

ASPECTOS PETROGRÁFICOS E TECNOLÓGICOS DE GRANITOS NO NORTE DE MATO GROSSO- PROVÍNCIA RIO NEGRO - JURUENA NO CRÁTON AMAZÔNICO

Maria Emília Mesquita Tenreiro¹
Márcia Aparecida de Sant'Ana Barros²

¹Programa de Pós graduação em Geociências, Universidade Federal de Mato Grosso, emilitta@hotmail.com

²Departamento de Recursos Minerais, Universidade Federal de Mato Grosso, mapabarro@yahoo.com

RESUMO

As rochas estudadas neste trabalho são denominadas de Granito São Pedro (Rosa China), Suíte Intrusiva São Romão (Japuranã) e Suíte Intrusiva Serra da Providência (M1, M2, M3). A amostra Rosa China apresenta foliação milonítica marcante, textura porfiroclástica e granulação grossa. Os porfiroclastos de K-feldspato são circundados por agregados de quartzo de granulação mais fina sendo os contatos entre eles do tipo côncavo-convexo e planares entre os feldspatos e plagioclásio. As microfissuras ocorrem em grande proporção estando algumas delas preenchidas. A amostra Japuranã apresenta granulação média a fina, sendo constituída de feldspato potássico, quartzo, plagioclásio, biotita e titanita. Apresenta textura com excelente engrenagem de grãos, predominando o tipo côncavo-convexo entre os cristais. A rocha apresenta baixo grau de alteração e de microfissuramento, sendo que estas em geral são intra-grãos e preenchidas. A amostra M1 apresenta bandamento gnáissico descontínuo, textura granoblástica, constituída por quartzo, plagioclásio, K-feldspato, biotita, hornblenda, titanita e alto conteúdo de granada. Apresenta bom arranjo entre os cristais. A amostra M2 possui mineralogia similar a M1, entretanto nesta, a textura é inequigranular hipidiomórfica. A M3 apresenta textura milonítica porfiroclástica. Com relação aos resultados tecnológicos apresentam em geral valores dentro dos parâmetros estabelecidos pelas normas brasileiras e americanas. As características petrográficas das amostras contendo granadas e grau de microfissuramento elevado recomenda o uso destas para revestimento vertical em ambientes fechados.

Palavras chave: rocha ornamental, Cráton Amazônico, análises tecnológicas, Província Rio Negro-Juruena, granitos.

ABSTRACT

The rocks studied in this paper are called São Pedro Granite (Rosa China), São Romão Intrusive Suit (Japurana) and Intrusive Suit Serra da Providencia (M1, M2, M3). The Rosa China sample is a rock with strong milonitic foliation, porphyroclastic texture and coarse granulation. The porphyroclasts of potassium feldspar surrounding by clusters of quartz with fine granulation being the contacts a concave-convex and plans between K-feldspar and plagioclase. The micro cracks occur in a large proportion and some of them are filled. The Juparana sample is medium to fine grained, composed of K-feldspar, quartz, plagioclase, biotite and titanite. It has a good gear of the grains, predominating the concave-convex between the crystals. It has low degree of alteration and the micro cracks are filled. The sample M1 has discontinuous banding gneiss, granoblastic texture, composed of quartz, plagioclase, K-feldspar, biotite, hornblenda, titanite and high content of garnet. This rock has a good gear between crystals. The sample M2 has a similar mineralogy of M1 however the texture of this one is inequigranular hipidiomorphic. The sample M3 has milonitic porphyroclastic texture. Concerning technology results, all of samples have values within the parameters established by brasilian and American standards. The petrographic characteristics of samples bearing garnet and with high grade of microcraks recommend the use of these for vertical recovering into closed environments.

Keywords: ornamental rock, Amazonian Craton, technologic test, Rio Negro-Juruena Province, granites.

INTRODUÇÃO

A área de pesquisa localiza-se entre os paralelos 57° e 60° de longitude oeste e 09° e 12° de latitude (Fig. 1) e está geotectonicamente situada na Província geocronológica Rio Negro-Juruena. A Província Rio Negro-Juruena é constituída por uma zona de intensa ocorrência de granitos e migmatitos desenvolvida através de uma sucessão de arcos magmáticos de idades entre 1,8 e 1,55 Ga. A província está limitada a leste-nordeste pela província Ventuari-Tapajós com a qual divide padrão litológico estrutural e evolutivo similares, porém com idades distintas, sendo a primeira entre 2,1 a 1,85 Ga. e a segunda 1,8 a 1,55 Ga. (Tassinari et. al 1996). A oeste-sudoeste seu limite é feito com a Província Rondoniana-San Ignacio. O embasamento

da Província Rio Negro-Juruena é composto por gnaisses, migmatitos, granitoides e raros anfibolitos, reportados como oriundos de arco magmático do tipo andino (Leite et. al 2005). Estudos realizados por Dall'Agnol & Macambira (1992) mostraram que na parte norte desse domínio predomina biotita-titanita monzogranitos. Na fase tardia foram registrados eventos de caráter anorogênico a pós-colisional, representados pelo vulcano-plutonismo Teles Pires (Neder et. al 2001; Pinho et. al 2003).

Ensaio tecnológicos foram realizados a fim de se determinar os Índices Físicos e Fisico-Mecânicos das rochas estudadas para qualificá-las quanto ao uso ornamental e de revestimento. Foram adotadas as especificações da ASTM-C615 e de Frazão & Farjallat (1995).

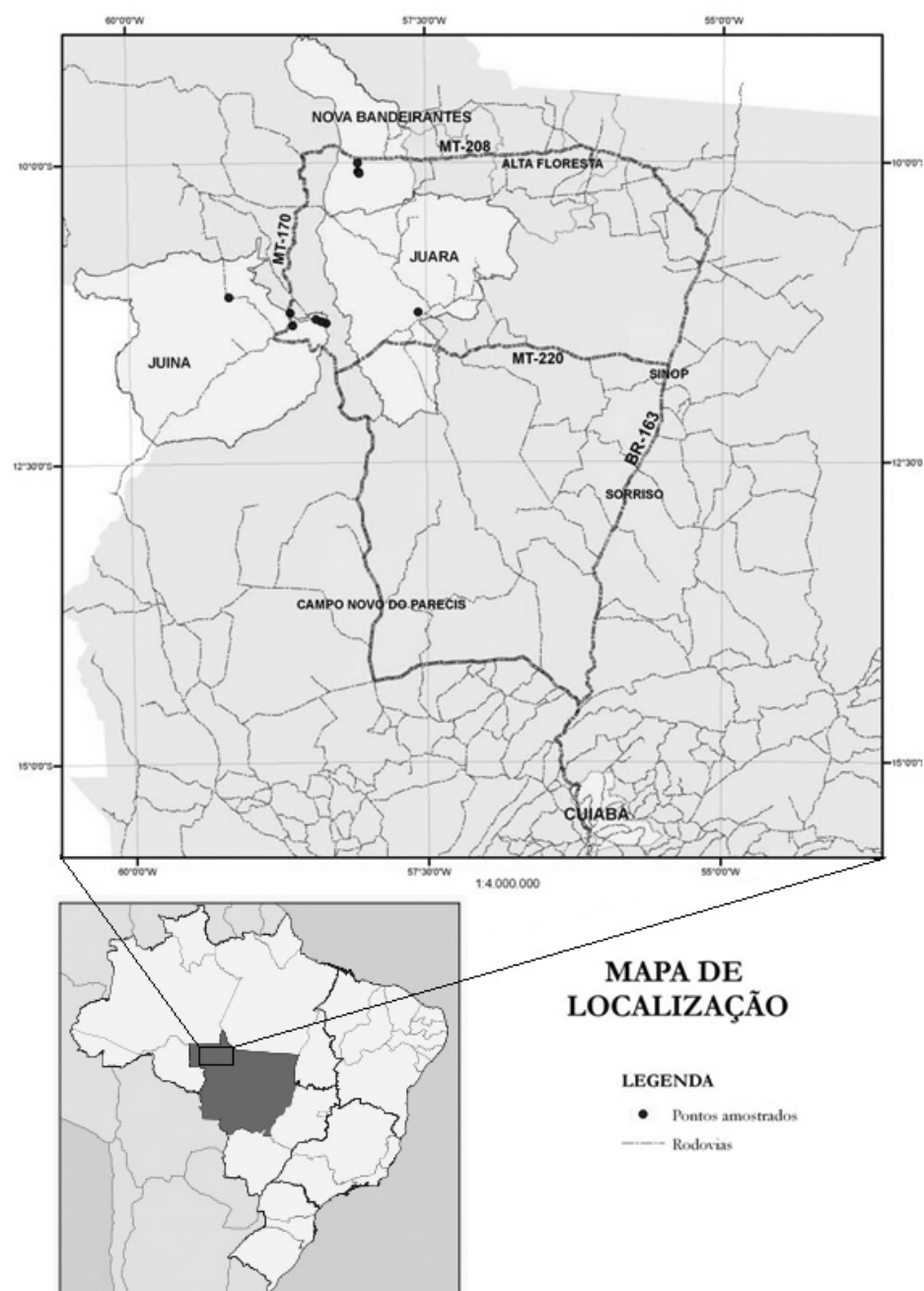


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo e principais vias de acesso.

GEOLOGIA LOCAL

De acordo com Souza et. al (2007) a área de estudo é constituída pelas seguintes

unidades litoestratigráficas: Granito São Pedro (1784 Ma.), Granito São Romão (1770 Ma.), Suíte Intrusiva Serra da Providência e coberturas sedimentares (Fig. 2).

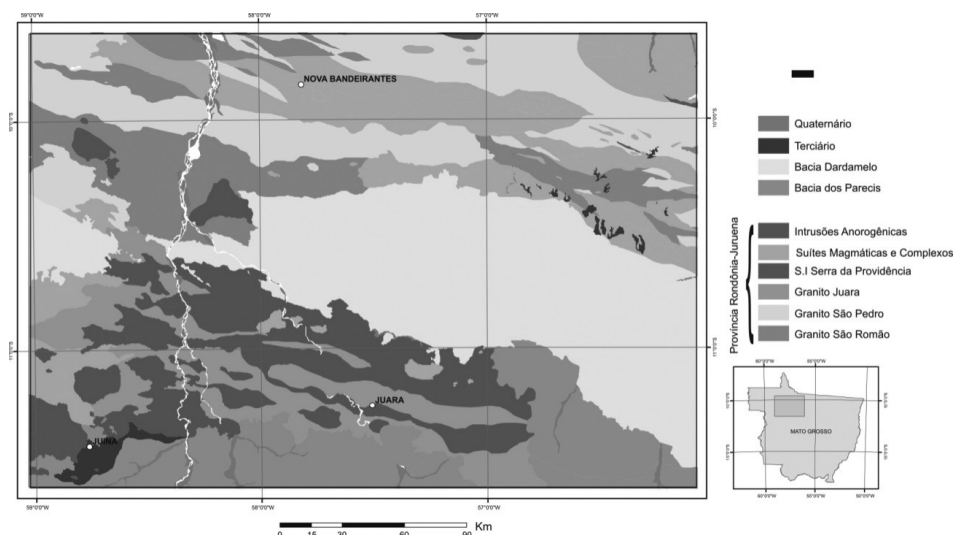


Figura 2 – Mapa das unidades litológicas da área de estudos.

O Granito São Pedro constitui-se predominantemente por biotita granito e biotita monzogranito, com granodiorito, tonalito, monzodiorito e álcali-granito subordinados, sendo comum a presença de enclaves de quartzo-diorito, diorito, quartzo-monzonito e de rochas supracrustais granulitizadas. Estas rochas mostram cor cinza com tonalidades avermelhadas, granulação média a grossa e texturas variadas dependendo do grau de deformação, sendo porfirítica nas partes não deformadas e granoblástica, granolepidoblástica, porfiroclástica e miloníticas nas zonas de deformação intensa. Estruturas ígneas primárias como megacristais tabulares de feldspato potássico e plagioclásio são comuns nas partes não-deformadas. Estas rochas são compostas predominantemente

por feldspatos potássicos pertíticos, plagioclásio, quartzo, biotita, hornblenda e granada. Os litotipos apresentam estruturas protomiloníticas e augen, com variações deformacionais internas como recristalizações, marcadas por quartzo poligonizados. Os contatos com a Suíte Nova Monte Verde, Suítes Vitória e Nova Canaã e com a Suíte intrusiva São Romão são ora transicionais ora tectônicos sendo estes últimos por meio de zonas de cisalhamento dúcteis transcorrentes. Suas melhores exposições localizam-se a SE de Nova Monte Verde sob a forma de blocos e matacões.

A Suíte Intrusiva São Romão teve sua denominação proposta por Ribeiro & Villas Boas (2005) e Frasca & Borges (2005) para representar batólitos e stocks amalgamados que ocorrem desde a

localidade de Colorado até a região do rio Jurueña. Sua área-tipo situa-se ao longo do igarapé São Romão, a noroeste de Nova Monte Verde. Seus contatos com diversas unidades são em sua maior parte, tectônicos, através de falhas transcorrentes, configurando aspecto de lentes amalgamadas, orientadas segundo o *trend* regional NW-SE a EW. Fácies desse corpo de granulometria fina apresenta cor cinza à rósea com pontuações esverdeadas e negras, textura inequigranular e matriz formada por mosaicos de cristais xenomórficos e polygonizados de quartzo e feldspato potássico. As rochas que compõem esta Suíte apresentam estágios deformacionais diferenciados. Estruturas protomiloníticas, miloníticas e gnáissicas são predominantes e orientam-se segundo a configuração tectônica regional NW-SE, com mergulhos médios a altos para NE. A paragênese mineral destas rochas é indicativa de metamorfismo de fácies xisto verde a anfibolito. A posição crustal é de mesozona, tendo sido submetida a um regime deformacional eminentemente dúctil de natureza transpressional em sua formação e transtraccional oblíquo em seu posicionamento. A fase compressiva exibe sistemas de dobras assimétricas e fechadas, com plano axial paralelo à foliação e estruturas ptigmáticas em padrões complexos, seccionadas por veios de quartzo.

A fase transtraccional mostra o rompimento destas feições dobradas, deformando estruturas tipo boudin e dobras sem raiz. Estudos geoquímicos indicam que estes granitos apresentam tendência calcioalcalina, alto potássio, variam de meta a peraluminosos e plotam no campo dos granitos pós-colisionais associados à ambiente de arco continental (Souza et. al 2004). Datação U-Pb (SHRIMP) apresentada por Souza et. al (2004) forneceu idade de cristalização em torno de 1770 ± 9 Ma. e idades-modelos Sm-Nd, em biotita-granada

granito gnáissico e em biotita granito, apresentam valores de 2.098 Ma. a 2.172 Ma., com valores de Nd de + 0,14 e - 1,43, indicando derivação crustal ou hibridização para sua origem ou fonte.

A Suíte Intrusiva Serra da Providência foi originalmente denominada por Leal et. al (1978) de granito Serra da Providência para referir-se ao batólito com textura rapakivi que sustenta a serra homônima no leste de Rondônia. A área-tipo da unidade é o batólito oval da Serra da Providência, o qual tem 140km de comprimento N-S e 40km de largura E-W. A Suíte Intrusiva Serra da Providência pode ser dividido em quatro fácies: 1- fácies granito rapakivi de composição hornblenda-biotita granito, biotita sienogranito, biotita granito milonítico; 2- fácies granito rapakivi porfirítico 3- fácies microclina granito rapakivi, constituído por granito gnáisse milonítico e biotita granito rapakivi cisalhado. 4- fácies hornblenda-granada granito milonítico (Abdallah & Martins 2008).

Estes granitos são rosa a cinza, equigranulares a porfiríticos com fenocristais de K-feldspato de até 10cm, muitas vezes envoltos por delgadas lâminas de plagioclásio típicas da textura rapakivi, imersos em matriz média a fina com quartzo, plagioclásio, biotita e hornblenda. Estão cortados por zonas de cisalhamento de direção predominante E-W marcadas por milonitos a ultramilonitos, por vezes com alteração hidrotermal dada pela abundância de clorita e sericita.

Bizzi et. al (2003) apresentam vários dados geocronológicos que indicam que os granitos da Serra da Providência datam do intervalo de 1606 a 1532 Ma. Dados de Scandolara et. al (2006) da área-tipo do Granito Serra da Providência, em Rondônia, mostram que exceto as idades de metamorfismo e recristalização, as idades de cristalização de protólitos situa-se no intervalo mencionado.

PETROGRAFIA

A tabela 1 apresenta uma síntese de todas as observações feitas em seção

delgada (% mineral, grau de microfissuramento, grau de alterabilidade, grau de anisotropia, entrelaçamento entre os cristais e tipo de contatos minerais).

Tabela 1 - Síntese das observações realizadas em seção delgada para as cinco amostras estudadas.

Amostras estudadas	Rosa China	Japuranã	M1	M2	M3
Feldspato potássico	36,86	73	35	56	36
Plagioclásio	36,86	9	20	10	34
Quartzo	20,19	18	30	30	23
Biotita		6,2		4	
Hornblenda			10	máfico	5
Titanita		acessório	1	máfico	
Apatita				máfico	
Epidoto					
Opacos		traços	2	traços	1
Granada			2	acessório	1
Sericita					
Clorita					
Granulometria	grossa	média a fina	média a grossa	fina	Fina
Classificação QAP	Titanita-biotita-sienogranito-milonítico	Quartzo sienito	Monzogranito gnaiss	Sienogranito	Monzogranito Milonítico
Estrutura	Foliação milonítica	Foliação marcada pela biotita	Foliada, Bandamento gnáissico	Incipiente argilominerais	Foliação milonítica
Textura	Inequigranular porfiroclástica	Inequigranular, xenomórfica	Inequigranular, porfiroclástica	hipidiomórfica	Inequigranular
Microfissuramento	Inter-grão, alto no FK	Intra-grão, baixo	Alto grau nas granadas	Moderado nos FK	Elevado nos FK
Tipo de contato	Lobular, côncavo-convexo serrilhado e planar	Côncavo-convexo	Côncavo-convexo e interlobados	Planares a serrilhados	Interlobados
Grau de alteração	Saussuritização, moderado	Baixo	Moderada na clorita	Oxidação hematita	Incipiente

Granito São Pedro

Titanita-biotita-sienogranitomilonítico

Nome comercial: Rosa China

Em seção delgada observa-se foliação milonítica marcante, textura porfiroclástica, granulação grossa, sendo que os cristais maiores variam de 1 a 5 cm. Constitui-se mineralógicamente de feldspato potássico, plagioclásio, quartzo, biotita, hornblenda, titanita e opacos. Os porfiroclastos de feldspato potássico são circundados por agregados de quartzo de granulação mais fina. Os contatos entre os grãos variam de lobulares a côncavo-convexo a entre os cristais de quartzo (Fig. 3A) e planares entre feldspato potássico e plagioclásio. O feldspato potássico, um dos minerais mais abundantes, ocorre como porfiroclastos e apresenta intercrescimento pertítico na maioria dos cristais (Fig. 3B). O plagioclásio (oligoclásio) ocorre em cristais

ripiformes, com baixo grau de alteração sericítica (Fig. 3C). O quartzo com extinção ondulante ocorre como grãos de forma lenticular a alongada com tamanhos entre 5 e 20 mm e apresenta-se como um mosaico (textura granoblástica equigranular) constituído por grãos entre 0,1 e 0,3mm. Intercrescimentos mirmequíticos são comuns. Como máficos ocorre hornblenda e biotita (Fig. 3D). A hornblenda ocorre em cristais prismáticos de cor verde escuro com pleocroísmo para verde amarelado e a biotita ocorre como cristais agregados diminutos (entre 0,2 e 0,7mm) marcando a foliação milonítica. Inclui poiquiliticamente titanita e apatita. Os minerais opacos ocorrem em pequena proporção como associados à titanita e apatita (Fig. 3E). As microfissuras ocorrem em larga proporção e classificam-se como do tipo intragrão entre os feldspatos potássicos, estando algumas delas preenchidas (Fig. 3F).

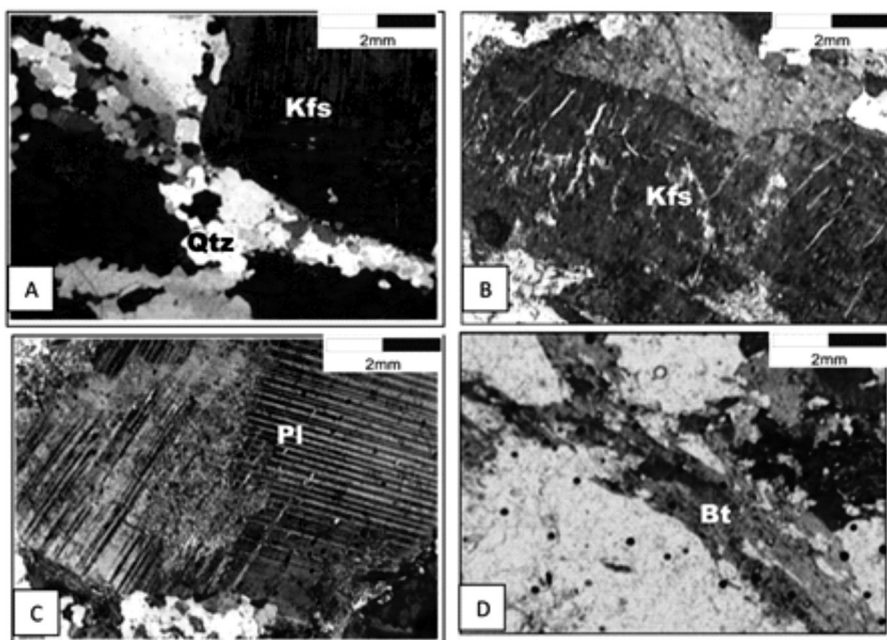


Figura 3 - Rosa China - A) Contatos entre os cristais de quartzo. B) Intercrescimento pertítico. C) Alteração sericítica do plagioclásio. D) Máficos-biotita e hornblenda.

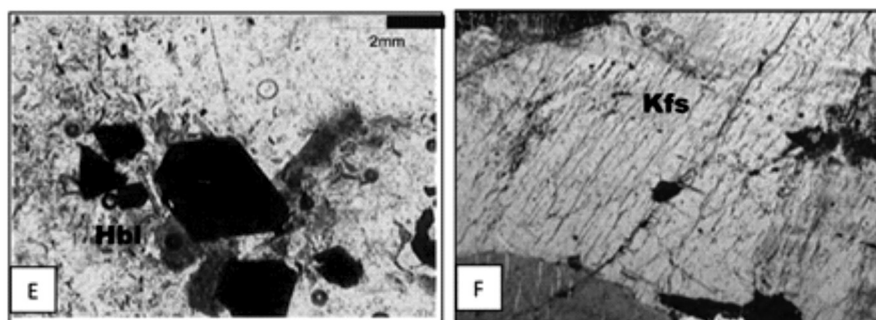


Figura 3 - E) Opacos e titanita. F) Microfissura intragrão no feldspato potássico.

Suíte Intrusiva São Romão

Quartzo sienito

Nome comercial: Japurana

Rocha com textura xenomórfica, de granulação média, sendo que os cristais maiores chegam a 2mm (Fig.4A). Constitui-se de feldspato potássico, quartzo, plagioclásio, biotita e titanita como acessórios. O feldspato potássico (microclina) é o principal mineral da rocha, apresentando-se em cristais equidimensionais, anédricos com geminação xadrez (Fig.4B), intercrescimento pertítico. O Plagioclásio apresenta contatos lobulares irregulares e

intercrescimento mirmequítico. O quartzo ocorre com formas irregulares, limites serrilhados e interlobados com extinção ondulante. A biotita tem pleocroísmo de marrom claro a marrom escuro e ocorre em pequena proporção (Fig. 4C). Os minerais opacos ocorrem como traços. O contato entre os grãos forma uma textura com excelente arranjo entre os grãos uma vez que predomina o tipo côncavo convexo entre os quartzos e lobulado a serrilhado entre os demais cristais. A rocha apresenta baixo grau de alteração e baixo grau de microfissuramento, sendo que as fissuras em geral são intra-grão e são preenchidas (Fig. 4D).

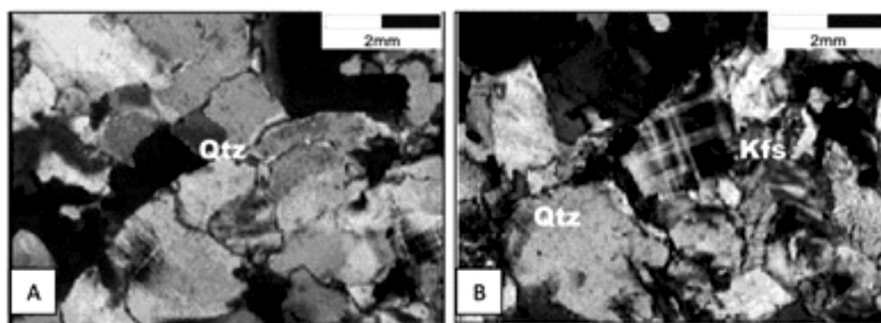


Figura 4 - Japurana - A) Textura xenomórfica. B) Microclina em contato planar com quartzo.

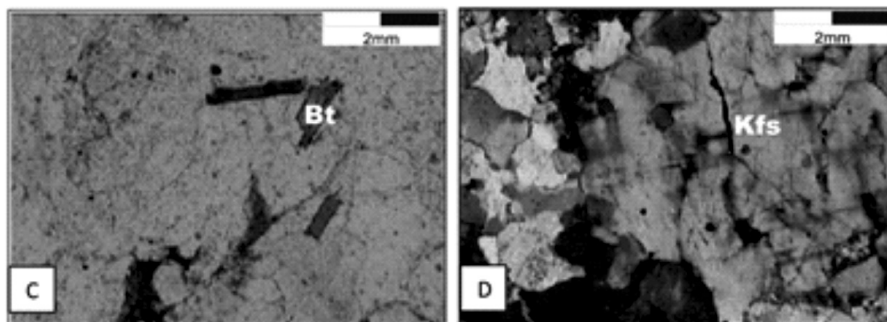


Figura 4 - C) Biotita (LN) marcando foliação. D) Microfissuramento em microclina.

Suíte Intrusiva Serra da Providência

Monzogranito – gnaiss

Amostra analisada: M1

Rocha com bandamento gnáissico descontínuo, textura porfiroclástica com matriz granoblástica a lepdoblástica. Constitui-se mineralogicamente por quartzo, feldspato potássico, plagioclásio, hornblenda, biotita, granada, titanita e opacos. O quartzo é o mineral dominante da rocha e ocorre na maioria das vezes como sub-grãos formando bandas que variam de 0,5 a 0,25mm de largura, com extinção ondulante e contatos interlobados e côncavo-convexos entre si e junto com a biotita marca os bandamentos gnáissicos da rocha (Fig. 5A). O tamanho dos cristais é variável entre 0,1 a 0,8 mm. O K-feldspato ocorre como microclina em cristais subédricos a anédricos, possuindo invariavelmente macla em xadrez (albita-periclina). A textura principal é granoblástica com tamanhos entre 0,1 e 1,0 mm. Ocorre também como porfiroclasto chegando a 2 mm (Fig. 5B). O plagioclásio ocorre em cristais granoblásticos, com tamanhos entre 0,08 até 0,6mm. Alguns cristais possuem macla polissintética e zonação

composicional. Intercrescimentos mirmequíticos são comuns (Fig. 5C). O plagioclásio apresenta saussuritização incipiente formando micas brancas e carbonatos entre as clivagens. Poucos grãos de feldspato alcalino mostram a presença de argilo-minerais representando uma incipiente alteração hidrotermal de baixa temperatura. A biotita é o principal mineral máfico da rocha e ocorre como lamelas finas (0,025 até 0,5mm) de pleocroísmo marrom (Fig. 5D). Na matriz mostra orientação preferencial, forma clusters com anfibólio e/ou granada. Alguns grãos possuem alteração para clorita evidenciando processos hidrotermais de baixa temperatura. A titanita ocorre como grãos euédricos a subédricos, associada com o anfibólio ou biotita ou ainda como cristais na matriz e não ultrapassa a 0,50 mm de diâmetro (média de 0,3mm). A granada ocorre como cristais de até 4,3mm (Fig. 5E). O anfibólio (hornblenda) ocorre como porfiroclasto (Fig. 5F) e possui hábito subédrico a anédrico. Ocorre em geral em clusters com a biotita e granada; os cristais individuais mostram inclusões poiquiliticas de quartzo, biotita, plagioclásio e titanita indicando cristalização tardia. Os grãos possuem

tamanhos entre 0,3 e 3,3mm. Os grãos estão em geral fraturados e com inclusões de quartzo. Os minerais opacos mostram pequena proporção modal e variam de formas retangulares, poligonais, subédricos a euédricos com granulação fina. A clorita ocorre como produto da alteração parcial

ou quase integral da biotita. Pode-se considerar que a rocha apresenta moderado grau de microfissuramento relacionado ao feldspato potássico com pequena densidade de fraturamento limitando-se as granadas e hornblenda. No geral a rocha apresenta alteração incipiente.

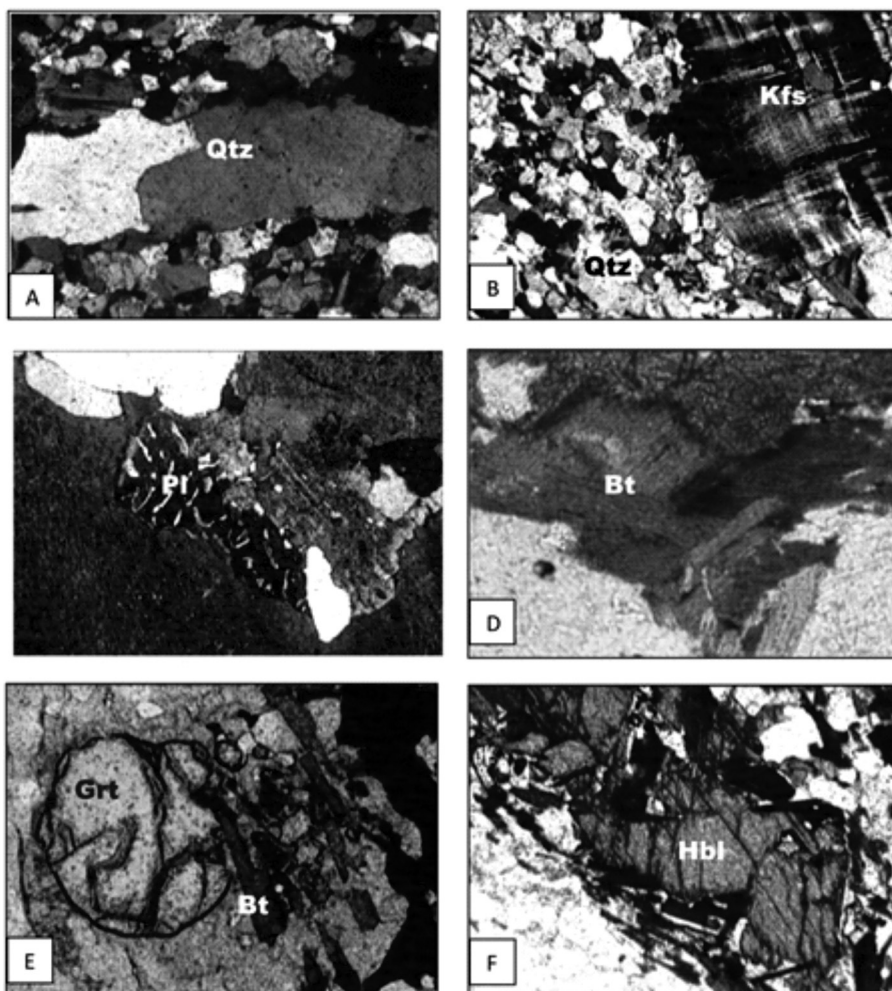


Figura 5 – Amostra analisada M1 - A) Contatos interlobados e concavo-convexo entre os quartzos. B) Porfiroclasto de feldspato potássico em matriz fina de quartzo recrystalizado. C) Intercrescimentos mirmequíticos no plagioclásio. D) Biotita em lamelas. E) Cluster de granada fraturada. F) Hornblenda com hábito subédrico como máfico.

Suite Intrusiva Serra da Providencia

Sienogranito

Amostra analisada: M2

Rocha de cor marrom café a rosado com traços máficos (biotita e anfibólio) levemente orientados, textura inequigranular com alguns megacristais de feldspato potássico com intercrescimento perítico e geminação Carlsbad imersos numa matriz de granulação fina (Fig. 6A). A rocha possui textura inequigranular hipidiomórfica, com trama dominada por feldspato potássico, quartzo, plagioclásio, biotita, hornblenda e titanita. O K-feldspato é o principal mineral da rocha, ocorre como ortoclásio e subordinadamente microclina. Os cristais de ortoclásio com diâmetro entre 0,04 e 2,9 mm são em geral subédricos e ocorrem como grãos maiores ou na matriz junto com o quartzo, formando textura granular hipidiomórfica. A microclina possui macla em xadrez (albita-periclina). Muitos grãos possuem inclusões de quartzo redondo ou com contornos irregulares. Alguns megacristais de feldspato potássico estão microfissurados (Fig. 6 B). O quartzo ocorre predominantemente como grãos equigranulares, anédricos e amebóides, com tamanhos entre 0,06 e 1,2 mm. Ocorre também na forma de quartzo vermicular (textura mirmequítica), no interior do plagioclásio. O plagioclásio ocorre na forma de prismas subédricos a anédricos,

com tamanhos entre 0,06 até 0,90 mm. Diversos grãos possuem intercrescimento mirmequítico e alteração incipiente para argilo-minerais (mica branca finamente dividida), localizada ao longo das clivagens ou planos de maclas. O anfibólio é o principal mineral máfico da rocha, com hábito subédrico a anédrico e foi identificado como hornblenda. Ocorre em geral associado com a biotita (Fig. 6 C). Os grãos individuais apresentam inclusões de quartzo, biotita, plagioclásio ou apatita, indicando cristalização tardia. Possuem tamanhos entre 0,04 e 1,2 mm. A granada ocorre como acessório em cristais anédricos a arredondados, cor rosa pálida com alto grau de fraturamento, às vezes incluindo poiquiliticamente minerais opacos (Fig. 6 D). A biotita ocorre como lamelas finas entre 0,04mm a 0,9 mm em geral na matriz, com orientação preferencial, ou associada com o anfibólio, formando agregados de minerais máficos. Diversos cristais possuem zonação ótica, com bordas de cor mais escura relacionada à variação composicional. Os minerais opacos possuem formas retangulares, quadradas ou ocorrem como núcleos inclusos em cristais anédricos de granada. A alteração dos opacos também gera produtos oxidados ou hidróxidos de ferro. A apatita e o zircão são euédricos a subédricos, geralmente inclusas nas biotitas, feldspatos ou quartzo e com tamanho inferior a 0,10mm.

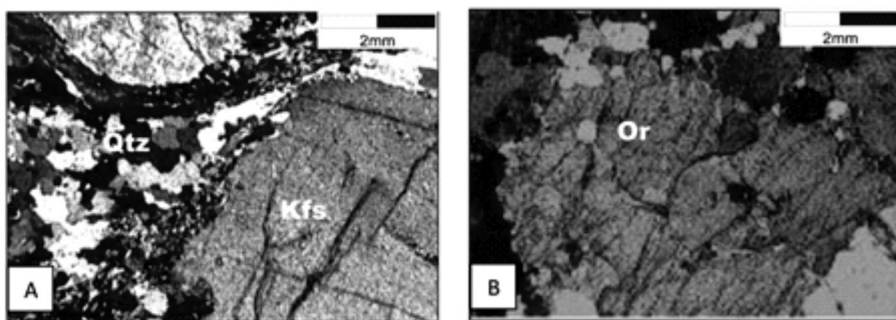


Figura 6 – Amostra analisada M2 - A) Contato de porfiroclastos de feldspato potássico com agregados finos de quartzo. B) Fissuras no ortoclásio.

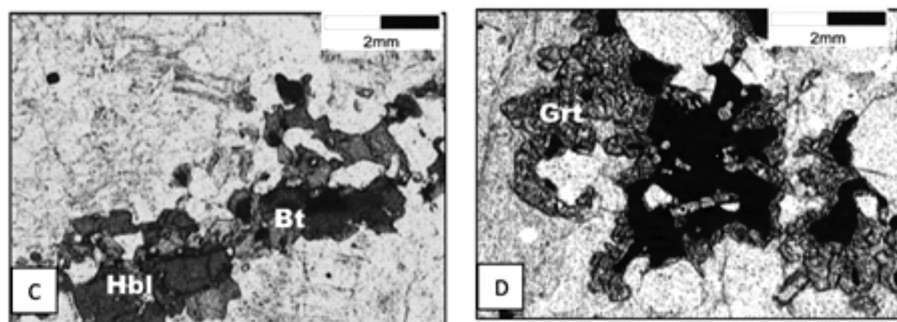


Figura 6 - C) Hornblenda e biotita como máficos. D) Granada em cristais anédricos englobando minerais opacos.

Suíte Intrusiva Serra da Providencia

Monzogranito milonítico

Amostra analisada: M3

Rocha protomilonítica de granulação grossa, constituída de feldspato potássico, plagioclásio, quartzo, hornblenda, granada e opacos.

Os cristais de ortoclásio, hornblenda e granada constituem porfiroclastos que variam de 1cm a 3mm imersos numa matriz quartzo-feldspática granoblástica fina. A biotita ocorre marcando os bandamentos miloníticos juntamente com os opacos, intercalando-se com a porção félsica recristalizada de quartzo e feldspato potássico de granulação fina (1 a 2 mm) (Fig. 7 A). O plagioclásio (oligoclásio) ocorre em menor proporção em cristais anedrais com baixo grau de saussuritização. O quartzo ocorre na matriz em cristais equigranulares, anédricos, amebóides, com tamanhos 0,03 e 0,6mm, com contatos interlobados

entre si ou com os feldspatos (Fig. 7 B). Subordinadamente ocorrem como inclusões no feldspato alcalino e plagioclásio, ou preenchendo fraturas de extensão dos feldspatos. A Biotita ocorre com pleocroísmo marrom escuro à marrom claro em cristais alongados, achatados e às vezes encurvados devido à deformação. Em geral ocorre associada a minerais opacos. A hornblenda apresenta cor verde escuro com leve pleocroísmo (Fig. 7 - C) e às vezes associam-se a biotita marcando a foliação da rocha (Fig. 7 D). Como acessório ocorrem granada de cor rosa claro, muito fraturada em forma de porfiroclastos de até 10 mm além de apatita e zircão. O grau de fraturamento e estado microfissural desta rocha é elevado e a alteração é incipiente. O arranjo entre os cristais é bom nas porções constituídas de quartzo recristalizado, porém apresenta como plano de fraqueza a forte foliação milonítica e o grau de fraturamento.

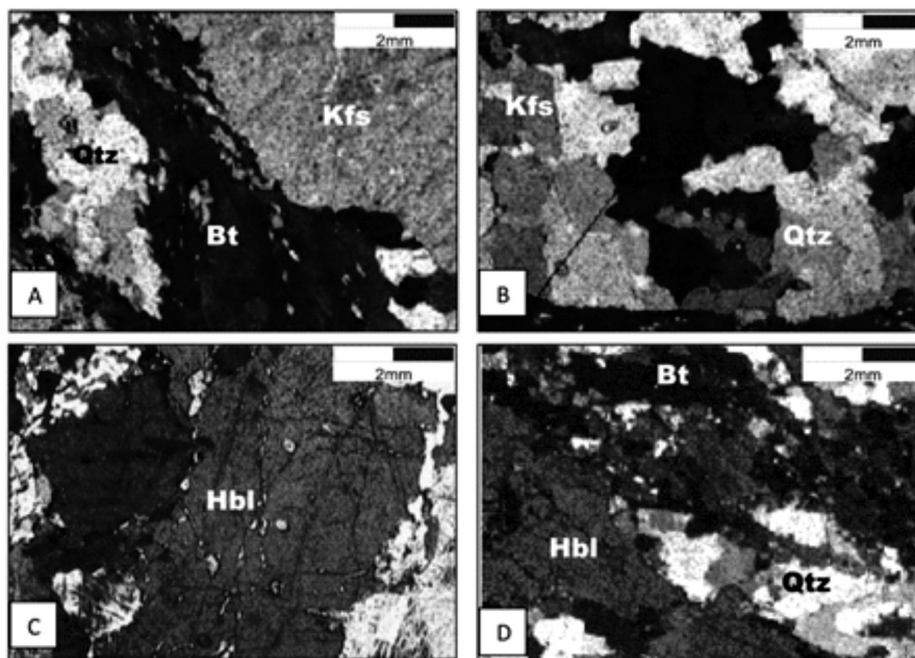


Figura 7 - Amostra analisada M3 - A) Biotita marcando foliação milonítica em contato com matriz quarzo-feldspática fina e ortoclásio pertítico. B) Quartzo na matriz em cristais equigranulares, anédricos, amebóides, com contatos interlobados entre si ou com os feldspatos. C) Hornblenda em cristais subédricos. D) Cristais de hornblenda associados com a biotita marcando a foliação da rocha.

ANÁLISES TECNOLÓGICAS

As análises tecnológicas foram realizadas no laboratório de Mecânica e Tecnologia das Rochas do Departamento de Geotecnia da Fundação de Ciência e Tecnologia - CIENTEC em Porto Alegre/RS. Cinco variedades de rochas estudadas foram analisadas para os seguintes parâmetros: determinação dos índices físicos (massa específica aparente seca, massa específica aparente saturada, absorção de água e porosidade); ensaios de velocidade ultra-sônica, determinação do coeficiente de dilatação térmica linear, resistência ao desgaste por abrasão AMSLER, resistência ao tráfego de pedestre; caracterização

mecânica com determinação da resistência à flexão, resistência à compressão uniaxial e resistência ao impacto de corpo duro.

Índices físicos

São denominados índices físicos da rocha as propriedades de massa específica aparente seca e saturada, porosidade aparente e absorção d'água. Estas propriedades são obtidas por cálculos a partir dos pesos no estado seco, saturado com água e submersão. Para se determinar os valores de cada uma dessas propriedades, são necessários 10 fragmentos de rocha com 5 a 7 cm de diâmetro, os quais são pesados ao ar, após secagem em estufa a 110 °C,

saturação em água por 48 horas e condição submersa após saturação. A massa específica é usada como a densidade aparente da rocha permitindo o cálculo preciso do peso de uma chapa ou bloco, usando suas medidas. Permitem avaliar indiretamente o estado de alteração e de coesão das rochas (IPT, 2000).

Resistência ao desgaste por abrasão (Amsler)

Este ensaio visa verificar a redução da altura ou de espessura (em mm) que duas placas de rocha de 7,5 x 7,5 x 2,5cm apresentariam após um percurso abrasivo (areia quartzosa) de 1000m em uma máquina apropriada denominada Máquina Amsler, de acordo com as diretrizes da ABNT-NBR12042. Esta máquina dispõe de uma pista circular móvel de aço com um metro de perímetro médio, em que são assentados, sob pequena pressão, dois corpos-de-prova de 7x7x2cm, os quais são desgastados pela ação de areia quartzosa. O valor do desgaste Amsler é expresso pela média da redução de altura dos corpos-de-prova após percurso de 1000m.

Coefficiente de dilatação térmica linear

Este ensaio visa determinar o coeficiente de dilatação térmica linear de rochas em um dado intervalo de temperatura. Os ensaios por amostra de rocha são realizados em dois corpos-de-prova cilíndricos de 3,2 cm de diâmetro e 7 cm de comprimento. São aquecidos em água a partir de 0° até 50°C, e resfriados desde 50° C até 0°C, de acordo com a norma ABNT-NBR 12756.

As deformações são medidas com transdutores do tipo LVDT – Linear Variable Differential Transducer e com registro simultâneo em registrador X-Y. Os resultados são expressos em (mm/m°Cx10³).

Resistência ao impacto de corpo duro

Este ensaio é determinado através da queda de um corpo sólido de uma determinada altura que provoca ruptura do corpo-de-prova que são retangulares de 20x20x3 cm; são apoiados em um colchão de areia de 10 cm de espessura e submetidas ao impacto pela queda de uma bola de aço de 1 kg. A altura inicial da queda é de 20cm, aumentando de 5 em 5 até ocorrer o fraturamento das placas. O resultado para cada amostra é a média aritmética das alturas de queda que fraturam as placas.

Resistência à compressão uniaxial

Estes ensaios visam determinar qual a tensão que provoca a ruptura da rocha quando esta for submetida a esforços compressivos. Estes ensaios são executados no estado seco, em cinco (5) corpos-de-prova de forma cúbica, com arestas de aproximadamente 7 cm submetidos a esforços compressivos em uma prensa hidráulica com capacidade de 200 toneladas.

Resistência à flexão 3 pontos

Os ensaios de flexão visam determinar qual a tensão que provoca a ruptura da rocha quando submetida a esforços fletores. São utilizados corpos-de-prova retangulares de dimensões próximas de 20x10x5cm cortados em serra diamantada e em estado seco pra cada cinco (5) corpos-de-prova.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados tecnológicos para as cinco amostras estudadas são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 - Resultados das cinco amostras estudadas junto com as especificações da ASTM e valores sugeridos por Frazão & Farjallat (1995).

Modalidade de Ensaio	Especificação ASTM C615	Frazão & Farjallat 1995	Japurã	Rosa China	M1	M2	M3
Massa específica aparente Seca (g/cm ³)	2,56	2,55	2,63-2,64	2,68-2,66	2,67-2,66 (ASTM-ABNT)	2,68-2,68 (ASTM-ABNT)	2,72-2,71 (ASTM-ABNT)
Absorção de água (%)	0,4	0,4	0,1-0,2	0,2-0,3	0,07-0,15 (ASTM-ABNT)	0,03-0,7 (ASTM-ABNT)	0,05-0,13 (ASTM-ABNT)
Porosidade Aparente (%)	NE	1	0,5	0,8	0,4 (ASTM-ABNT)	0,2 (ASTM-ABNT)	0,4 (ASTM-ABNT)
Velocidade Ultrasônica (km/S)	NE	4,0	5,955	5,70	* 5,77	* 5,87	* 6,04
Dilatação térmica linear (10 ⁻³ mm/m °C)	NE	12	6,22	6,22	* 5,8	* 7,1	6,2
Desgaste por abrasão Amsler (mm)	NE	1	0,1	0,3	0,7	0,6	0,7
Resistência ao tráfego de pedestre (Ha)	25	NE	56,2	35,2	48,6	57,8	32,9
Resistência à compressão uniaxial (MPa)	131	100	153,74	108,23	180,84	* 182,88	138,45
Resistência à flexão, método 3 e 4 pontos	8,27	NE	16,50	8,34	17,18	* 19,28	16,24
Resistência ao impacto de corpo duro (cm)	NE	30	58	56	49	41	44

Índices físicos

De acordo com Meyer (2003), a característica petrográfica determinante nos resultados de índices físicos é o microfissuramento, o grau de anisotropia, a granulação e o entrelaçamento dos cristais. A figura 8 mostra o comportamento das amostras estudadas comparadas com os parâmetros da ASTM e de Frazão e Farjallat (1995). A amostra Rosa China que

apresenta maior grau de porosidade aparente (0,8) mostra em sua textura fenocristais bem desenvolvidos, o que leva a um maior microfissuramento e consequentemente maior porosidade. A amostra Japurana apresenta granulação fina, o que favorece os bons resultados de índices físicos enquanto M2 apresenta o menor grau de porosidade devido à presença de quartzo recristalizado circundando os porfiroclastos (granada, hornblenda e feldspato).

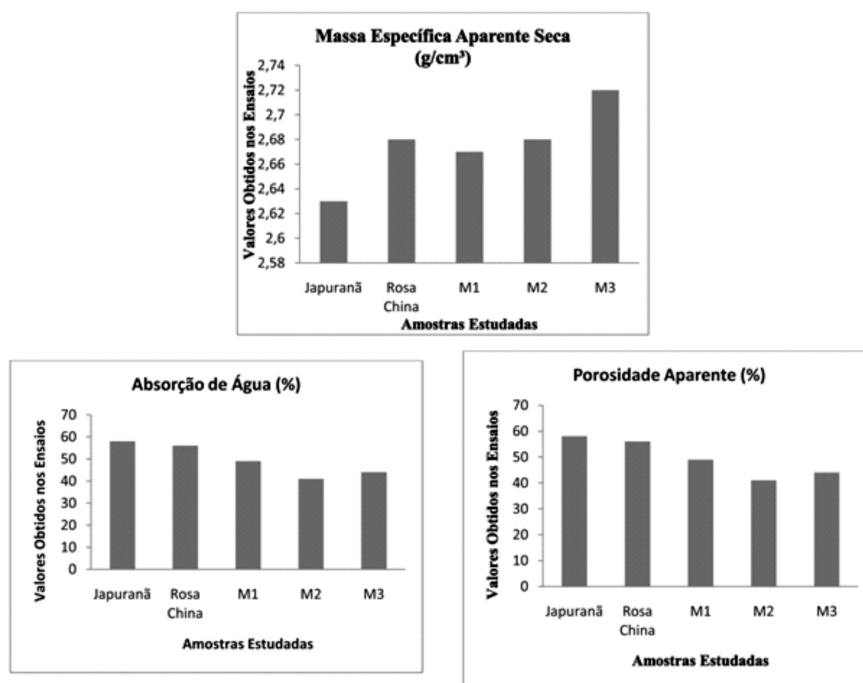


Figura 8 – Resultados de índices físicos das amostras estudadas comparadas com os parâmetros propostos pelo ASTM e Frazão e Farjallat (1995).

Velocidade Ultrasônica

A velocidade das ondas ultrasônicas nos materiais rochosos é reflexo direto do grau de isotropia, sendo influenciada por estruturas, grau de alteração, porosidade e presença ou não de água. O resultado desse ensaio pode auxiliar o entendimento do comportamento da rocha frente aos ensaios de compressão uniaxial e de flexão, pois altas velocidades são relacionadas a

materiais isotrópicos sugerindo um alto grau de integridade, esperando-se assim maiores valores de resistência mecânica (Meyer 2003).

Na área de estudo todas as amostras apresentaram alta velocidade das ondas ultra-sônicas, não mostrando diferenças entre si, ainda que variem em termos de anisotropia. Este resultado mostra que as rochas da área de estudo apresentam grande resistência mecânica (Fig. 9).

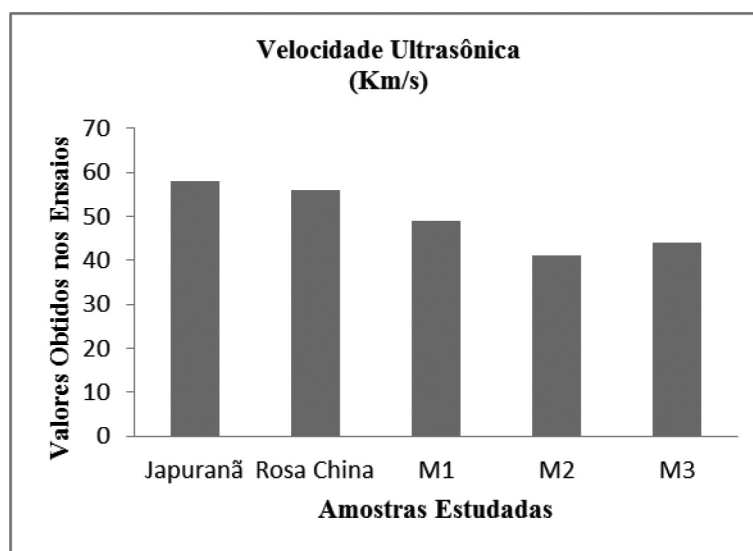


Figura 9 – Resultados dos ensaios de velocidade ultra-sônica para as amostras da área estudada comparados com os parâmetros propostos pela ASTM e por Frazão e Farjallat (1995).

Dilatação Térmica Linear

O ensaio de dilatação térmica linear de materiais rochosos é indicado para a avaliação de sua aplicação em ambientes internos ou externos, dando especial atenção a materiais que são expostos ao sol e ou

sujeitos a grandes oscilações de temperaturas. Os resultados das amostras estudadas mostram que essas rochas são altamente qualificadas quanto a este ensaio tecnológico devido aos resultados muito menores do que o mínimo proposto pelas normas de Fração & Farjalatt (1995), conforme figura 10.

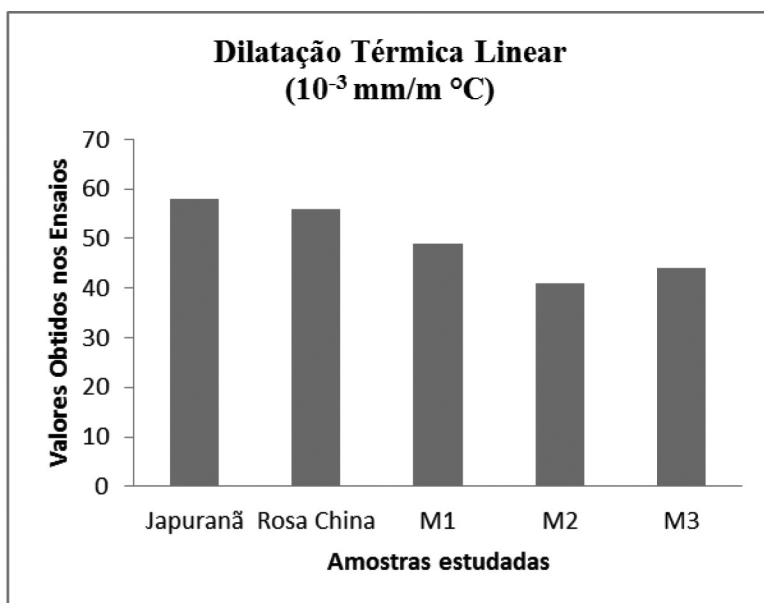


Figura 10 – Resultados dos ensaios de dilatação linear.

Desgaste por Abrasão Amsler

A execução deste ensaio é importante para a qualificação de materiais pétreos utilizados em revestimentos horizontais, pisos e degraus de escadas. Os materiais de baixo desgaste são geralmente empregados em pisos, em locais de alto tráfego como estações de metro e rodoviária, agências bancárias, shoppings, e aeroportos. As amostras estudadas apresentam valores de boa resistência ao desgaste,

entretanto nota-se o resultado muito melhor para a amostra Japurana (Fig. 11). Tal amostra apresenta além da composição mineralógica quartzo-feldspática uma granulometria fina que dá maior coesão a rocha. A amostra Rosa China embora apresente uma textura porfiritica onde os cristais mais desenvolvidos são de feldspato potássico apresentam também excelentes resultados devido à presença de quartzo recristalizado em torno dos fenocristais conferindo grande resistência a rocha.

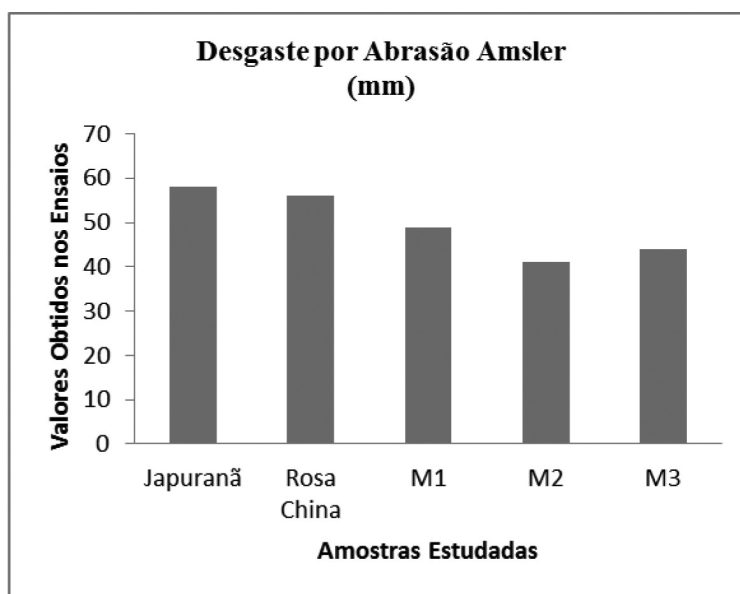


Figura 11 – Resultados dos desgastes por Abrasão Amsler.

Resistência ao Tráfego de Pedestre

Os melhores resultados foram apresentados pelas amostras com baixa anisotropia. A amostra Japurana, apresenta

como característica favorável além da baixa anisotropia, granulação fina, equigranular. No entanto todas as amostras apresentam valores superiores em até duas vezes o valor de referência (Fig. 12).

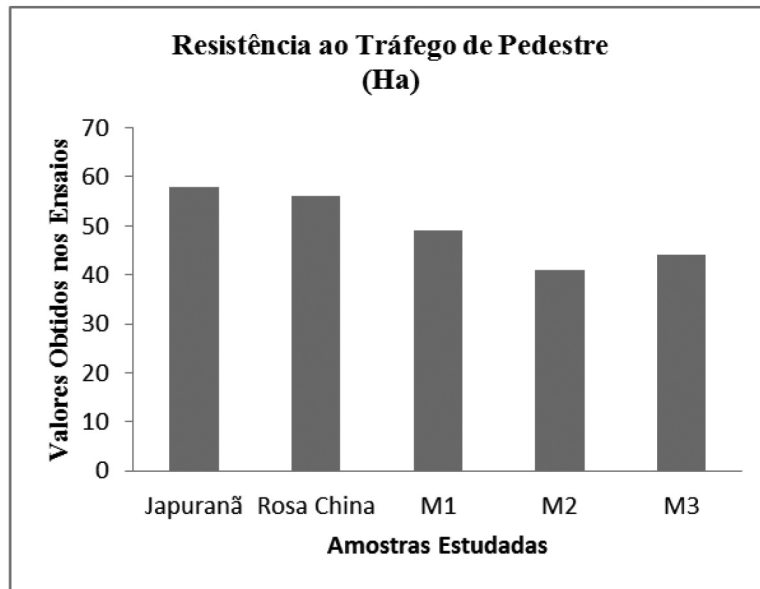


Figura 12 – Resultados do índice de resistência ao tráfego de pedestre.

Resistência a Compressão Uniaxial

A realização deste ensaio é importante para dimensionamento de rochas que desempenharão função estrutural como, por exemplo, em colunas, edificações e pedestais porque ele avalia a resistência da rocha a esforços compressivos, verificando a tensão máxima que a rocha suporta antes da ruptura. Meyer (2003) considera que rochas que apresentam granulação mais fina, baixa anisotropia, bom

entrelaçamento mineral e baixo microfissuramento têm bom comportamento a este ensaio. Isto pode ser confirmado nos resultados apresentados para as rochas estudadas já que as amostras com melhores resultados neste ensaio são: Japurã que apresenta granulação fina e baixa anisotropia e M1 e M as quais apresentam bom entrelaçamento mineral fornecido pela matriz fina de quartzo recristalizado que suporta os porfiroclastos presentes na rocha (Fig. 13).

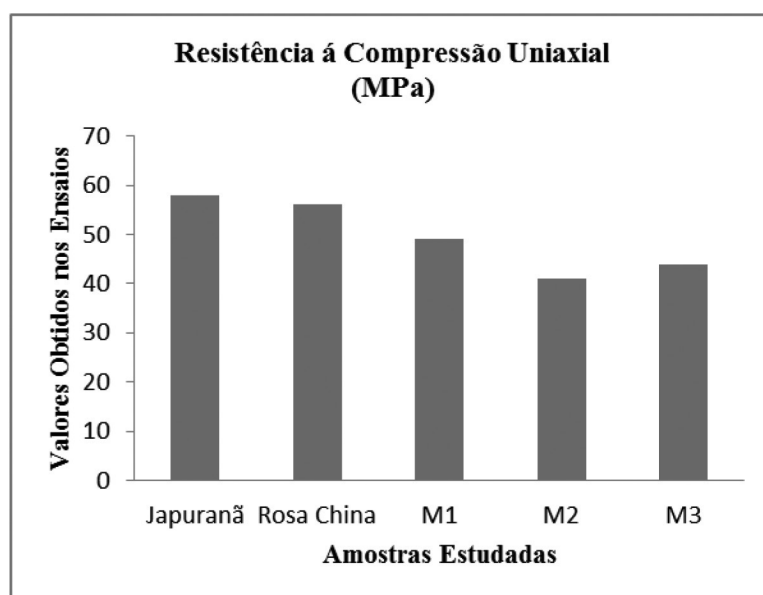


Figura 13 – Resultados dos ensaios para compressão uniaxial.

Resistência à Flexão 3 e 4 pontos

Neste ensaio determina-se qual a tensão máxima que provoca ruptura. O pior resultado foi apresentado pela amostra Rosa China, devido à presença de megacristais de feldspato potássico, numa

textura porfirítica. Os resultados da amostra Japurana mostram-se mais favoráveis devido à granulação fina e a homogeneidade da rocha. A amostra M1, M2 e M3 são mais resistentes devido à presença de quartzo recristalizado na matriz que confere uma resistência a rocha (Fig. 14).

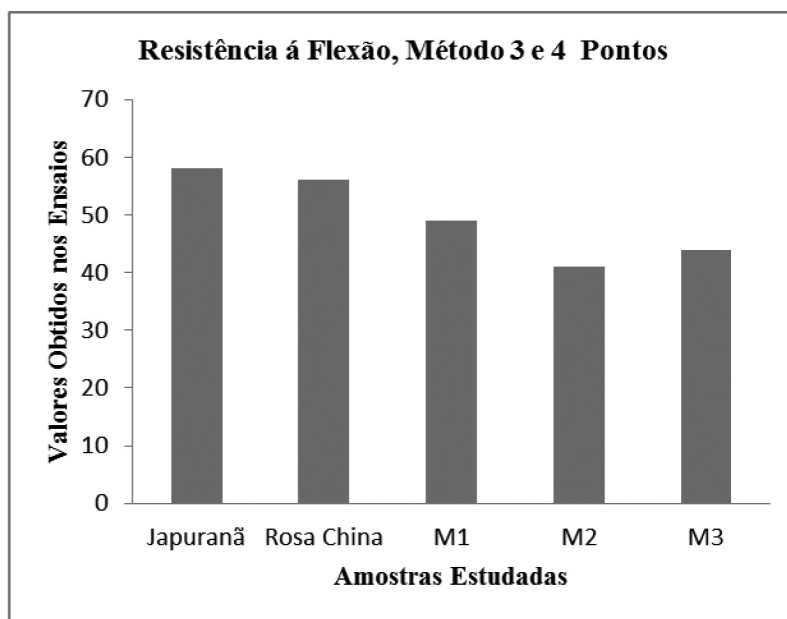


Figura 14 – Resultado dos ensaios de resistência à flexão 3 e 4 pontos.

Resistência ao Impacto de Corpo Duro (cm)

O impacto de corpo duro avalia a resistência da rocha quando sofre o impacto de uma bola de aço. Os resultados obtidos demonstram que a granulometria da rocha

e a engrenagem mineral são características muito importantes para a resistência da rocha uma vez que a amostra Japurã que apresenta um dos melhores resultados tem granulagem fina e o Rosa China apresenta cristais de quartzo recristalizados que circundam o feldspato potássico (Fig.15).

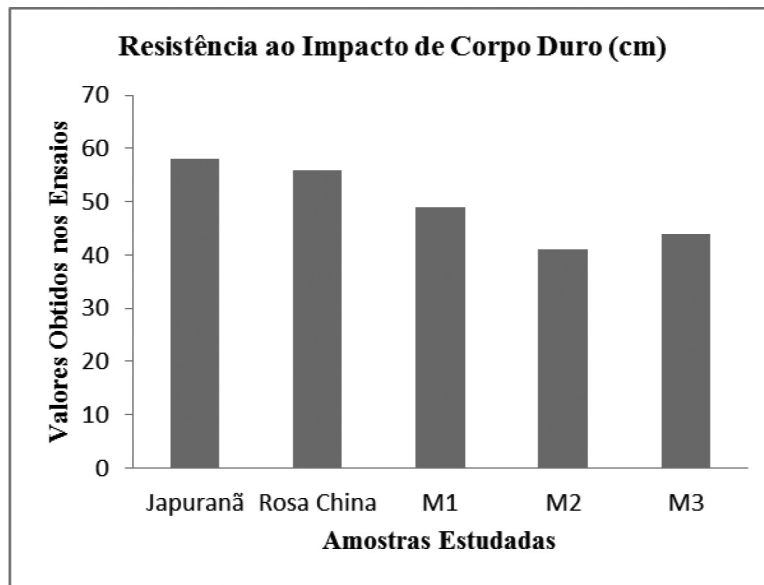


Figura 15 – Resultado dos ensaios de resistência ao impacto de corpo duro.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

De uma maneira geral todas estas rochas são classificadas como comuns pelo padrão cromático, e pelas suas características estéticas e petrográficas. Ainda que seus parâmetros tecnológicos indiquem o uso destas para revestimento interno, horizontal e vertical, observa-se que seu padrão cromático seria mais recomendável para uso como tampos de mesa, balcões, piaas de cozinha, banheiros, soleiras e detalhes decorativos. A presença de granada nas amostras da Suíte Intrusiva Serra da providência (M1, M2 e M3) mostra que estas rochas não são indicadas para uso em ambientes úmidos e nem de alto tráfego, já que a granada sofre escarificação com grande facilidade. A amostra Rosa China apresenta valor de compressão simples abaixo dos especificados pela ASTM (embora tais valores sejam aprovados pelas normas de Frazão & Farjallat (1995) não sendo a mesma recomendada para revestimento horizontal ou alto tráfego de pedestres. Recomenda-se para definição do aproveitamento destas rochas com maior precisão, que análises de alterabilidade química e perda de brilho seja objeto de estudos futuros.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo recurso financeiro ao projeto n. 554354/2005-5 de rochas ornamentais na região de Alta Floresta, a David Chezzini que auxiliou nos trabalhos de campo, ao curso de Pós graduação em Geociências da UFMT e ao 12º DNPM que concedeu licença a mestranda para desenvolver a sua dissertação de mestrado.

Referências

- ASTM - American Society for Testing and Materials. 1990. Standard Test Method for Laboratory: Determination of Pulse Ultrasonic Elastic Constants of Rocks. 5p. (standard D-2845).
- Abdallah, S., & Martins, E. G. 2008. Geologia e recursos minerais da Folha Juína (SC.21-Y-C). In: 44º Congresso Brasileiro de Geologia, Curitiba-PR.
- Bizzi, L. A., Schobbenhaus, C., Vidotti, R. M., Gonçalves, J. H. 2003. Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil. CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Texto, Mapas e SIG.
- Dall'agnol, R. & Macambira, M. J. B. 1992. Titanita-Biotita Granitos do Baixo Rio Uaupes, Província Rio Negro, AM. *Revista Brasileira de Geociências*, 22 (1) 3-14.
- Frasca, A. A. S. & Borges, F. R. 2005. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Projeto Província Mineral de Alta Floresta (PROMIN ALTA FLORESTA). Geologia e Recursos Minerais da Folha Ilha 24 de Maio - SC.21-Z-A. Brasília: CPRM.
- Frazão, E. B. & Farjallat, J. E. S. 1995. Seleção de pedras para revestimento e propriedades requeridas. *Rochas de Qualidade*, 124: 8.
- IPT – Instituto De Pesquisas Tecnológicas Do Estado De São Paulo. 2000. Rochas ornamentais e de revestimento do Estado de São Paulo. In: Frasca, M. H. B. O. IPT. CD-ROM.
- Leal, J. W. L., Silva, G. H., Santos, D. B., Teixeira, W., Lima, M. I. C., Fernandes, C. A. C., Pinto, A. C. 1978. Projeto Radambrasil. Folha SC.20 - Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. (Levantamento de Recursos Naturais, 16). p. 17-184.

- Leite, J. A. D., Santos, A. A. S. 2005. Caracterização Tecnológica de alguns granitos de Juara-MT, Brasil: um potencial pólo de rochas ornamentais. *In: I Congresso Internacional de Rochas Ornamentais, Guarapari-ES.*
- KRETZ, R. (1983): Symbols for rock-forming minerals. *Am. Mineral.* **68**, 277-279.
- SPEAR, F.S. (1993): *Metamorphic phase-equilibria and Pressure – Temperature – Time Paths.* Mineralogical Society of America, Washington, D.C.
- Meyer, A.P.; Artur, A.C.; Navarro, F.C. 2003. Principais fatores condicionantes da resistência ao ataque químico em rochas de revestimento. *In: IV Simpósio De Rochas Ornamentais do Nordeste, Recife-PE.*
- Néder, R. D., Figueiredo, B. R., Tassinari, C. C. G., Leite, J. A. D. 2001. Implicações genéticas da alteração cálcio-silicática do depósito de Zn/Pb da Serra do Expedito, Aripuanã, MT. *In: Geology of SW Amazon Craton: the state-of-art, São Paulo-SP.*
- Pinho, B. M. A. S., Schums, W. R. V., Chemale, J. R. F., Pinho, F. E. C. 2003. U-Pb and Sm-Nd Evidence for 1.78 Ga magmatism in Moriru Region, Mato Grosso, Brasil: implications for Province boundaries in the Amazon Craton. *Precambrian Research*, 126: 1-25.
- Ribeiro, P. S. E. & Villas Boas, P. F. 2005. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Projeto Província Mineral de Alta Floresta (Promin Alta Floresta). Geologia e Recursos Minerais da folha São João da Barra – SC.21-V-D. Goiânia: CPRM.
- Scandolara, J. E. 2006. *Geologia e Evolução do Terreno Jamari, embasamento da Faixa Sunsás/Aguapeí. Centro-Oeste de Rondônia, sudoeste do Cráton Amazônico.* Tese de doutorado. Instituto de Geociências – UNB.
- Souza, J. O., Frasca, A. A. S., Oliveira, C. C. 2004. Projeto Província Mineral de Alta Floresta. Geologia e Recursos Minerais das folhas Rio São João da Barra (SC.21-V-D), Alta Floresta (SC.21-X-C), Ilha 24 de Maio (SC.21-Z-A); Vila Guarita (SC.21-ZB), estados de Mato Grosso e Pará. Escala 1:250.000. Brasília: CPRM.
- Souza, J. O., Oliveira, C. C., Albuquerque, M. C., Abreu Filho, W., Martins, E. G., Abdallah, S., Araújo, E. S., Lacerda Filho, J. V. 2007. Projeto Noroeste de Mato Grosso.
- Tassinari, C. C. G., Cordani, U. G., Nutman, A. P., Van Schmus, W. R., Bettencourt, J. S., Taylor, P. N. 1996. Geochronological Systematics on Basement Rocks From The Rio Negro Juruena Province (Amazonian Craton) and Tectonic Implications. *International Geology Review*, 38: 161-175.