quanto mais poroso for o material analisado menor será a sua velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas através desse corpo. Desta forma, as variedades de quartzitos São Thomé Róseo e Carranquinha, respectivamente, com porosidade aparente de 2,5 % e 2,2 %, exemplificam claramente esta relação.

Os valores referentes à resistência à flexão quatro pontos *versus* velocidade do pulso ultra-sônico encontram-se expressos na Figura 3E e apresentam uma correlação direta, quanto maior for a resistência do material aos esforços, maior serão os valores de velocidade de propagação de ondas. Esses resultados mostram-se perfeitamente coerentes em relação à resistência físico-mecânica e as respectivas características mineralógicas e petrográficas apresentadas pelos litotipos.

Os valores fornecidos de velocidade de propagação das ondas mostram boa coerência com as características petrográficas dos diferentes tipos de quartzitos analisados. Assim, os tipos Carrancas (4,763 m/s) e Luminárias (4,725 m/s) que correspondem a materiais com bom entrelaçamento mineral e maior resistência à flexão, apresentam os maiores valores de velocidade de propagação de ondas, permitindo avaliar as condições de sanidade e anisotropia da rocha.

Os resultados obtidos para *Microdureza Knoop* sumarizados na (Figura 2H), apresentam para os quartzitos Luminárias (5.799 MPa) e Carranquinha (5.138 MPa), valores menores quando comparados aos valores encontrados, para o quartzito Branco (6.014

MPa), Amarelo (7.012) e Róseo (6.440). Desta forma, as variedades que apresentam uma quantidade maior de minerais micáceos (muscovita) na sua composição modal (Luminárias e Carranquinha) possuem valores de Microdureza *Knoop* inferiores as variedades mais enriquecidas em quartzo e quase que totalmente desprovidas de muscovitas (Amarelo, Róseo e Branco), com exceção da variedade Carrancas que apresenta valores de microdureza *Knoop* de 6.598 MPa.

Quando relacionamos a Microdureza *Knoop* versus o índice de quartzo nas diferentes variedades de quartzitos, observamos que, os valores mais elevados da microdureza são coincidentes com os tipos mais enriquecidos em quartzo (Branco, Amarelo, Róseo) e apresentam também controle no tipo Luminárias evidenciando valores maiores para a variedade Carrancas em razão do acréscimo de quartzo (Figura 3F).

Quanto aos testes de *resistência ao ataque químico* foram realizados em cinco variedades de quartzitos (Branco, Amarelo, Carrancas, Carranquinha e Luminárias), segundo as diretrizes da norma NBR 13.818 (Anexo H) (ABNT, 1997), sendo utilizados os seguintes agentes agressivos (HCl- solução de ácido clorídrico a 3%; KOH- solução de hidróxido de potássio 30 g/l; NaClO- solução de hipoclorito de sódio 20 m/l; NH<sub>4</sub>Cl- solução de cloreto de amônia 100 g/l e Ácido Cítrico- solução a 100 g/l) e mostram que as cinco variedades ensaiadas fornecem desempenho satisfatório com efeitos não visíveis para quase todos

os ácidos utilizados. Esses resultados estão condicionados, principalmente, a composição mineralógica (quartzo > 80 %).

No que se refere à *resistência ao manchamento* foram realizados em cinco variedades de quartzitos (Branco, Amarelo, Carrancas, Carranquinha e Luminárias), segundo a norma NBR 13818 (Anexo G) (ABNT, 1997), sendo aplicados em superfícies naturais os agentes manchantes do tipo óxido de cromo (verde), óxido de cromo (vermelho), iodo e azeite de oliva. Também foram usados produtos de limpeza, representados por produtos de limpeza com concentração baixa (detergentes) e produtos de limpeza com concentração forte (sapólio - material abrasivo).

Os resultados não revelaram um desempenho satisfatório, já que foram observadas presenças de manchas na superfície das placas das cinco variedades. Com relação aos agentes manchantes iodo e azeite todas as variedades ensaiadas enquadram-se na Classe 1 (impossibilidade de remoção de mancha), enquanto para o agente Cr/Fe as variedades enquadram-se na Classe 1, 2 e 3 (possibilidade de remoção de manchas, conforme o agente aplicado e o produto de limpeza utilizado). Esses resultados estão relacionados, principalmente, aos elevados valores de porosidade dessas rochas, a coloração clara que realça o contraste produzido por diferentes formas de manchamento e a presença de minerais opacos que em presença de fluidos oxidam provocando manchas amareladas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os quartzitos da região de São Thomé das Letras apresentam características mineralógicas variando no intervalo de 90 a 95 % de quartzo e 5 a 10 % de muscovita. São rochas de coloração clara que possuem cores variando em tons de branco, amarelo e róseo e exibem estrutura foliada/laminada bem marcada, paralela a subparalela ao bandamento composicional.

Os quartzitos da região de Luminárias caracterizam-se por apresentarem coloração esverdeada com presença de manchas avermelhadas, uma variação mineralógica maior de 65 a 85% de quartzo e muscovita (20 a 25 %), variação da granulção Carrancas (média- fina), Luminárias (fina) e Carranquinha (muito fina) e estrutura foliada/laminada proeminente.

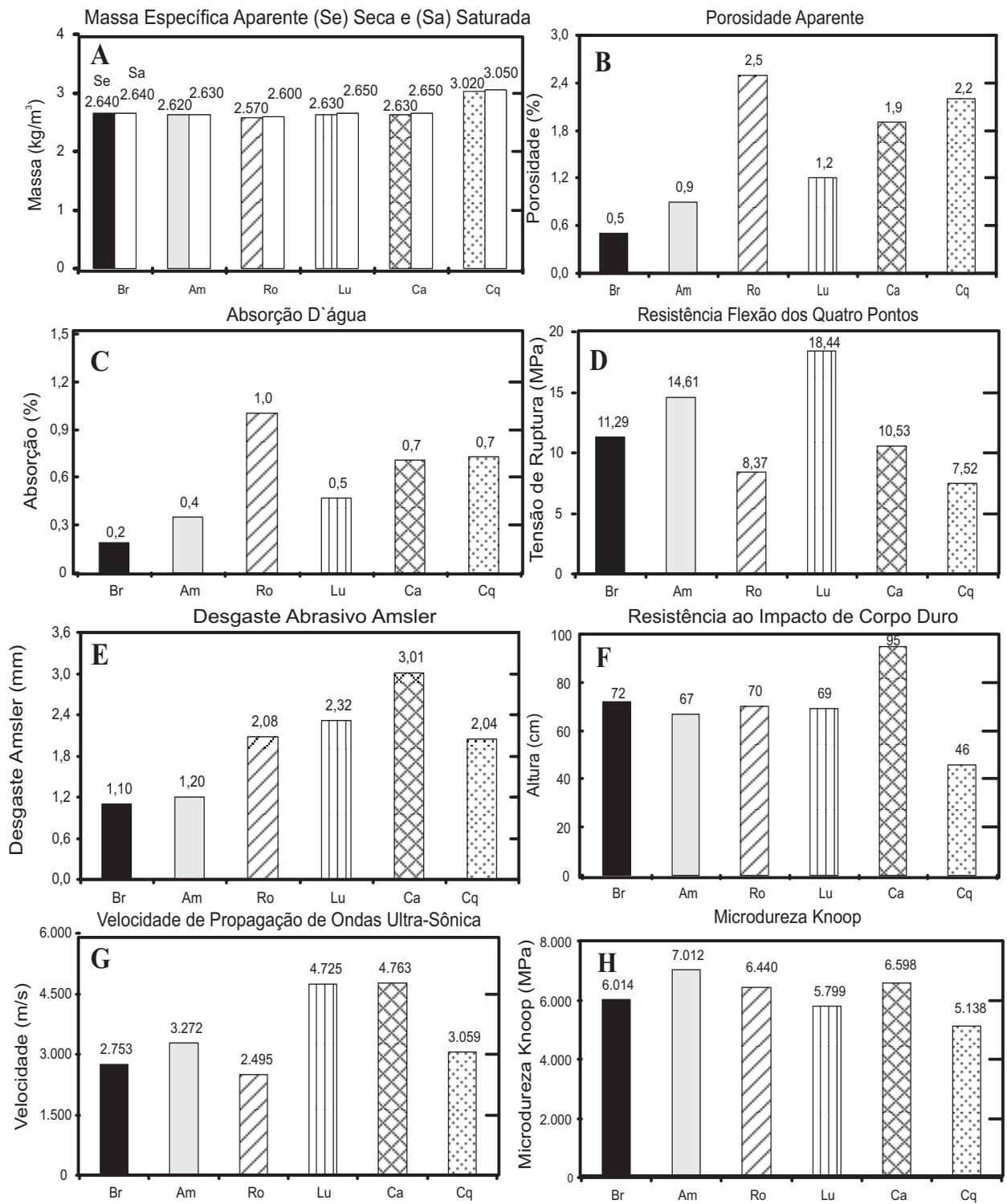
Quanto à caracterização física os quartzitos estudados apresentaram bons resultados para a propriedade de massa específica aparente com valores acima do limite especificado pela norma C 616 (ASTM, 1989) que é de 2.560 Kg/m<sup>3</sup>. Com relação às propriedades de absorção d'água os litotipos estudados apresentaram valores dentro do limite especificado pela

norma ASTM C 616 (1989) que é absorção £ 1,0.

Os altos valores apresentados por esses litotipos para as propriedades de porosidade aparente e a absorção d'água recomendam os seus uso em ambientes internos, com exceção das variedades de quartzitos São Thomé Branco e Amarelo que apresentam valores dentro dos limites especificados, sendo recomendadas quanto à utilização tanto em ambientes internos e externos.

Os testes de Resistência ao Desgaste Abrasivo *Amsler* demonstraram valores muito elevados, não se recomendando a aplicação desses quartzitos como revestimento em áreas de tráfego mais intenso. Os valores obtidos para a Resistência ao Impacto de Corpo Duro mostraram valores significativos, indicando que, esses quartzitos possuem boa resistência ao impacto.

Quanto às características físico-mecânicas (resistência à flexão e resistência ao impacto) a maioria das variedades apresentou boa resistência, com exceção das variedades Rósea e Carranquinha. Por outro lado os elevados valores fornecidos para a resistência ao desgaste limitam o uso dessas rochas a



**FIGURA 2.** Ensaio tecnológicos dos quartzitos São Thomé das Letras tipo (Br) branco; (Am) amarelo; (Ro) róseo e Luminárias tipo (Lu) Luminária; (Ca) Carranca; e (Cq) Carranquinha.

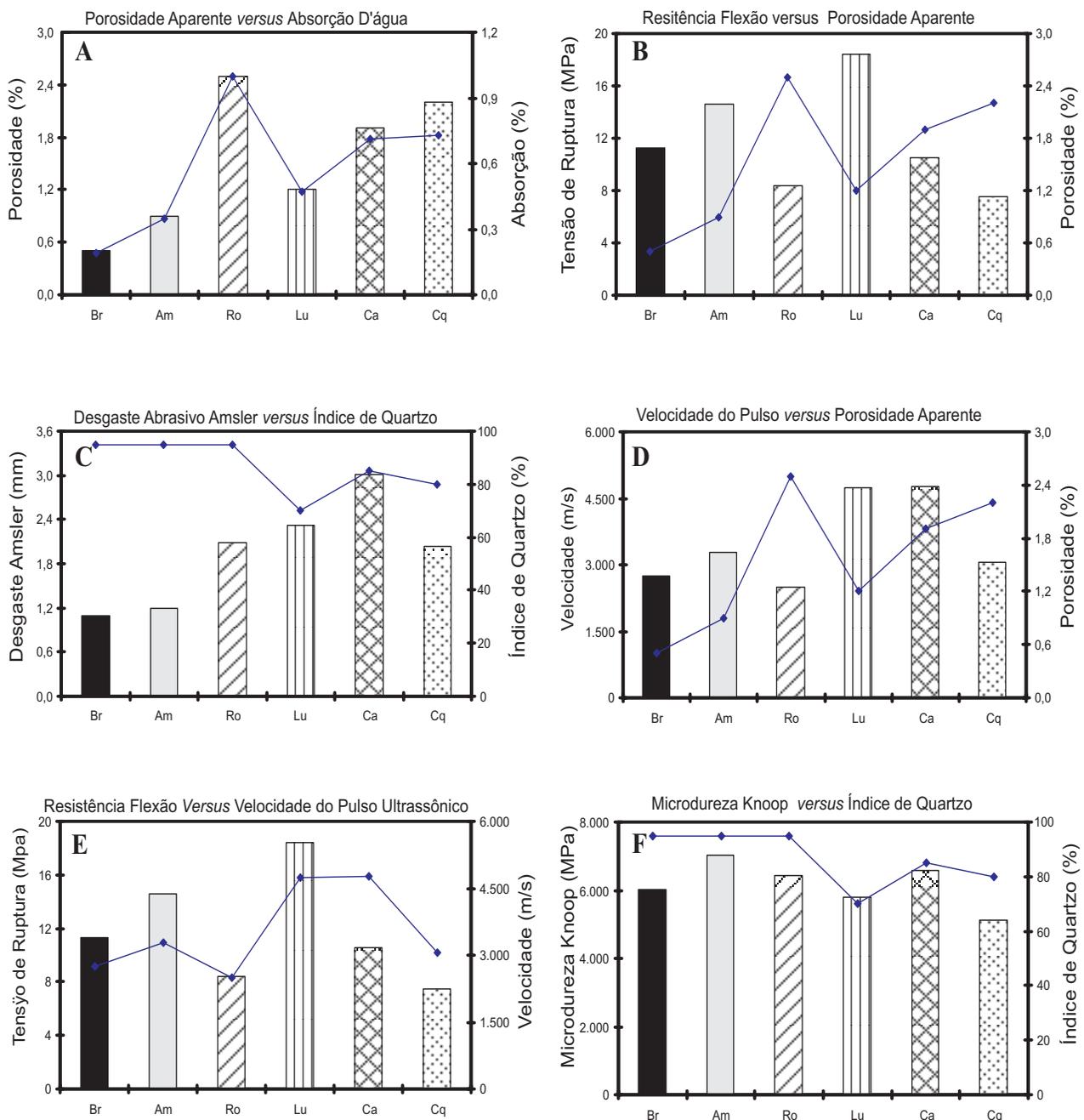


FIGURA 3. Correlação dos Ensaios Tecnológicos dos Quartzitos de São Thomé das Letras.

ambientes com tráfego leve.

Com relação à Resistência ao Ataque Químico os resultados mostraram desempenho satisfatório com efeitos não visíveis para quase todos os ácidos utilizados. No que se refere à Resistência ao Manchar os resultados não revelaram um desempenho satisfatório a este teste com geração de mancha na sua superfície.

Como rochas que apresentam algumas características específicas próprias, tais como, o seu padrão estético e o da partição em planos com superfície antiderrapantes e *homeotermos*, os quartzitos estudados são muito utilizados como revestimento

externo, já que o maior grau de porosidade e absorção d'água evita a acumulação de água facilitando a drenagem de pisos externos.

As características físico-mecânicas apresentadas para os diferentes tipos de quartzitos do Centro Produtor de São Thomé das Letras, permitem avaliar às variedades Branco e Amarelo como apresentando as melhores qualidades sendo, portanto, recomendado o uso desses litotipos tanto em ambientes externos como internos. Os tipos São Thomé Róseo e Carranquinha não apresentam bom desempenho, principalmente, com relação às propriedades de porosidade, resistência à flexão e desgaste abrasivo, limitando o seu uso apenas

em ambientes externos de pouco tráfego. Por outro lado às variedades Luminárias e Carrancas, apesar de apresentarem boa resistência à esforços fletores e ao

impacto, fica limitado seu uso em ambientes interiores, devido ao seu elevado índice de absorção d'água e baixa resistência ao desgaste abrasivo *Amsler*.

**Agradecimentos:** Ao apoio CNPq proc. n.º: 5032307/1999.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **Rochas para revestimento. Análise petrográfica.** Norma ABNT-NBR 12.768, 1992, p2.
2. ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Rochas para revestimento. Determinação da massa específica aparente, porosidade aparente e absorção d'água aparente.** Norma ABNT-NBR 12.766, 1992, p2.
3. ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Materiais inorgânicos. Determinação do desgaste por abrasão.** Norma ABNT-NBR 12.042, 1992, p3.
4. ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Rochas para revestimento. Determinação da resistência ao impacto de corpo duro.** Norma ABNT-NBR 12.764, 1992, 2p.
5. ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **Rochas para revestimento. Determinação da resistência ao ataque químico.** ABNT-NBR 13.818, An. H, 1997, 3p.
6. ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Rochas para revestimento. Determinação da resistência ao Manchamento.** ABNT-NBR 13.818, An. G, 1997, 3p.
7. ALMEIDA, F.F. M. & HASUI, Y. **O Pré-Cambriano do Brasil.** São Paulo, Edgar Blücher Ltda, 1984, 338 p.
8. ALMEIDA, J. C. H. **Mapeamento geológico da Folha Luminárias - MG (1:50.000), com ênfase na análise estrutural dos metassedimentos do Ciclo Depositional Andrelândia.** Rio de Janeiro, 1992. 102p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
9. ANDREIS, R. R.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F. V. P. Observações preliminares em seqüências siliciclásticas da Formação Tiradentes (Grupo São João Del Rei) nas áreas das Serras do Lenheiro e São José, MG. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 4, 1987, Belo-Horizonte. **Anais...**Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, 1987, p.214-225.
10. ASTM-AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard Specification for Dimensional Quartzite for SiO<sub>2</sub> > 95 %: Ab < 01% - ASTM-1989, C 616.**
11. ASTM-AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard Test Method for Flexural Strength of Dimensional Stone-ASTM- C 880, 1980.**
12. ASTM-AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard Test Method for Laboratory Determination of Pulse Velocities and Ultrasonic Elastic Constants of Rock.** Philadelphia, USA-ASTM - 1990, D 2845.
13. CHIODI FILHO, C. **Aspectos técnicos e econômicos do setor de rochas ornamentais.** Rio de Janeiro: CNPq/CETEM, 1995. Série de estudos e documentos, 1995, 75p.
14. CHIODI FILHO, C. **Perfil técnico-econômico do setor de rochas ornamentais e de revestimento no Estado de Minas Gerais.** Relatório Técnico apresentado ao sistema FIEMG, Belo Horizonte, 1997, 20 p.
15. CHIODI FILHO, C. A Exploração da Pedra São Thomé conquista grande destaque econômico. **Rochas de Qualidade**, v. 165, n. (7/8). EMC – Editores Associados Ltda., São Paulo, p. 162-168, 2001.
16. EBERT, H. A estrutura pré-cambriana do Sudeste de Minas Gerais e áreas adjacentes. **Boletim Paranaense de Geociências**, v.26, p. 42-45, 1967.
17. EBERT, H. Os Paraíbides e Araxaídes entre São João Del Rei e Itapira, Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, 1971, São Paulo. **Resumo...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1971, v. 25, p. 177-178.
18. EBERT, H. **Tectônica do Pré-Cambriano (São João del Rei).** In: Relatório Anual do Diretor ano 1955, DGM, Rio de Janeiro, 1956, p. 69-81.
19. FONSECA, M.J.G. **Folhas Rio de Janeiro (SF-23), Vitória (SG-24) e Iguape (SG-23).** Brasília: Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Brasília, DNPM, 1979, 240 p.
20. MACHADO FILHO, L.; RIBEIRO, M.W.; GONZALES, S.R.;SCHENINI, C.A.; NETO, A.S.; PALMEIRA, R.C.B.; PIRES, J.L.; TEIXEIRA, W.; CASTRO, H.E.F. Geologia. In: Brasil - Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM. **Projeto RADAMBRASIL.** Folhas (SF-23) Rio de Janeiro e (SF-24) Vitória, Rio de Janeiro, RJ, (Levantamento de Recursos Naturais), 1983, v. 32, 773p.
21. PACIULLO, F.V.P. **A Seqüência Depositional Andrelândia.** Rio de Janeiro, 1997. 245 p. Tese de (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
22. RIBEIRO, A., PACIULLO, F.V.P.; ANDREIS, R.R.; TROUW, R.A.J.; HEILBRON, M. Evolução policíclica proterozóica no sul do Cráton São Francisco: análise da região de São João Del Rei e Andrelândia, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36, 1990, Natal. **Anais...**Natal: Sociedade Brasileira de Geologia, 1990, v. 6, p. 2605-2614.
23. SOUZA, G.G.; SANTOS, M.R.C.; COSTA, A.G. Quartzitos da região de São Tomé das Letras: Caracterização Tecnológica e Análise Ambiental. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SULDESTE, 4, 1999, São Pedro. **Anais...** São Pedro: Sociedade Brasileira de Geologia, 1999, p.155.
24. SPRAY, A. Stone Testing: general. In: Stone in Modern Building: State of the Art. **Seminar for the building industry.** Sidney: 1989, p.45-57.
25. TROUW, R.A.J.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F.V.P. Geologia estrutural dos Grupos São João Del Rei, Carrancas e Andrelândia, sul de Minas Gerais. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 55, n.1, p. 71-85, 1983.
26. TROUW, R.A.J.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F.V.P.; HEILBRON, M. Os Grupos São João del Rei, Carrancas e Andrelândia interpretados como continuação dos Grupos Araxá e Canastra. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, 1984, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, 1984, v. 2, p. 3227-3240.
27. TROUW, R.A.J.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F.V.P. Contribuição a geologia da Folha Barbacena - 1:250.000. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34, 1986, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Geologia, 1986, v. 2, p. 974-984.