

AVALIAÇÃO PRELIMINAR DAS CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS, GEOQUÍMICAS E FÍSICO-MECÂNICAS DAS ROCHAS GRANÍTICAS PORFIRÍTICAS DOS COMPLEXOS SOROCABA E IBIÚNA, SP

Júlio César de Pinheiro Arrais¹, Antonio Misson Godoy¹ e Fabiano Cabañas Navarro¹

¹IGCE/UNESP – Av.24A , 1515, Bairro Bela Vista, CEP 13.506-900 – Rio Claro – São Paulo
Fone: (19) 526-2824 / Fax: (19) 524-9644
E-mail: mgodoy@rc.unesp.br; navarrofc@bol.com.br

RESUMO

O estudo das rochas dos complexos Granitóides Sorocaba e Ibiúna para qualificação como material ornamental e de revestimento, baseia-se na caracterização dos aspectos geológicos-estruturais, mineralógicos, petrográficos, litogeoquímicos e tecnológicos (físico-mecânicos) dos seus principais litotipos, que apresentem exequibilidade de lavra, mas restrito aos tipos litológicos texturais porfiríticos. O crescimento constante desse setor ao longo dos últimos anos tem sido marcado pela competitividade e nível de exigência do mercado consumidor, fatores que requerem a intensificação das pesquisas, possibilitando assim, complementar a oferta das rochas ornamentais com uma ampla gama de variedades estéticas que apresentem padronização das características tecnológicas, visando soluções técnicas e orientações para a sua correta aplicação, além da adequada identificação e tipificação das variedades, possibilitando assim, a prevenção de problemas arquitetônicos. Aliado ao perfil técnico dos litotipos, encontram-se a sua distribuição geológica e geográfica, definindo as maiores ocorrências, com a maior diversidade de sub-tipos de rochas favoráveis à utilização como rochas ornamentais do Estado de São Paulo, e como fator preponderante, a proximidade ao maior pólo consumidor, à cidade de São Paulo e aos portos exportadores. Esta diversidade de fatores, associados às atuações, de caráter técnico das Universidades, dos Institutos de Pesquisa e de uma política de ampliação deste segmento econômico, viabilizariam para o Estado de São Paulo de maior consumidor, transformar-se também em grande produtor e exportador de rochas ornamentais, pois atualmente encontra-se entre os menores produtores nacionais na fase inicial de lavra, através de centros produtores tradicionais e localizados, enquanto na fase final de consumidor ou de produto processado (marmorarias), destaca-se preferencialmente no setor nacional.

INTRODUÇÃO

O segmento de rochas ornamentais é atualmente uma área do setor mineral que apresenta reflexo de um crescimento acelerado, devido principalmente à intensificação da aplicação de materiais pétreos como elemento de revestimento. O crescimento constante desse setor ao longo dos últimos anos tem sido marcado pela competitividade e nível de exigência do mercado consumidor, fatores que requerem a intensificação de pesquisas contemplando a oferta de rochas com variedades estéticas, padronização das características tecnológicas visando soluções técnicas e orientações

para a correta aplicação, possibilitando assim a prevenção de problemas arquitetônicos.

Observa-se que o Estado de São Paulo encontra-se entre os menores produtores nacionais, contribuindo na fase inicial de produção (lavra) com apenas (1%), através de Centros Produtores Tradicionais e localizados, enquanto na fase final de consumidor ou de produto processado (marmorarias), destaca-se preferencialmente (IPT, 2000).

Considerando a expressiva distribuição geológica e geográfica das ocorrências de rochas graníticas com textura porfirítica no Estado de São Paulo, e a aceitação de padrões semelhantes pelo mercado consumidor (ex. o tipo Amêndoa Sorocaba), tem-se que rochas desse tipo apresentam uma boa fronteira de mercado.

Neste sentido, o trabalho aponta ocorrências de rochas com textura porfirítica dos complexos Sorocaba e Ibiúna (Figura 1), que apresentam potencial como material de revestimento, visto o conjunto de características estéticas, petrográficas e tecnológicas que reúnem. Acrescenta-se ainda que as ocorrências, ora descritas, apresentam aspectos geológicos e geomorfológicos favoráveis à extração mineral, tais como morros amplos e delgada cobertura de solo. Outro ponto favorável é a localização privilegiada, próximo a cidades com boa infra-estrutura, como Sorocaba e São Roque, que permitem a instalação de unidades para o desdobramento e processamento dos materiais. Soma-se ainda a proximidade de grandes centros consumidores como Campinas e São Paulo, bem como de portos exportadores.

constituindo o litotipo mais representativo da área, definido por estruturas rítmicas onde se alternam porções arenosas, siltosas e argilosas com diferentes espessuras. Os pacotes onde prevalecem metassedimentos argilosos ou arenosos, foram desmembrados respectivamente em filitos, metassiltitos e metarenitos, além das metabásicas e metacalcário.

O Complexo Granitóide Sorocaba apresenta forma sigmoidal alongada segundo NE-SW, com exposição da ordem de 180 km². Apresenta geometria alongada, podendo ser dividido em três setores: A porção oriental, medindo cerca de 10 x 3 km com direção ENE-WSW em continuidade à orientação da Falha de Jundiuvira, a porção central, medindo cerca de 16 x 4 km com direção NE-SW e a porção ocidental medindo 15 x 4,5 km com direção ENE-WSW. O complexo encontra-se cortado pelas falhas normais com direção NW-SE, Doninha ao norte e Piragibu-Mirim ao sul, estas determinam a sua compartimentação em três segmentos alçados diferencialmente e com características texturais distintas.

O complexo compreende dezenove tipos petrográficos básicos agrupados segundo características geológicas semelhantes em onze fácies e ou associações de fácies (A1-A11), inclui corpos localizados de dioritos e granodioritos, freqüentes sienogranitos, mas as variedades dominantes são de composição monzogranítica. As texturas que ocorrem com maior freqüência são as porfiríticas com presença ou ausência de feições rapakivi, mas termos equi- inequigranulares, aplíticos e pegmatóides também são comuns. O índice de coloração destes litotipos é basicamente leucocrático com variedades desde holo até melagranitóides. A mineralogia básica compreende microclínio perítico, oligoclásio e/ou andesina, quartzo e biotita, ao lado de zircão, apatita, titanita, allanita, turmalina e opacos. Raras muscovita e cordierita ocorrem em fácies com intenso processo de assimilação, comum nas fácies tardias pegmatóides. As hornblendas são comuns mas, os piroxênios são raros nas fácies de composições dioríticas e granodioríticas (Godoy, 1989; Godoy & Figueiredo, 1991 e Godoy *et al.*, 1996a).

As estruturas rúpteis são caracterizadas por zonas miloníticas e sobrepostas a elas, processos cataclásticos, como um processo evolutivo final da deformação, provavelmente em níveis mais rasos, restritas as zonas de cisalhamento no contato sul/sudeste e aos falhamentos internos, sendo que estas compartimentam o Complexo.

A parte oriental corresponderia a um bloco exposto na sua parte mais profunda e é caracterizada por uma maior homogeneidade de fácies, sendo os monzogranitos porfiríticos de coloração cinza dominantes, apresentando corpos locais de composição granodiorítica (Godoy, 1989). A parte central do corpo caracteriza-se por uma área com um maior número de falhamentos e com uma riqueza em número e tipos litológicos de fácies, sendo que a partir do Falhamento das Doninhas, ocorre uma predominância dos granitóides róseos, secundados por porfiróides claros. A parte sul a partir do Falhamento de Piragibú-Mirim apresenta as fácies

monzo-sienogranito porfiríticos rósea como tipo dominante.

A Associação monzo-sienogranito porfirítica rósea analisada neste trabalho e constituída por rochas inequigranulares, porfiríticas, matriz média a grossa, de composição quartzo-feldspática e (8%) biotita em que se destacam, megacristais de feldspato potássico róseo (com ou sem textura rapakivi) e plagioclásios. Nas relações modais, verifica-se que se tratam de rochas basicamente de composição monzograníticas e localmente sienograníticas, com termos diferenciados em função da média dos máficos presentes (biotita) e das relações de tamanho e porcentagem dos megacristais entre (20-5%).

Localizadamente ocorre a variação para a fácies mela sienogranito porfiróide rósea apresenta características mais distintas: a riqueza em megacristais de feldspato potássico que atinge 50% da rocha, com tamanho médio entre (3 a 4cm), exibindo megacristais de até 8cm.

O estudo do **Complexo Granitóide Ibiúna** resultou do mapeamento geológico em escala 1: 50.000 das Folhas Topográficas de São Roque e sul de Sorocaba, caracterizado nos trabalhos de (Hasui, 1973 e Hasui *et al.*, 1978, Janasi *et al.*, 1990, Godoy *et al.*, 1992, 1996b e 1999, Oliveira *et al.*, 1992, Leite, 1997 e Gomes & Godoy, 2002.

A área é composta principalmente por tipos de gnaisses e migmatitos característicos do Complexo Gnáissico Migmatítico Embu de Hasui (1973), situado ao sul da Zona de Cisalhamento Taxaquara. Tem sua ocorrência na área representada principalmente por rochas metassedimentares migmatizadas, representada por granada-sillimanita gnaisses com estrutura bandada, estromática e *schlieren*, com intercalações de biotita-gnaisses e granada-gnaisses com ou sem sillimanita, biotita-xistos, anfíbolitos, gnaisses graníticos, gnaisses cálcio-silicáticos, mais ou menos migmatizados e quartzitos. A orientação desses gnaisses reflete as atitudes da zona de cisalhamento com a foliação N78/85E (Oliveira *et al.*, 1998).

O Complexo granitóide Ibiúna é constituído em grande parte por rochas granitóides que ocorrem associadas a pacotes de metassedimentos, localmente recobertos por sedimentos recentes, representados por coberturas cenozóicas indiferenciadas e depósitos aluvionares. Godoy *et al.* (1996) e Gomes & Godoy, (2003) identificam nove fácies designadas: 1- monzogranito porfiróide serial a hiatal grosseira, representando a litologia predominante; 2- monzogranito porfiróide grosseiro cinzento, 3- hornblenda monzogranito porfiróide médio, 4- monzogranito equigranular médio, cinza claro a rosado, 5- melagranito equigranular médio, cinza claro a escuro; 6- sieno a monzogranito inequigranular médio, cinza claro a rosado; 7- leuco-sienogranito equigranular fino a médio, róseo, 8- leuco-sienogranito equigranular fino a médio róseo e a 9- monzogranito com muscovita e granada.

A *fácies monzogranito porfiróide serial a hiatal róseo* caracterizada neste trabalho apresenta

maior expressão geográfica nas folhas mapeadas e são agrupadas rochas porfiríticas, cores róseas, composição predominantemente monzogranítica, compreendendo variedades leucocráticas, sendo a granulação da matriz de média a grossa. Destacam-se as variações do tamanho dos fenocristais de feldspato potássico e suas porcentagens, que variam no intervalo de 20 a 40%, atingindo em média 5 cm.

O tamanho dos fenocristais apresenta predominantemente disposição serial, mas com domínio das frações maiores, sendo que a sul da Cidade de Ibiúna, esta textura assume caráter hiatal, com uma fração maior variando entre 5 e 6 cm e uma sempre menor que 2 cm. São constituídas por microclínio (23%), oligoclásio (25%), quartzo (25%), biotita (10%), hornblenda e Fe-hastingsita (5%) e opacos, apatita, rutilo, zircão e titanita, além sericita, epidoto, clorita.

Aspectos Geoquímicos

As análises geoquímicas das variedades litológicas estão baseadas no padrão de distribuição dos elementos maiores e foram realizadas no Laboratório de Geoquímica do DPM/IGCE/UNESP, com vista à caracterização dos litotipos rochosos e o comportamento dos elementos maiores, possibilitando assim, correlacioná-las à distribuição mineralógica e aos parâmetros físico-mecânicos das rochas.

Foram selecionadas 5 amostras principais da fácies analisada do Complexo Sorocaba e 5 amostras do Complexo Ibiúna, possibilitando a definição do intervalo padrão de variação destas fácies já que estas apresentam uma grande expressão em área nos complexos (Tabela 1).

Tabela 1 - Análises geoquímicas de elementos maiores dos materiais estudados.

Amostra	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Total
SO 1	69,90	0,54	14,06	4,36	0,08	0,55	1,71	3,05	5,21	0,18	99,64
SO 2	70,44	0,66	13,06	5,05	0,09	0,79	1,54	2,62	5,39	0,20	99,84
SO 3	70,72	0,56	14,30	3,96	0,08	0,53	1,44	2,74	5,13	0,15	99,61
SO 4	70,73	0,57	15,35	5,41	0,10	0,91	1,69	2,25	2,29	0,06	99,36
SO 5	71,64	0,61	12,94	4,08	0,07	0,66	1,73	2,68	4,92	0,20	99,53
IB 1	71,73	0,32	15,30	2,31	0,04	0,50	1,28	3,53	4,78	0,10	100,65
IB 2	70,69	0,42	14,30	0,98	0,04	0,85	1,87	3,06	5,41	0,08	99,43
IB 3	70,36	0,31	14,39	1,19	0,04	1,36	2,23	3,26	4,80	0,10	99,45
IB 4	70,32	0,35	14,74	0,59	0,05	0,71	1,65	3,06	5,81	0,06	99,18
IB 5	68,33	0,42	15,00	3,01	0,06	0,84	1,79	3,26	5,09	0,14	99,72

Em razão das características ácidas dos litotipos estudados os valores de SiO₂ das fácies analisadas mostram-se no intervalo entre 68 e 72%. As variedades das rochas do Complexo Ibiúna apresentam-se com os valores levemente inferiores (Figura 2A).

Os teores de Al₂O₃ também apresentam diferenças significativas entre as diversas variedades (Figura 2B), mostrando valores mais elevados para as rochas do Maciço Ibiúna, razão direta da sua composição mineralógica mais enriquecida em biotitas e secundariamente por anfibólios. Estes altos valores de alumínio e conseqüentemente a presença de teores mais elevados de biotita se refletem na resistência e alterabilidade dos tipos estudados.

Os valores TiO₂ (Figura 2C) são variáveis, mas apresentam-se mais elevados para o litotipo Sorocaba do que o tipo Ibiúna, devido a quantidade maiores de minerais acessórios, como titanita e rutilo, podendo portanto, refletir no processo de manchamento amarelado pontualmente nas placas.

Quanto ao óxido Fe₂O₃ (Figura 2D) observa-se que o tipo Sorocaba apresenta valores mais elevados e discrepantes que o tipo Ibiúna. Isso se deve à presença dos minerais máficos magnetita e ilmenita presentes no tipo Sorocaba, ao passo que no tipo Ibiúna o Fe está contido apenas nas biotitas e hornblendas. Esta relação de valores mais elevados de minerais de Fe, propicia a geração de hidróxidos de Fe, quando em ambientes úmidos, podendo ocorrer o aparecimento de manchas avermelhadas.

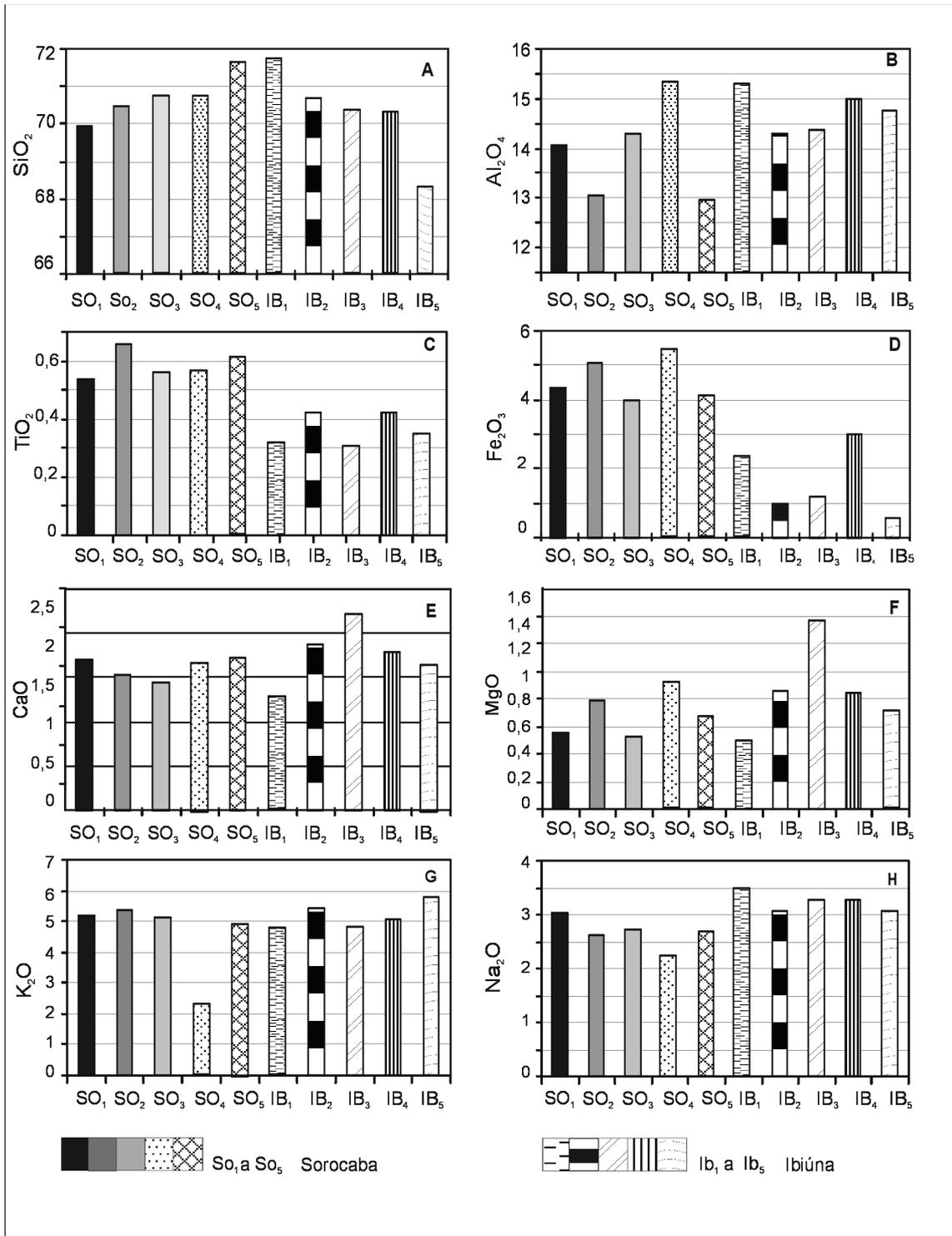


Figura 2. Distribuição dos elementos maiores dos Complexos Sorocaba (SO) e Ibiúna (IB)

Os valores de CaO e MgO (Figuras 2E e 2F) estão diretamente relacionados aos valores mais altos de Al₂O₃ para o tipo Ibiúna, sendo que os valores elevados de CaO são reflexos diretos da mineralogia presente em razão das altas quantidades de biotita e hornblenda.

A relação apresentada dos valores de K₂O (Figura 2G) e de Na₂O (Figura 2H) são fortemente elevadas, características das rochas ácidas, enriquecidas em sílica, mas com pequenas diferenças registradas entre os litotipos de pequenas amplitudes, com exceção da amostra SO₄ que apresenta-se discrepante com valores extremamente baixo de K₂O.

Caracterização Tecnológica

A etapa de caracterização tecnológica dos materiais estudados contemplou a realização dos principais ensaios para a determinação das propriedades físicas e mecânicas, obedecendo aos procedimentos normativos apresentados pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e ASTM (American Society for Testing and Materials).

Como referência para comparação dos dados obtidos em laboratório foram utilizados os valores limítrofes para rochas graníticas estabelecidos pela norma C-615 da ASTM (1992) e os sugeridos por Frazão e Farjallat (1995).

As análises foram realizadas no Laboratório de Rochas Ornamentais do DPM/ICGE/UNESP e encontram-se relacionadas na (Tabela 2). Os materiais ora designados como Amêndoa Sorocaba 1, Ibiúna Vermelho e Ibiúna Branco, são os analisados neste artigo. Os valores apresentados para o material designado como Amêndoa Sorocaba 2 foram compilados do catálogo de Rochas Ornamentais e de Revestimento do Estado de São Paulo (IPT, 2000) e utilizados neste trabalho a título de comparação.

Tabela 2 - Resultados dos ensaios tecnológicos para as amostras dos Complexos Sorocaba e Ibiúna, e valores limítrofes especificados pela norma ASTM (1992) e sugeridos por Frazão & Farjallat (1995), (*) dados de IPT (2000).

Propriedades	ASTM (1992)	Frazão & Farjallat (1995)	Amêndoa Sorocaba 1	Amêndoa * Sorocaba 2	Ibiúna Vermelho	Ibiúna Branco
massa específica seca (kg/cm ³)	≥2560	≥2550	2659	2661	2670	2690
porosidade aparente (%)	n.e.	≤1,0	0,69	0,76	0,59	0,88
absorção d'água (%)	≤0,4	≤0,4	0,26	0,29	0,22	0,33
desgaste Amsler (mm)	n.e.	≤1,0	0,74	0,79	0,60	0,890
módulo de ruptura (MPa)	≥10,34	≥10,0	10,40	6,41	13,50	8,513
compressão uniaxial simples (MPa)	≥131	≥100	171,38	122,7	149,59	92,11
velocidade propagação de ondas longitudinais (m/s)	n.e.	≥4000	4621,02	5020,0	5118,53	4304,78

Os parâmetros *massa específica aparente*, *porosidade* e *absorção d'água aparentes*, correspondentes aos índices físicos, foram efetuados segundo a norma NBR 12766 (ABNT, 1992a). A *porosidade aparente* (Figura 3A) e a *absorção d'água* (Figura 3B) dos tipos analisados apresentam valores variáveis, porém próximos uns dos outros, refletindo a forma, contatos dos minerais e granulação semelhantes das amostras. Valores ligeiramente mais altos desses parâmetros para os tipos Amêndoa Sorocaba podem ocorrer eventualmente, em virtude de pontos dispersos em que a transformação de minerais máficos e mais raramente dos feldspatos está mais desenvolvida chegando a formar cavidades de até 3,0 mm. A variedade Ibiúna Branco apresenta

valores mais altos de absorção d'água em relação ao tipo Ibiúna Vermelho devido ao grau de alteração dos fenocristais, mais intenso no primeiro. Os valores obtidos para esses materiais não restringem a aplicação em ambientes úmidos internos ou externos. Ressalta-se apenas a observação da presença ou não de cavidades provenientes de alteração nos tipos Sorocaba, que embora raras, devem ter sua presença monitorada, e quando constatada, devem ser impermeabilizadas com produtos adequados, disponíveis no mercado, valorizando o material.

Os valores de massa específica aparente seca (Figura 3C) encontram-se acima dos valores normativos, sendo muito próximos e refletindo a similaridade composicional entre as amostras

analisadas. Valores mais elevados, como visto para a amostra do tipo Ibiúna Vermelho e Branco estão diretamente relacionados a presença na matriz de quantidades mais elevadas de hornblendas.

O ensaio para determinação do *desgaste abrasivo Amsler* (Figura 3D), seguiu-se a norma NBR 12042 (ABNT, 1992b), e todos os valores obtidos mostram-se inferiores ao limite máximo proposto por Frazão & Farjallat (1995). Os valores dos tipos Sorocaba são reflexo da matriz com baixa porcentagem de mica, do tamanho dos fenocristais e das microgranulações de quartzo presente, ao passo que nas variedades Ibiúna o desgaste é patrocinado essencialmente pela alta porcentagem de biotita e hornblenda, havendo para o tipo branco a influência do maior grau de alteração dos feldspatos apresentada nesses tipos. Dessa forma os valores de desgaste não são proibitivos para a aplicação dessas rochas como revestimentos de pisos, cabendo entretanto, bastante cuidado para a aplicação em pisos de alto tráfego, especialmente em áreas externas. As variedades de Ibiúna, sob determinadas condições de trânsito, podem apresentar erosão diferencial devido a diferença de dureza média dos minerais da matriz e dos fenocristais.

Os valores de *módulo de ruptura* (Figura 3E) foram obtidos segundo a norma NBR 12763 (ABNT, 1992c). Os resultados obtidos foram inferiores ou muito próximos aos limites propostos, sendo que o tipo Ibiúna Vermelho apresentou o melhor desempenho, devido principalmente à composição micácea da matriz e à frequência de contatos serrilhados dos cristais de quartzo deformados da matriz. Os baixos valores de módulo de ruptura, comuns em rochas porfíricas, são devidos principalmente ao caráter grosseiro e inequigranular dessas rochas, havendo influência significativa do microfissuramento e planos de clivagem dos fenocristais de feldspato, especialmente em materiais com foliação bem desenvolvida. Uma solução tecnológica simples é o aumento da espessura das placas, o que dependendo do tipo de aplicação, garante a resistência mecânica sem exigir grandes alterações de projeto para o suporte da placa, visto a massa específica das rochas analisadas. Em virtude dos baixos valores desse parâmetro recomenda-se a realização de estudos detalhados para a aplicação em fachadas, envolvendo um número significativo de corpos-de-prova, maior que o mínimo de cinco recomendado pela norma da ABNT.

Os valores de resistência à *compressão uniaxial simples* (Figura 3F), obtidos segundo a norma NBR 12767 (ABNT, 1992c), apresentam valores superiores aos limites de referência adotados, com exceção da amostra Ibiúna Branco. Os tipos de contato minerais, predominantemente côncavo-convexos, lobulados e serrilhados, bem como o microfissuramento relativamente baixo, são os responsáveis pelo bom desempenho mecânico desses materiais apesar da textura heterogênea, grosseira e inequigranular que apresentam. A rocha Ibiúna Branco apresenta valores mais baixos em função do grau de alteração mais intenso observado nos fenocristais desse material.

Os valores de *velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas longitudinais* obtidos (Figura 3G),

apresentam-se acima dos limites sugeridos por Frazão & Farjallat (1995), e são devidos sobretudo ao microfissuramento relativamente baixo e a granulação heterogênea e grosseira que apresentam. O valor mais baixo obtido, foi no material Ibiúna Branco, e pode ser atribuído ao grau de alteração mais intenso observado nos fenocristais.

A Figura 4 apresenta diversas correlações entre a velocidade de ultra-som e as demais propriedades físicas e mecânicas obtidas mostrando o potencial desse método não destrutivo para uma análise complementar desses dados.

A correlação direta existente entre a propriedade de absorção d'água *versus* porosidade aparente é demonstrada na (Figura 4A) onde demonstra-se que quanto mais poroso for o material maior será a capacidade de absorção d'água dos litotipos.

A correlação da massa específica *versus* desgaste de Amsler (Figura 4B), demonstra a menor resistência das rochas com valores de massa específica maiores em razão da associação de minerais presentes mais máficos e redução de quartzo que é o fator mais relevante no desgaste.

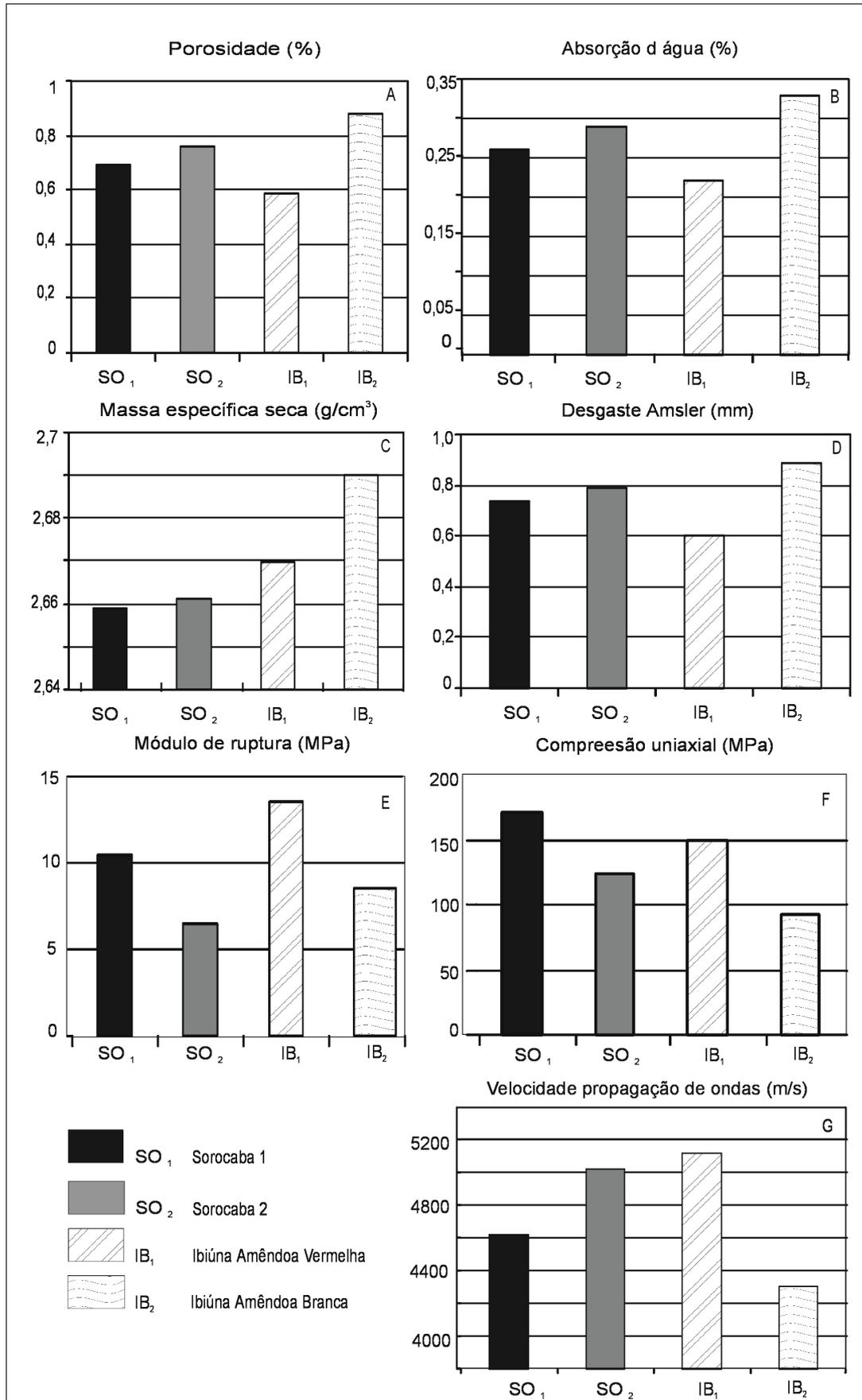


Figura 3 - Ensaio tecnológicos dos Complexos Sorocaba (SO) e Ibiúna (IB).

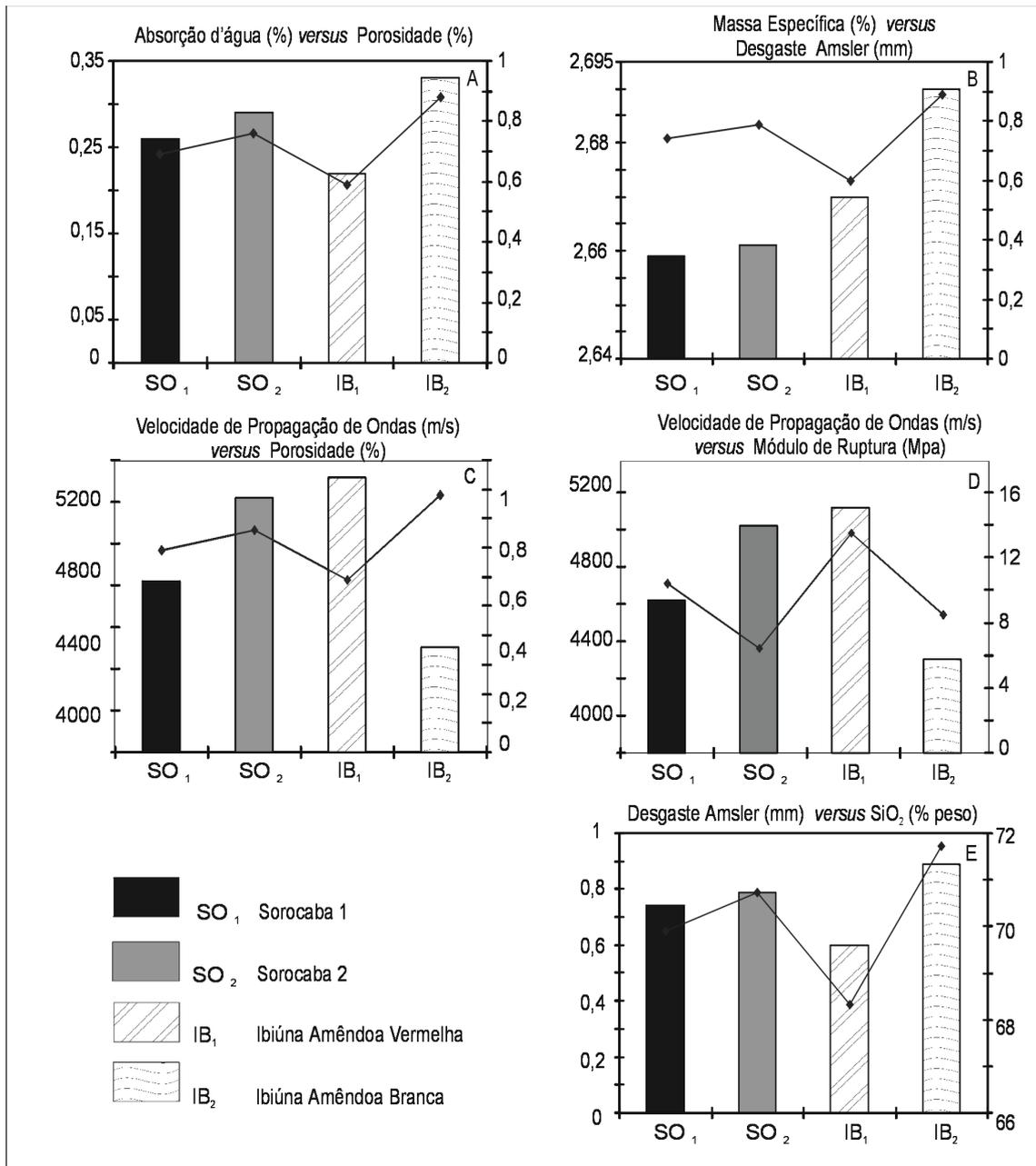


Figura 4 - Correlação dos ensaios físico-mecânicos Sorocaba (SO) e Ibiúna (IB).

A Figura 4C mostra a relação entre a *velocidade de propagação de ondas versus porosidade*, onde demonstra-se que meios com maior presença de microfissuras (mais porosos) apresentam valores mais baixos de propagação de ondas. A correlação obtida permite uma estimativa da porosidade dos tipos analisados através de um método mais expedito, permitindo assim avaliações preliminares dessa propriedade.

Os valores referentes à *velocidade de propagação de ondas versus módulo de ruptura* é caracterizada na Figura 4D, demonstram que meios mais coesos e homogêneos (maior velocidade de ultra-som) apresentam maiores valores de módulo de ruptura.

Os valores de desgaste abrasivo Amsler *versus* índice de quartzo (Figura 4E) mostram uma correlação direta, apresentando valores maiores de desgaste para as rochas com teores mais baixos de quartzo.

Os resultados obtidos nos ensaios tecnológicos das variedades mostram que os parâmetros analisados situam-se dentro dos limites frequentemente utilizados como referência, apontando para um bom desempenho dessas rochas como materiais de revestimento.

Dessa forma, de posse dos dados aqui apresentados, e considerando o fato de que ainda não se dispõem de informações sobre alterabilidade ou o comportamento sob o ataque de reagentes

químicos para esses materiais, pode se indicar a aplicação dessas rochas em ambientes internos e externos, sob condições de umidade ou não. Como recomendações, destaca-se que em ambientes de alto tráfego ou sujeitos a emissão de poeira, os tipos mais escuros devem ser evitados pela tendência que apresentam em realçar a perda de brilho sob condições de abrasão. Considerando-se fachadas, salienta-se a importância para a realização de estudos adequados visando o dimensionamento das placas pétreas destinadas a essa finalidade, posto que as rochas ora analisadas, em função da textura porfirítica e heterogênea, apresentam baixos valores de módulo de ruptura. Os tipos Amêndoa Sorocaba necessitam de controle do aparecimento de porções onde a alteração mineral é mais intensa, para que medidas mitigadoras, como a impregnação com resinas reduza ou cesse a porosidade desses pontos, fator importante, mas que não chega a desqualificar o uso dessa rocha como material de revestimento.

CONCLUSÕES

Os Complexos Sorocaba e Ibiúna apresentam ampla variação de rochas com textura porfirítica, representando diferentes padrões estéticos, que podem ser agrupados em fácies com volume suficiente para a extração de blocos. Destaca-se ainda outros fatores relevantes como aspectos geomorfológicos que favorecem a exploração, a distribuição geográfica desses tipos e a localização privilegiada em relação aos centros consumidores e cidades com infra-estrutura adequada para a instalação de plantas de beneficiamento.

Do ponto de vista tecnológico os materiais analisados apresentam bons resultados, que sugerem a aplicação desses em ambientes internos ou externos como elemento de revestimento de pisos ou fachadas, desde que observados alguns quesitos importantes como a intensidade do tráfego, quando aplicado em pisos, e a espessura e dimensão das placas, quando aplicado em fachadas.

Como trabalhos futuros recomendam-se estudos de cubagem e viabilidade econômica dos depósitos desses complexos, a caracterização tecnológica com vistas a utilização em fachadas, e a realização de estudos de alterabilidade e resistência ao manchamento para complementação dos dados aqui apresentados.

Agradecimentos: A FAPESP (00/00762-8 e 03/02860-5) e a FUNDUNESP (00679/02)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1992a. Rochas para Revestimento. Determinação da massa específica aparente, porosidade aparente e absorção d'água aparente. 2p. (norma NBR 12766).
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1992b. Materiais inorgânicos. Determinação do desgaste por abrasão. 3p.

(norma NBR 12042).

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1992c. Rochas para Revestimento. Determinação da resistência à flexão. 3p. (norma NBR 12763).
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1992d. Rochas para revestimento. Determinação da resistência à compressão uniaxial. 2p. (norma NBR 12767).
- ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. 1990. D 2845. Standard Test Method for Laboratory Determination of Pulse Velocities and Ultrasonic Elastic Constants of Rock. Philadelphia, USA.
- ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. 1992. Standard specification for granite dimension stone. 2p. (standart ASTM C 615).
- FRAZÃO, E.B. & FARJALLAT, J.E.S. 1995. Características tecnológicas das principais rochas silicáticas brasileiras usadas como pedras de revestimento. In: Atas 1º Congr. Internacional da Pedra Natura. Lisboa, Portugal. p. 47-58.
- GODOY, A.M. *Caracterização Faciológica, Petrográfica e Geoquímica dos Maciços Sorocaba e São Francisco, SP.* São Paulo, 1989. 221p. Tese (Doutoramento em Geociências) – Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo.
- GODOY, A.M.; HACKSPACHER, P.C.; OLIVEIRA, M.A.F. Geologia da Região de Sorocaba- SP. São Paulo: *Geociências*, UNESP, v.15, n. especial, p.89-110, 1996a.
- GODOY, A.M. , OLIVEIRA, M.A.F. HACKSPACHER, P.C. Geoquímica das Rochas Granitóides da Folha de São Roque- SP. In: *Geociências*, v. 15, nº especial, p. 67-88,1996b.
- GODOY, A.M. & FIGUEIREDO, M.C.H. 1991. Caracterização Faciológico e Petrográfico do Maciço Granitóide Sorocaba (SP). In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 2, São Paulo, 1991. *Atas...*São Paulo, SBG. P.131-138.
- GODOY, A.M. , HACKSPACHER, P.C., OLIVEIRA, M.A.F., GOMES; A.B. Geoquímica dos Maciços Granitóides Ibiuna e Piedade na Folha Sorocaba. In: *Geociências*, v. 18 (1), p. 157-178, 1999.
- GODOY, A.M., WERNICK, E., DIEFENBACH, K. W. 1992. Arquitetura e Ciclos Magmáticos do Complexo Rapakivi Sorocaba, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, São Paulo, 1992. *Bol... Res. Expandidos*, SBG. V.1, P 329-330.
- GODOY, A.M.; HACKSPACHER, P.C.; OLIVEIRA, M.A.F.; CASTRO, J. Geologia das Folhas

- Sorocaba, Brigadeiro Tobias e Sananduva, SP, em 1:25.000. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, 1994, Balneário de Camburiú. *Atas...* Balneário de Camburiú: SBG, 1994. v.3. p.97-8.
- GODOY, A.M.; ZANARDO, A.; ARTUR, A.C.; OLIVEIRA, M.A.F.; MORALES, N.; HACKSPACHER, P.C.; GALEMBECK, T.M.B. Rochas Granitóides da Folha São Roque-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, 1992, São Paulo. *Anais...* São Paulo: SBG, 1992. p. 356-7.
- GOMES A.B. & GODOY A.M. Geoquímica e Terras Raras da Porção Norte do Maciço Granítico Ibiúna, SE do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 41, 2002, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: Sociedade Brasileira de Geologia, 2002, v. 1, p. 112.
- HASUI, Y. *Tectônica da área das Folhas de São Roque e Pilar do Sul*. São Paulo, 1973. 189p. Tese (Livre Docência) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R.; BISTRICHI, C.A. Os Granitos e Granitóides da Região de Dobramentos Sudeste nos Estados de São Paulo e Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, 1978, Recife. *Anais...* Recife: SBG, 1978. p.2579-93.
- IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO 2000 Rochas ornamentais e de revestimento do Estado de São Paulo. Coordenado por M.H.B. de O. Frascá. São Paulo: SCTDE. CD-ROOM. (Publicação IPT 2651). Janeiro, v. 5, p. 2193-2204.
- JANASI, V.A.; VASCONCELLOS, A.C.B.C.; VLACH, S.R.F.; MOTIDAME, M.J. Granitóides da Região entre as cidades de São Paulo e Piedade (SP): Faciologia e Contexto Tectônico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36, 1990, Natal. *Atas...* Natal: Sociedade Brasileira de Geologia, 1990, v. 4, p. 1925-1935.
- LEITE, R. J. *Geologia, Petrografia e Geoquímica dos Granitóides da Região de Piedade, SP*. São Paulo, 1997. 138p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- OLIVEIRA, M.A.F.; GODOY, A.M.; ZANARDO, A.; ARTUR, A.C.; HACKSPACHER, P.C.; MORALES, N. Geologia da Folha São Roque - SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, 1992, São Paulo. *Anais...* São Paulo: SBG, 1992. v.1. p.126-7.
- OLIVEIRA, M.A.F. de, GODOY, A.M., HACKSPACKER, P. C., MORALES, N. Geologia da Folha São Roque, SP - 1:50.000. São Paulo. *Geociências*. v.17, n.2, 1998.