

## VI. 6 - APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS - ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA

### VI.6.1 – Índices Físicos Esteatitos

Além da caracterização petrográfica, foram determinados os índices físicos para os litotipos estudados conforme apresentado nas figuras VI.8.

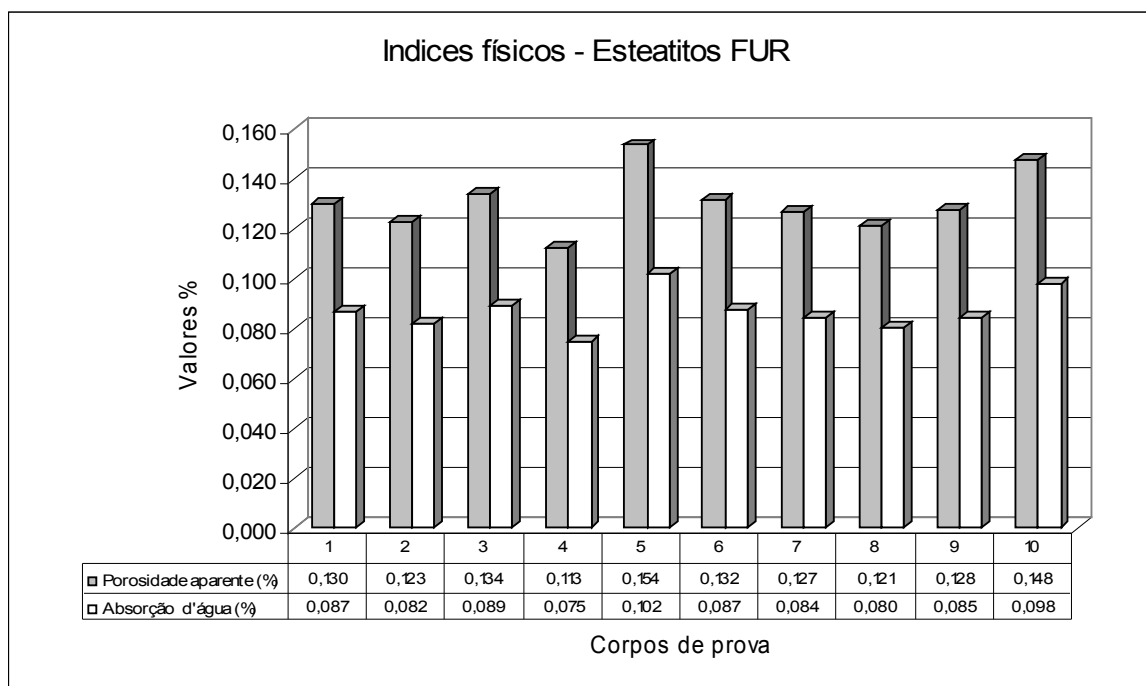
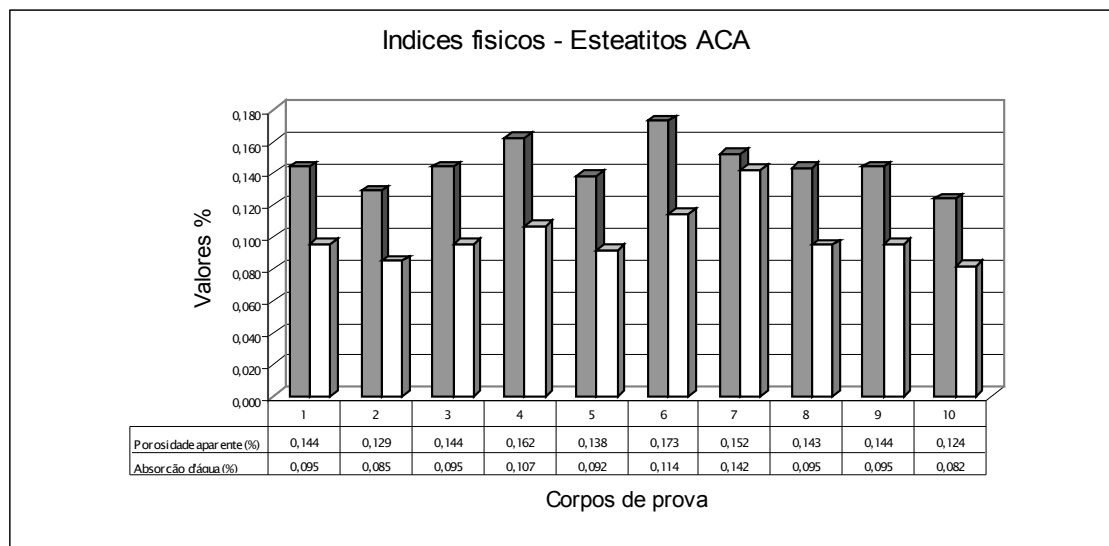


Figura VI.8: Índices Físicos de Esteatitos ACA (Acaiaca) e FUR (Furquim)

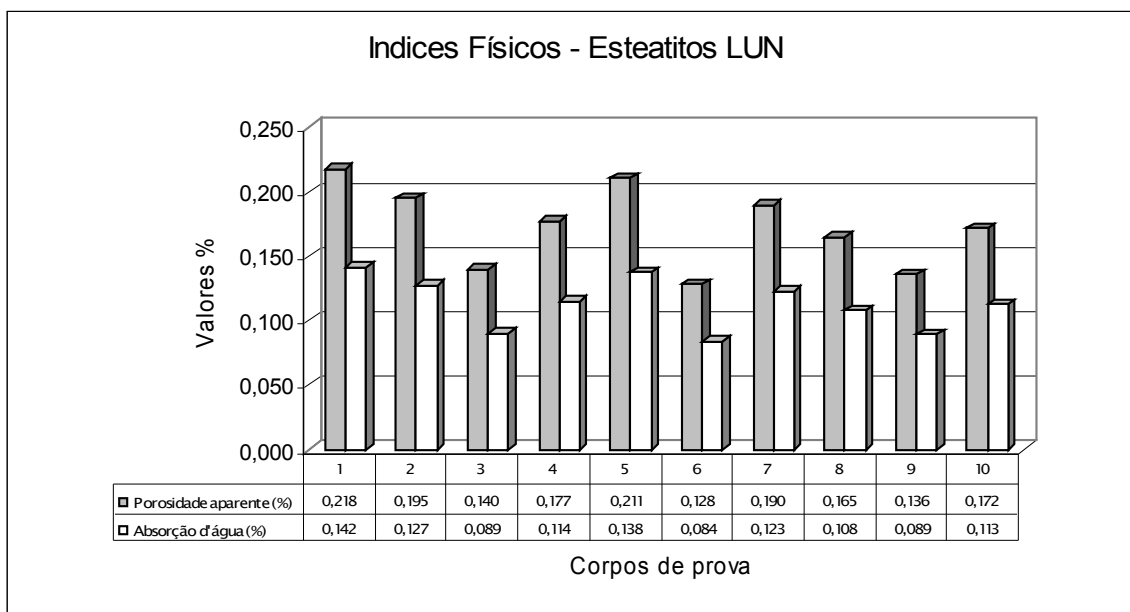


Figura VI.9: Índices Físicos de esteatito LUN (Lundes)

Nos esteatitos verificou-se que a composição mineralógica e a textura, apesar de pouco diferenciadas entre rochas de um mesmo litotipo influencia o valor dos índices físicos. Os resultados dos índices físicos mostram que os esteatitos LUN com textura granoblástica apresentam porosidade entre 0,14 e 0,07 e o ACA com textura entre nematoblástica até granonematoblástica apresenta uma porosidade média de 0,10 e o FUR, textura nematoblástica apresenta uma porosidade média de 0,09 (Figuras VI.8 e VI.9).

Para interpretação foram feitas comparações dos índices físicos obtidos nos ensaios com os valores obtidos por Maciel (2002) em esteatitos provenientes das jazidas de Santa Rita Patrimônio (SRP), Santa Rita Sancha (SRS), Acaiaca (AA) e Furquim (FF), segundo as diretrizes das normas ABNT específicas para cada ensaio no LABTEC Rochas / CPMTC / UFMG (Figura VI.10).

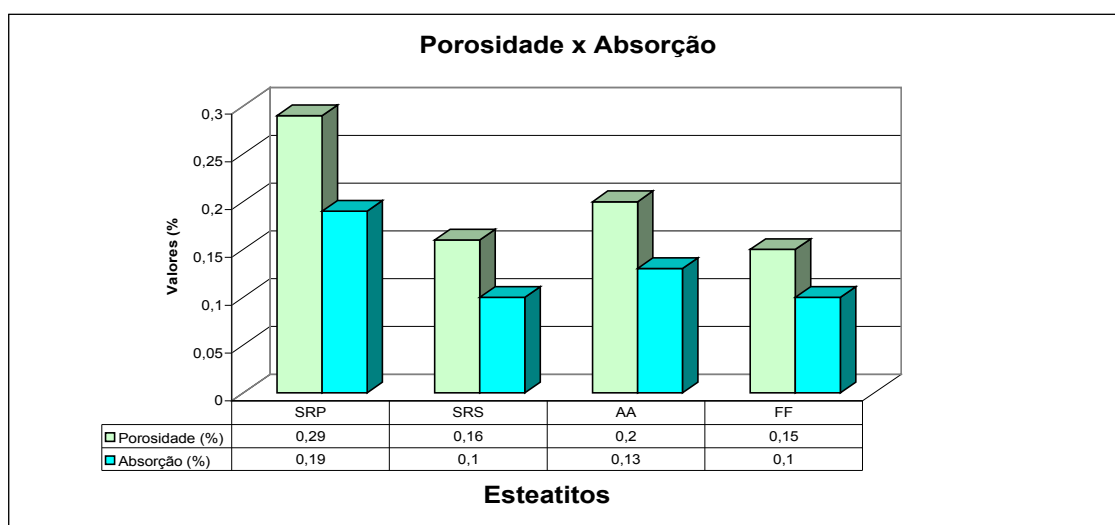


Figura VI.10: Índices físicos de esteatitos da região de Santa Rita de Ouro Preto, MG (Maciel, 2002).

Os três litotipos pesquisados (ACA, FUR, LUN) apresentaram índices físicos dentro dos valores de índices físicos determinados por Maciel (2002) (Figura VI.10). Nos esteatitos estudados, nenhum apresentou valores de porosidade ( $>1,0$ ) e absorção ( $<0,4$ ) sendo, portanto, apropriadas para uso como revestimentos externos.

Os esteatitos apresentam os menores valores de porosidade e absorção de água, que é da ordem de 0,2 % e 0,1%, respectivamente. Esses baixos valores aparentemente os tornam possíveis de serem utilizados como revestimentos de pisos e paredes e também para confecção de utilitários e adornos. No entanto, os esteatitos por possuírem baixa dureza e serem escorregadios, têm sua utilização restrita, não sendo aconselhável sua aplicação em pisos.

Entre os esteatitos estudados é interessante distinguir os que têm mais carbonatos em sua composição, pois apresentam índices de porosidade e absorção de água um pouco mais elevados que os litotipos com % menores desse constituinte. Portanto, o litotipo com mais ou menos carbonatos restringe ainda mais sua aplicação, principalmente, em fachadas externas e locais sujeitos ao contato com água e soluções ácidas. Ressalta-se ainda que, em função da composição mineralógica, a textura é diferenciada nos esteatitos estudados e que no caso do esteatito LUN que apresenta mais carbonatos e textura granoblástica, a porosidade um pouco maior o que representa uma menor superfície de contato entre os cristais e conseqüentemente uma possibilidade maior de absorção de água. O aumento dos índices de porosidade e absorção de água pode levar a uma maior alterabilidade dos minerais e possibilita a modificação das características estéticas com o aparecimento de manchas e mudanças de cor.

#### **VI.6.2 – Índices Físicos – Quartzitos Itacolomi e Lages**

Os valores dos índices físicos dos quartzitos Itacolomi (ITA) e Lages (LAG) estão apresentados nas figuras VI.11 e VI.12.

As determinações dos índices físicos dos quartzitos provenientes das regiões de Ouro Preto e Mariana, mostram que os quartzitos Itacolomi apresentam valores de porosidade maiores (média 2,04) em relação aos quartzitos Lages (média 0,39).

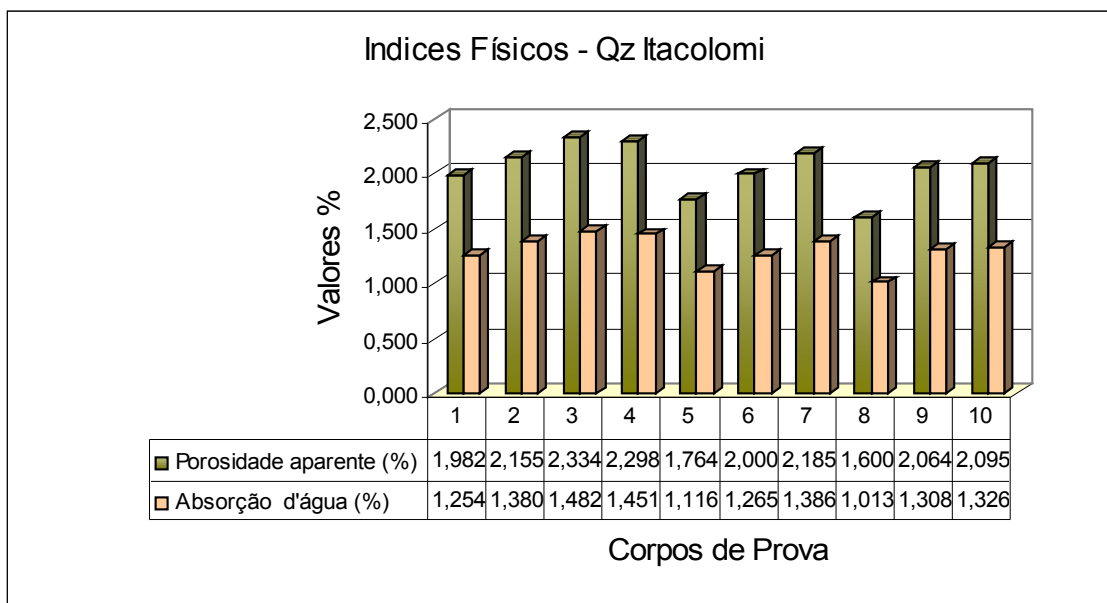


Figura VI.11: Índices físicos dos quartzitos Itacolomi

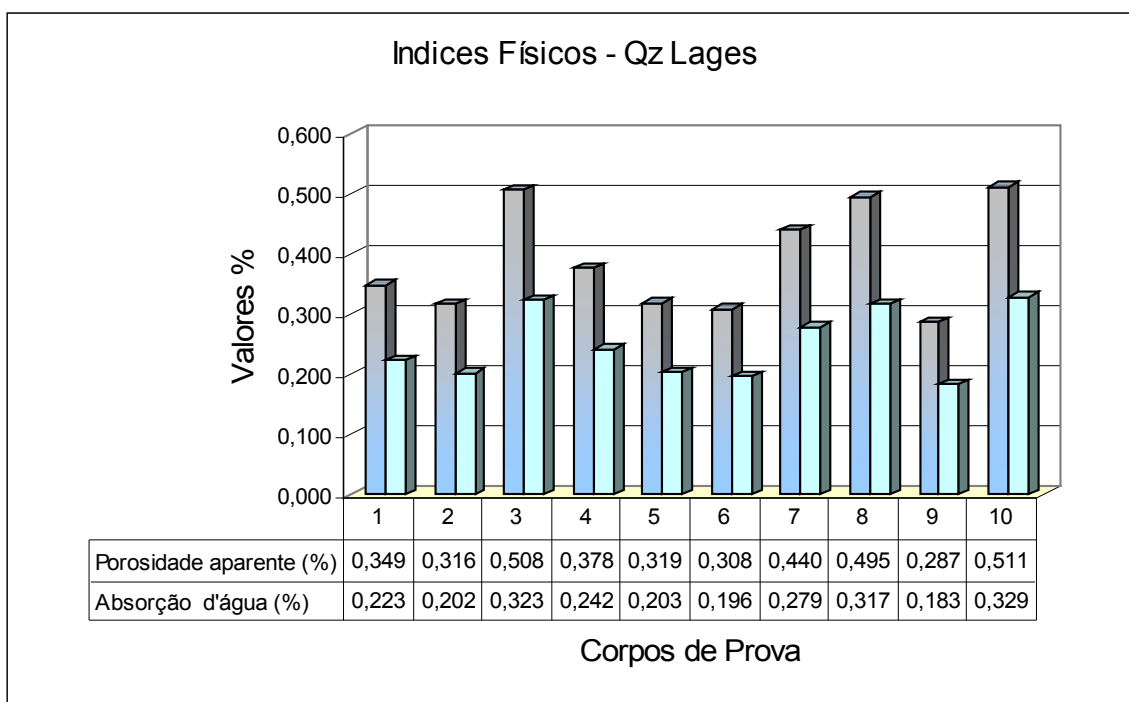


Figura VI.12: Índices físicos dos quartzitos Lages

A utilização de quartzitos pode ser mais ampla pelo fato de apresentarem maior dureza e baixa reatividade, devido à composição essencialmente quartzosa, podendo ser utilizadas para revestimentos de pisos e paredes e também adornos, como os trabalhos em cantaria. No entanto, os quartzitos Lages com constituintes de cianita e mica branca orientados segundo planos, podem facilitar a percolação de água levando ao aumento dos índices de porosidade e neste caso os quartzitos ITA apresentaram maiores valores pelo fato dos corpos de prova apresentarem-se com elevado grau de decomposição.

### VI.6.3 – Índices Físicos - Granitos *Lato Sensu*

Carisso *et al.* (2005), realizaram uma avaliação de rochas ornamentais silicáticas da região Sudeste do Brasil, de onde foram estudados 98 diferentes tipos de granitos. Os resultados dos ensaios desses granitos foram tratados, divididos em classes e comparados com os valores estabelecidos pela norma ASTM C-615 e com aqueles propostos por Frazão & Farjallat (1995). Segundo Carisso *et al.* (2005), 55% das amostras estudadas apresentaram resultados de massa específica aparente na classe de 2650 Kg/m<sup>3</sup>. Verificou-se, então, que a grande maioria das rochas silicáticas avaliadas atendem perfeitamente à especificação estabelecida na norma ASTM C-615.

Em relação à porosidade aparente, a norma ASTM C 615 não especifica limites. No entanto, Frazão & Farjallat (1995) sugerem o valor máximo de 1% para essa propriedade. Cerca de 90% das rochas silicáticas do Sudeste encontram-se abaixo desse limite. Os valores de absorção de água de 87% das rochas silicáticas analisadas por Carisso *et al.* 2005, variam no intervalo 0,10 e 0,40%. A Norma ASTM C-615 estabelece que os granitos, para serem utilizados como rochas ornamentais e de revestimento, devem apresentar valor de absorção abaixo de 0,4%, sendo o mesmo sugerido por Frazão & Farjallat (1995).

A distribuição dos resultados para os granitos *lato sensu* analisados neste trabalho está mostrada nas Figuras VI. 13.

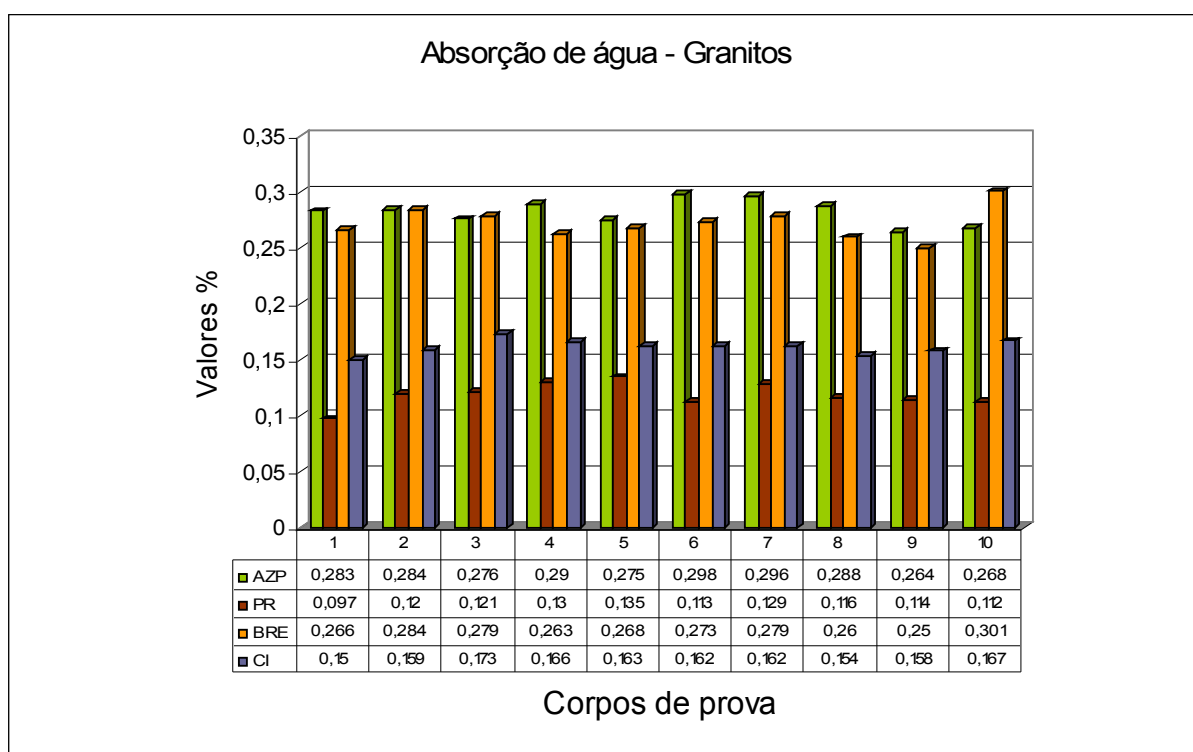


Figura VI. 13: Correlação entre absorção de água dos granitos *lato sensu*

Os granitos apresentam um maior grau de dispersão dos valores dos índices de porosidade e absorção de água, devido à maior variedade dos constituintes mineralógicos, existência ou não de microfissuras, relações de contato entre minerais, granulação, aspectos estruturais, alteração mineral etc.

Dos estudos realizados observou-se que as rochas com granulação média a grossa e menos coesas possuem índices de porosidade e absorção d'água mais altos. Entre rochas de composição sienítica, o Ás de Paus apresenta absorção de água média de 0,28% e o Café Imperial apresenta absorção média de 0,17%. O granito Preto Rio apresentou menores valores de absorção em torno de 0,12% entre os tipos litológicos analisados. O granito Branco Eliane apresentou absorção média de 0,27 % semelhante ao sienito Ás de Paus. No entanto, todos esses tipos petrográficos denominados comercialmente de granitos apresentaram índices de absorção de água menores que 0,4%, apresentando resultados positivos que permite indicá-los para aplicações em diversos ambientes de revestimentos internos e externos.

#### VI.6.4 – Resistência à Compressão – Quartzitos Itacolomi

Os resultados experimentais de resistência a compressão para os quartzitos Itacolomi (ITA) encontram-se discriminados na figura VI.14. Para este ensaio, a ASTM-C616 estabelece para os quartzitos o limite maior ou igual ( $\geq 137,9$  MPa).

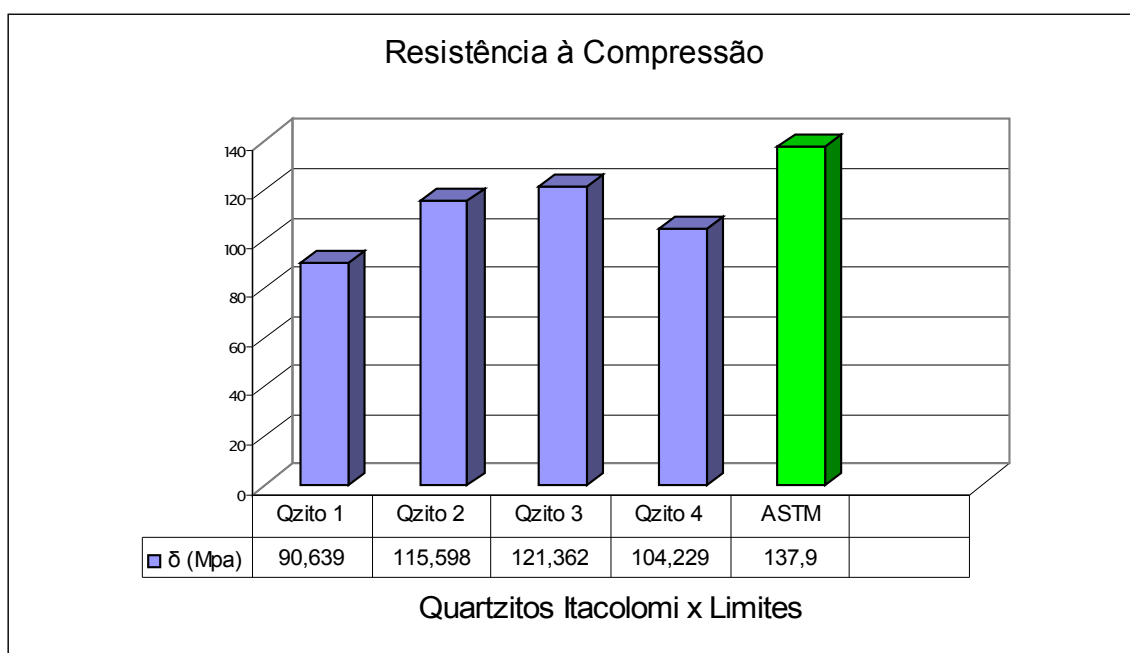


Figura VI.14: Resistência à compressão para o quartzito Itacolomi (ITA). Limite = 137,9 MPa (ASTM C6160)

A figura VI 15 apresenta as correlações dos valores experimentais obtidos para a compressão simples versus as porosidades.

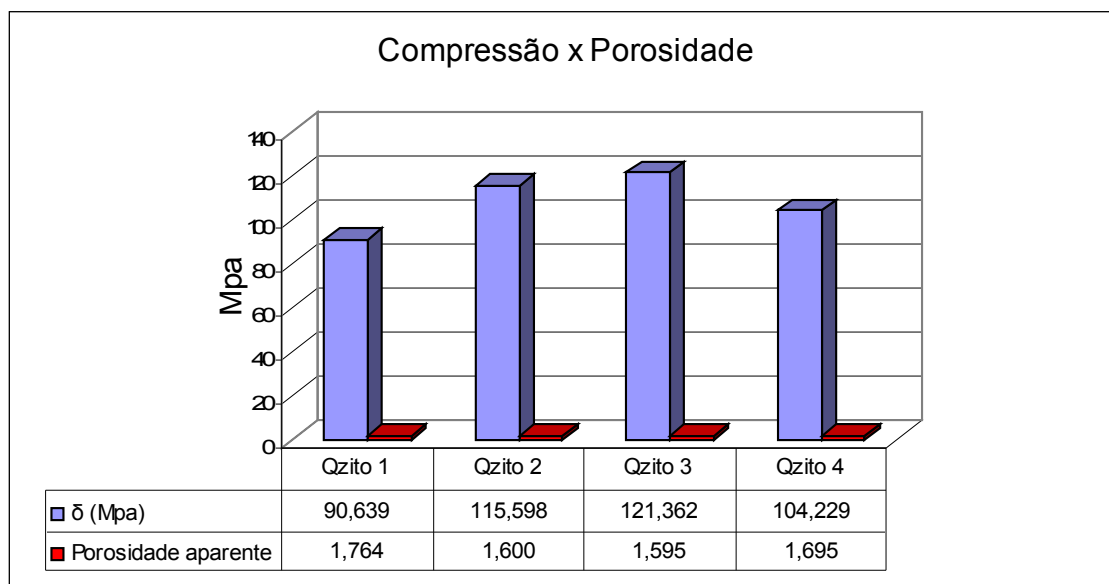


Figura VI.15: Correlação entre os valores de resistência à compressão e porosidades do quartzito Itacolomi

Observa-se que os quartzitos apresentam a mesma tendência no que se refere ao seu comportamento físico-mecânico (média 86,36 MPa), para valores de porosidade em média cerca de 1,66%. Nestes experimentos, verifica-se que os valores obtidos não se adaptam ao limite estabelecido pela ASTM C616.

Estas diferenças demonstram a importância e a necessidade de se fazerem amostragens e caracterizações tecnológicas bem representativas desses materiais, para que produtores e, especialmente, consumidores possam ter confiabilidade em relação à qualidade dos produtos comercializados. Neste sentido, ressalta-se também a importância de ensaios interlaboratoriais, que possibilitem a aferição dos vários órgãos envolvidos nos projetos.

É importante ressaltar que a resistência à compressão representa um valioso índice de qualidade dos materiais para uso como rochas ornamentais e de revestimento, estando relacionada com outras propriedades tecnológicas que dependem da interação entre composição, estrutura, textura e estado microfissural e de alteração que as rochas podem apresentar. As amostras ensaiadas já se apresentaram em estágio de alteração avançado.

No ensaio de compressão uniaxial nos esteatitos de Santa Rita de Ouro Preto, Acaiaca e Furquim determinados por Maciel (2002) foram obtidos valores inferiores (média 34,12 MPa) aos estabelecidos pela ASTM C-503 (Serpentinito  $\geq 69$  MPa), confirmando a impossibilidade do esteatito suportar cargas

elevadas. Assim, os esteatitos analisados possuem restrições na aplicação para colunas e pilares, pois os valores obtidos estão muito abaixo do sugerido.

### VI.6.5 – Resistência à Flexão três pontos – Quartzitos Itacolomi

De acordo com a norma ASTM C 616 (1992), o valor de 13,9 MPa é o mínimo para que as rochas quartzosas possam ser usadas como material de revestimento de paredes, de modo a suportar cargas de vento entre outras forças.

A Figura VI.16 mostra a distribuição dos resultados dos ensaios de resistência à flexão nos quartzitos Itacolomi, onde observa-se que a maioria dos valores obtidos situa-se entre 1,177 e 2,169 MPa, sendo a média de 1,83 MPa, valor este bem abaixo do valor mínimo estabelecido ( $\geq 13,9$ MPa) pela norma ASTM C-616.

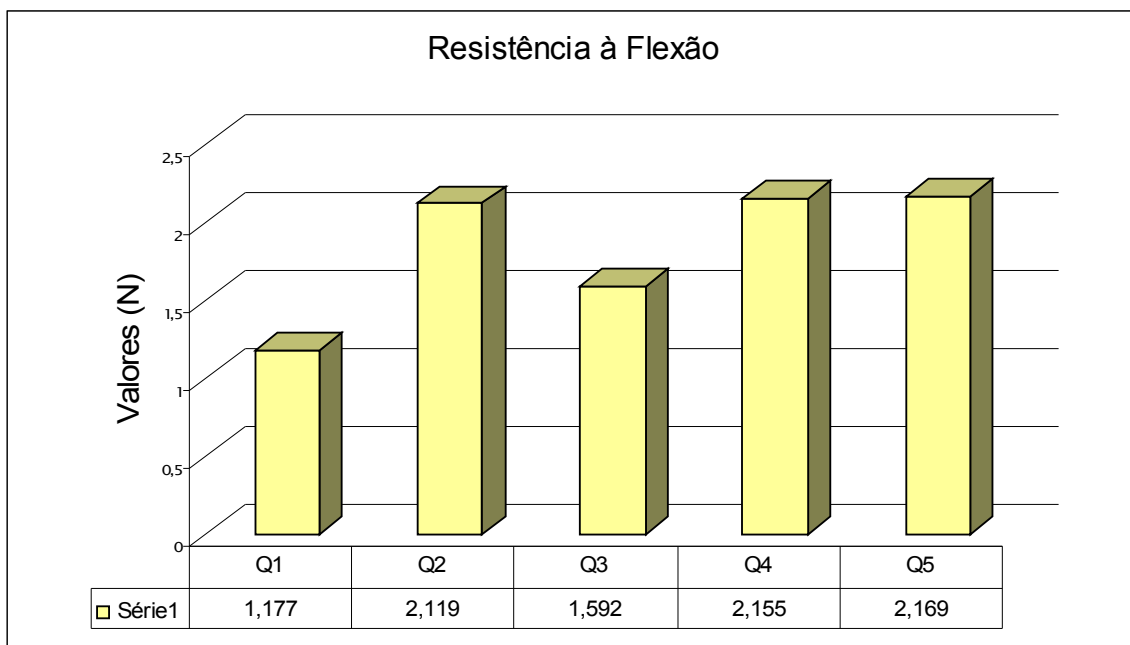


Figura VI.16: Distribuição dos valores de resistência à flexão para os quartzitos Itacolomi

Considerando-se o valor fixado pela ASTM C-616, verifica-se que os quartzitos não estão dentro das condições sugeridas, de modo que estes materiais não devem ser utilizados como revestimento de fachadas exteriores. No entanto, isso não os descarta como revestimentos de pisos ou entorno de piscina.

As amostras analisadas foram coletadas em uma porção dentro da área do Parque Estadual do Itacolomi e, portanto os valores obtidos em relação à resistência mecânica destas rochas podem apresentar diferenças decorrentes, de variações composicionais, texturais e estruturais nos blocos

dispersos na área. Assim, é importante que se considere uma amostragem sistemática, estudos mais detalhados, de modo a abranger um número maior de amostras e com bastante representatividade.

Para os esteatitos, não foram determinados ensaios de resistência à flexão.

#### VI. 6.6 - Ensaios de Desgaste Abrasivo *Amsler*

Para os ensaios de desgaste por abrasão, a norma ASTM C-615 (1992) não especifica limites. Os limites estabelecidos por Frazão & Farjallat (1995) para as rochas silicáticas serem consideradas de boa qualidade é  $\leq 1,0$ cm. A grande maioria dos granitos analisadas atende a esse limite como referência, o que viabiliza a aplicação em áreas de alto tráfego. O limite proposto por Moura (2001) para placas de rochas granitóides que suportam tráfego muito intenso é  $< 0,4$  mm num percurso de 200 metros.

Os resultados do ensaio de desgaste para os esteatitos e granitos estão apresentados nas figuras VI. 17 e VI.18, respectivamente.

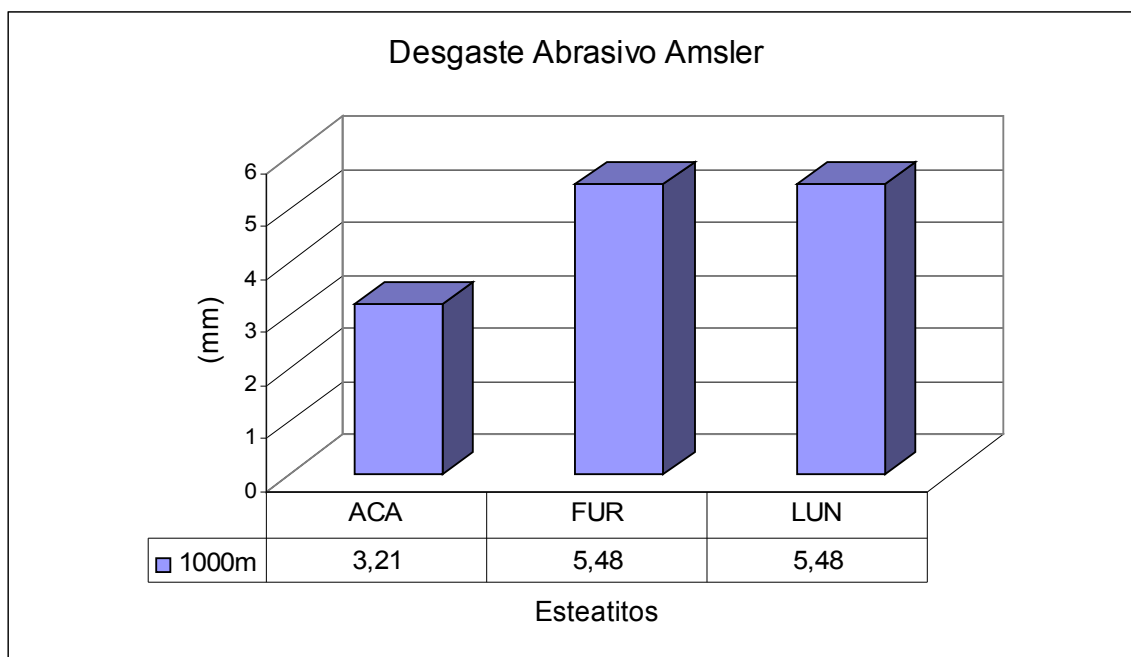


Figura VI.17: Desgaste Abrasivo Amsler para os esteatitos ACA, FUR, LUN.

Os esteatitos de Lundes, município de Santa Rita de Ouro Preto e de Furquim, município de Mariana, não são indicados para aplicações em superfícies que exigem limpeza freqüentes e com escovas abrasivas, por exemplo. O desgaste desses litotipos atingiu 5 cm no percurso de 1000m. O valor obtido no ensaio para o esteatito da localidade de Acaiaca atingiu 3 cm. Portanto, os esteatitos não podem ter a mesma aplicabilidade das rochas quartzíticas e graníticas e não devem ser usadas como revestimentos

externos e internos que exijam limpezas freqüentes com elementos abrasivos. No entanto, os esteatitos são tradicionalmente usados em revestimentos de paredes.

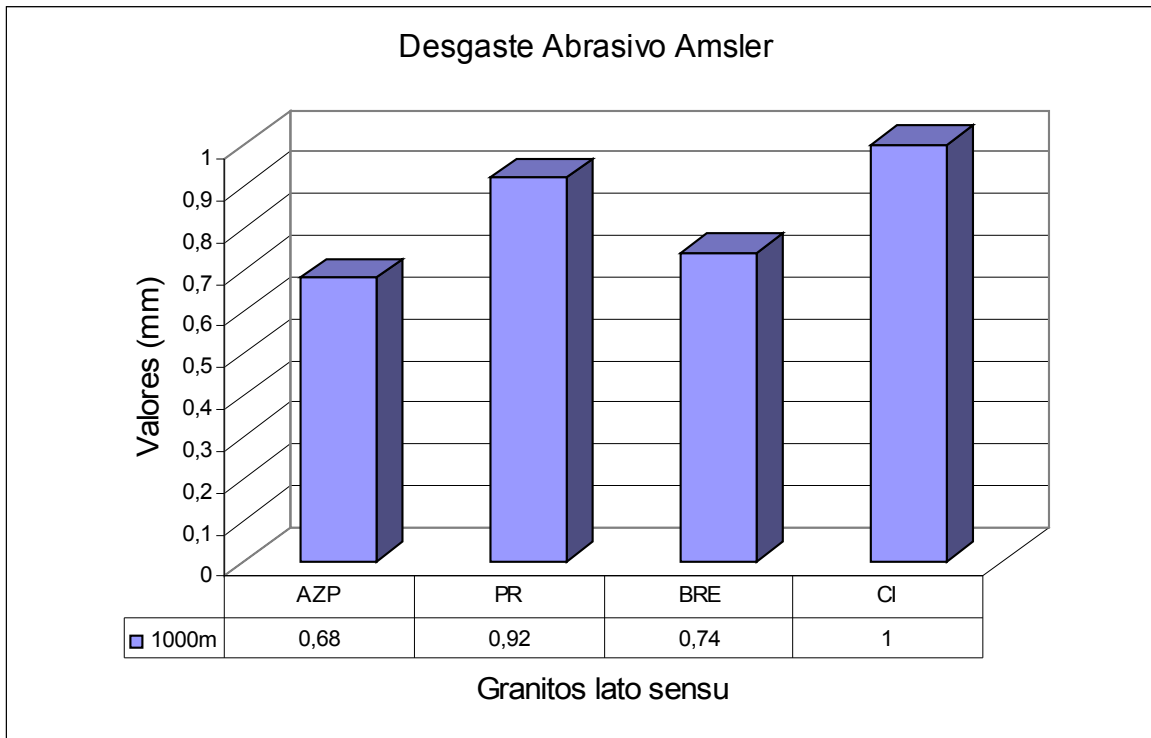


Figura VI.18: Desgaste Amsler para os granitos *lato sensu*

Entre os sienitos analisados, o Café Imperial apresentou o maior desgaste por abrasão atingindo o valor de 1,0 cm. Por outro lado, o sienito Ás de Paus atingiu o valor de 0,6 cm, sendo que este apresentou maior resistência ao desgaste por abrasão. O granito Preto Rio também apresentou alto valor de desgaste à abrasão (0,9 cm), aproximando-se do limite estabelecido por Frazão e Farjallat (1995). Esses litotipos apresentaram valores dentro da faixa sugerida por Frazão & Farjallat (1995) para as rochas brasileiras.

Considerando como base os valores estabelecidos por Frazão & Farjallat (1995) e Carisso *et al.*, (2005), constata-se que as rochas analisadas neste trabalho, comercialmente granitos Ás de Paus, Café Imperial, Branco Eliane e Preto Rio, fora os esteatitos, atendem a essa faixa limite ( $\leq 1,0\text{cm}$ ), o que viabiliza a aplicação dessas rochas em áreas de tráfego moderado. No entanto, ressalta-se que o fato destas rochas se mostrarem resistentes à ação mecânica abrasiva não significa que elas mantenham suas características estéticas relativas ao brilho por longo tempo, uma vez que são constituídas por feldspatos os quais perdem facilmente esta característica sob este tipo de ação mecânica.