

Estudo da influência mineralógica e dos componentes da argamassa na fixação de alguns “granitos”

Lizandra Nogami¹; Antenor Braga Paraguassú²; José Eduardo Rodrigues³

RESUMO

No presente trabalho, foram feitos ensaios de aderência em placas de diferentes tipos de “granitos” comerciais, com uma argamassa colante para porcelanatos (desenvolvida em laboratório) e outra industrializada. Os ensaios foram realizados tanto na face rugosa quanto na polida para verificar as influências da rugosidade e da mineralogia. Os valores mostraram uma relação direta da adesão com o aumento da rugosidade e inversa com o aumento do teor de quartzo. Para confirmar a influência da mineralogia, foram realizados ensaios com monocristais de feldspato e quartzo. Os resultados mostraram que a aderência do quartzo é menor que a do feldspato, em aproximadamente 50%.

INTRODUÇÃO

Nas construções, as rochas ornamentais e de revestimento destacam-se pela durabilidade, resistência mecânica, efeitos estéticos e funcionais, inserindo-se em um importante setor da economia de diversos países, dentre eles o Brasil. A qualidade dos granitos brasileiros associada à grande variedade cromática e textural faz com que sejam bem aceitos no mercado mundial. A produção brasileira de rochas ornamentais e de revestimento mostra sinais de crescimento mesmo com a crise das construções nos Estados Unidos, principal destino das nossas exportações.

Apesar da pujança econômica do setor não só brasileiro como mundial que movimenta em torno de US\$ 40 bilhões/ano (Abirochas, 2009), surpreendentemente, na literatura científica nacional e internacional pouco são os trabalhos que dão o devido destaque às propriedades intrínsecas das rochas, as relações com os processos de beneficiamento e seu emprego em revestimento de edificações. Falta muita técnica a ser aprimorada, ainda se baseia no empirismo, onde as relações das argamassas com o conteúdo químico-mineralógico das rochas não são bem conhecidas, podendo ocorrer após o assentamento patologias, quebras e até mesmo deslocamentos de placas.

Até pouco tempo o uso das rochas era restrito às construções luxuosas, ultimamente está mais difundido e registra um acréscimo no consumo residencial em pisos e revestimentos não só pelas qualidades e efeito estético, mas também pelo preço acessível. Este fato resulta no aumento do uso de argamassa para a fixação, necessitando de estudos mais detalhados sobre as composições das argamassas para atender à grande variedade de tipos de rochas existentes no mercado.

A aderência das placas de “granitos” às argamassas é facilitada pela rugosidade da superfície de contato, uma vez que a baixa porosidade destas rochas impede que a aderência se processe por ancoragem, ficando restrita às ligações físico-químicas entre a argamassa e os minerais constituintes da rocha. Assim sendo, o conteúdo mineralógico é determinante nestas ligações. Mais pesquisas sobre o comportamento dos minerais frente às argamassas deverão ser feitas para melhor compreensão do assunto e também das alterações que levam à ocorrência das pa-

tologias (manchamentos, eflorescências, deslocamentos de placas, etc.) verificadas em pisos e revestimentos.

O presente trabalho trata da fixação das placas de rochas utilizando argamassas colantes que são misturas industrializadas e comercializadas na forma de pó, constituídas de aglomerantes hidráulicos, agregados minerais e aditivos, cujas composições variam conforme o fabricante e a finalidade a que se destinam.

O objetivo principal é o de comparar a aderência da argamassa de maior utilização existente no mercado, específica para granitos, referida nesse trabalho como *Argamassa Industrializada*, com uma argamassa ainda não comercial desenvolvida em laboratório para fixação de porcelanatos (material cerâmico produzido com alta temperatura e pressão composto de argilas, feldspatos e corantes), chamada de *Argamassa para Porcelanato*, levando em conta a influência da rugosidade das placas, as características petrográficas da rocha e patologias.

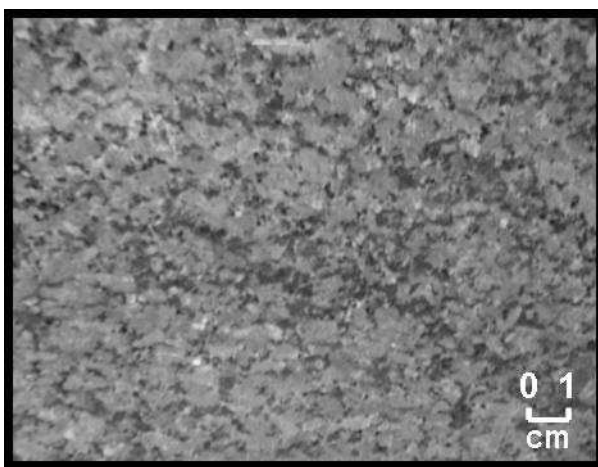
MATERIAIS

Rochas ornamentais e de revestimento

Na comercialização das rochas o termo “mármore” se refere a todas as rochas carbonatadas, enquanto que os “granitos” genericamente abrangem as rochas silicatadas (granitos, sienitos, charnoquitos, gabros, basaltos, arenitos, dioritos etc.). É uma classificação assustadora sobre o ponto de vista petrológico, mas é o usual quando se trata de rochas ornamentais e de revestimento. Alguns outros tipos litológicos, incluídos no campo das rochas ornamentais, são os quartzitos, serpentinitos e ardósias, também muito importantes setorialmente.

Os “granitos” são bem aceitos no mercado mundial, principalmente os brasileiros, devido a grande variedade cromática e textural (mais de 500 tipos comercializados). O fator estético é muitas vezes decisivo na escolha e é o resultado da harmonia entre as cores, tamanhos, formas e arranjos entre os minerais (Abirochas, 2009).

No presente trabalho foram escolhidos oito tipos de “granitos”, comercialmente conhecidos como Vermelho Brasília (Figura 1), Preto Indiano (Figura 2), Verde Labrador (Figura 3), Preto São Gabriel (Figura 4), Jacarandá Rosado (Figura 5), Azul Fantástico (Figura 6), Cinza Andorinha (Figura 7) e Amarelo Ornamental (Figura 8) por apresentarem boas qualidades tecnológicas e serem de grande aceitação no mercado interno e externo. Todos apresentam baixa porosidade, inferiores a 0,5%, se e η η porcelanatos. η



Minerais essenciais: quartzo (32,0%), microclínio (41,0%), oligoclásio (16,0%) e biotita (5,0%).

Figura 1 – Vermelho Brasília (sienogranito)

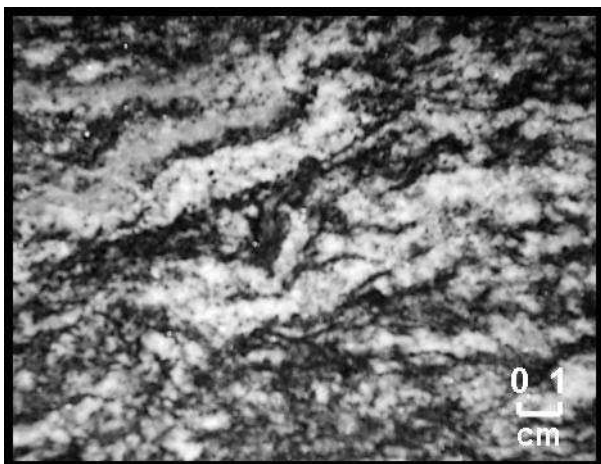


Figura 2 – Preto Indiano (migmatito)

Minerais essenciais:

Paleossoma, cor escura: andesina/oligoclásio (41,0%), quartzo (22,0%), biotita (23,0%) e microclínio (4,5%), além de sillimanita (5,0%) e muscovita (3,0%).

Leucossoma, cor esbranquiçada composto de: andesina/oligoclásio (40,0%), quartzo (32,0%), microclínio (25,0%) e biotita (3,0%).

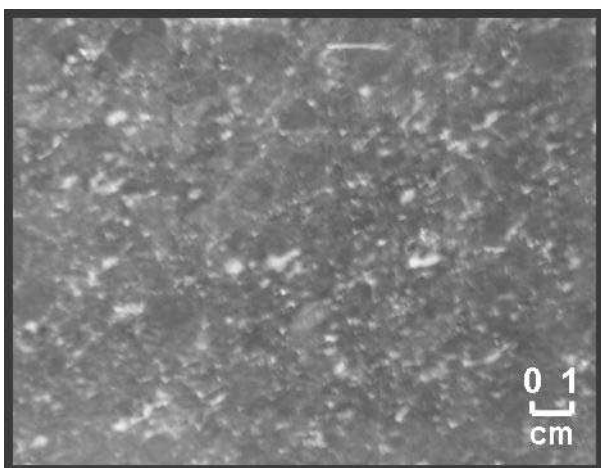


Figura 3 – Verde Labrador (charnoquito)

Minerais essenciais: quartzo (14,0%), microclínio (39,0%), oligoclásio (19,0%), biotita (5,0%), hiperstênio (5,0%), hornblenda (5,0%), granada (5,0%).

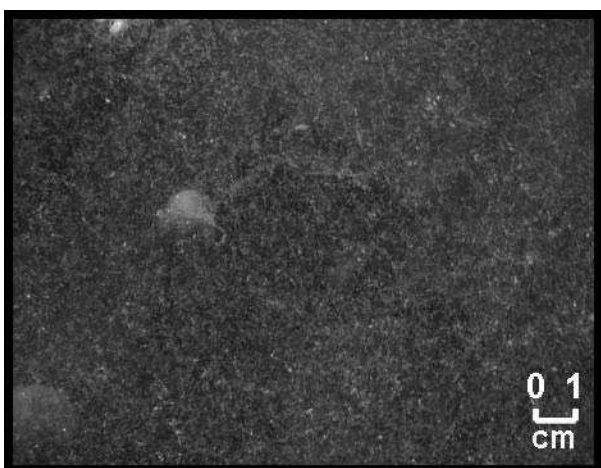


Figura 4 – Preto São Gabriel (Enderbitite - hiperstênio tonalito)

Minerais essenciais: plagioclásio (49,9%), quartzo (20,9%), biotita (12,0%), feldspato Potássico (2,9%), hornblenda (2,1%), Piroxênios (4,8%), pseudomorfos de hiperstênio (2,4%), opacos (4,0%) e apatita (1,0%).

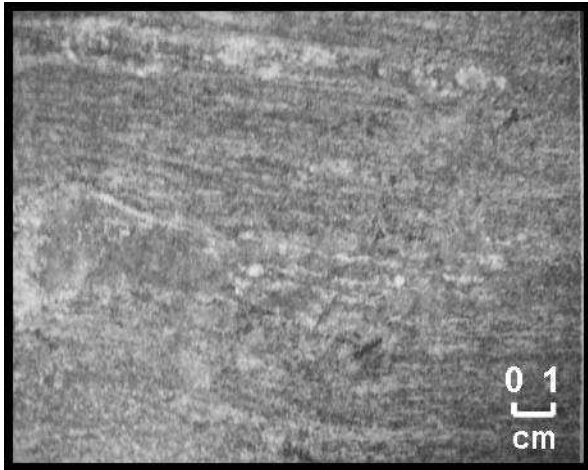


Figura 5 – Jacarandá Rosado (Migmatito nebulítico sienogranítico)

Minerais essenciais: feldspato potássico (38,5%), quartzo (30,5%), plagioclásio (22,0%), biotita (8,6%), opacos (0,4%).

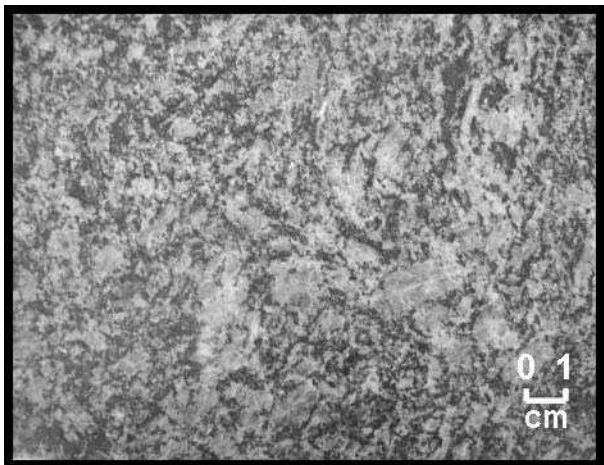


Figura 6 – Azul Fantástico (Biotita Monzogranito Megapofirítico Serial Gnaissificado)

Minerais essenciais: quartzo (29,1%), plagioclásio (28,2%), feldspato potássico (21,3%), biotita (19,9%), opacos (0,8%), titanita (0,4%), apatita (0,3%).

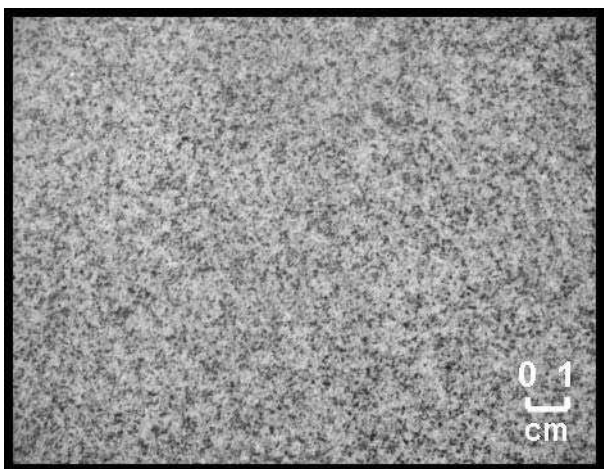


Figura 7 – Cinza Andorinha (Monzogranito)

Minerais essenciais: quartzo (30,0%), microclínio (31,0%), plagioclásio (25,0%), biotita (12,0%), opacos (1,5%), titanita (0,5%).

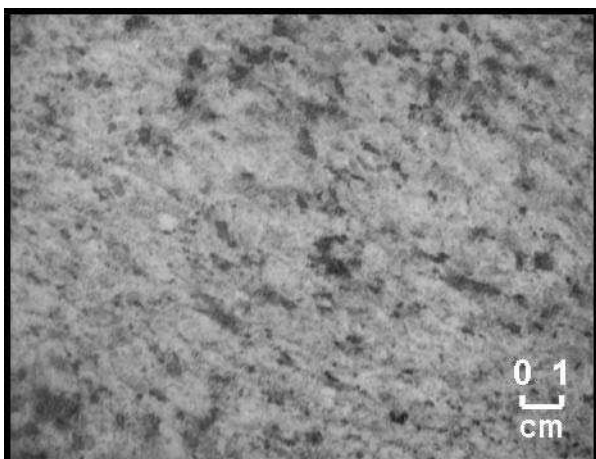


Figura 8 – Amarelo Ornamental (Granada gnaiss por-firoblástico)

Minerais essenciais: feldspato potássico (ortoclásio - 40,0%), quartzo (30,0%), plagioclásio (oligoclásio - 21,0%), granada (3,5%), biotita (2,5%)..

Minerais

Para se ter uma ideia da influência mineralógica na aderência dos “granitos” foram efetuados ensaios, separadamente, com os seus principais constituintes: feldspato (microclínio) e quartzo.

Argamassas e substrato padrão

As argamassas colantes ou argamassas adesivas, ao contrário das convencionais, são aplicadas em camadas finas e na forma de cordões. Suas propriedades reológicas e mecânicas dependem da técnica de aplicação, das condições ambientais no momento do preparo e de seus constituintes, em especial dos seus aditivos (polímeros e sílica ativa).

Os polímeros são adicionados às argamassas de cimento Portland durante a mistura na forma de dispersão (látex ou emulsão). Segundo OHAMA (1997) a adição do látex aumenta a resistência ao impacto; além de proporcionar impermeabilidade. Portanto, as argamassas com estes aditivos são indicadas para assentamento de placas e revestimentos externos.

A sílica ativa melhora a resistência da pasta de cimento hidratado, e segundo KHAYAT & AİTCIN (1992) tem sido objeto de diversas pesquisas. Esta é adicionada na forma de pó e atua, principalmente, de duas maneiras: como “filler” ou pozolana. Na primeira, as partículas de sílica preenchem a curva granulométrica na faixa inferior à granulometria do cimento, aumentando a coesão e compactidade da argamassa. Como pozolana a sílica reage com o hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) para a formação de silicato de cálcio hidratado (C-S-H), responsável pela resistência da pasta de cimento hidratado.

Quando se estuda a colocação de placas de rocha com argamassas, embora seja uma técnica muito utilizada, as informações são escassas, principalmente no que se refere às argamassas colantes, faltando normas e especificações que orientem uma boa aplicação. Assim sendo usa-se a ABNT NBR 14084:2004 preconizada para placas cerâmicas.

No mercado existem argamassas colantes específicas para granitos, mármore e ardósias. Na presente pesquisa foi utilizada a argamassa específica para granitos, aqui chamada de *Argamassa Industrializada*, comparada com um tipo de argamassa para porcelanato, desenvolvida no Departamento de Arquitetura da USP – São Carlos (Almeida & Sichieri, 2006), referida como *Argamassa para porcelanato*. A razão da escolha se deve ao fato de que o porcelanato e o gra-

nito possuem uma característica em comum, a baixíssima porosidade ($< 0,5\%$), que restringe a aderência mecânica (penetração da argamassa nos poros - ancoragem). Por esta razão, a aderência se processa apenas por ligações químicas ou forças intermoleculares (físicas).

A *argamassa para porcelanato* tem a seguinte composição: 5% de sílica, 20% de látex, relação at/c = 0,4 (at – água total, incluindo a água proveniente do látex polimérico; c – cimento), a proporção cimento:areia é 1:1,5 em massa e 1% de superplastificante em relação à massa do cimento. O cimento é o CP V ARI Plus e a areia tem diâmetro máximo característico de 0,6 mm.

O superplastificante possui as seguintes características: líquido de densidade: $1,11 \text{ g/cm}^3$ ($\pm 0,02$), pH: $8,5 \pm 1$, coloração alaranjada e melamina como base química.

O polímero está na forma de emulsão aniônica isento de plastificantes, formulado a partir de um copolímero de éster de ácido acrílico e estireno e apresenta as seguintes características fornecidas pelo fabricante: Natureza: dispersão aquosa aniônica de um copolímero de butilacrilato e estireno; Teor de sólidos: 49,0 a 51,0%; Viscosidade Brookfield (RVT 415 °C): 1000-2000 mPas; Densidade: $1,02 \text{ g/cm}^3$; pH: 4,5 a 6,5; Temperatura mínima de formação do filme: 20 °C; Tamanho médio de partículas: $0,1\mu\text{m}$; Propriedades do filme: Aspecto límpido e transparente; Boa estabilidade ao envelhecimento e luz.

No substrato padrão, onde serão assentados os corpos de prova, utilizou-se o cimento Portland (CP II E 32), areia média e pedrisco (brita 0).

MÉTODOS

Preparação dos corpos-de-prova

Macrocristais de feldspato (microclínio) e quartzo, relativamente puros e com poucas inclusões foram serrados na forma de placas com dimensões de 3x4 cm e espessura de 1cm. As irregularidades do processo de serragem foram retiradas por desbaste “polimento” em politriz com utilização de abrasivo 220 meshes (Figuras 9 a 10).



Figura 9 – Preparação dos corpos-de-prova de quartzo



Figura 10 – Preparação dos corpos-de-prova de feldspato microclínio com presença de ferro, corpo-de-prova pronto.

A extração dos corpos-de-prova das rochas (discos com diâmetro de 3,0 cm) foi feita em ladrilhos utilizando-se furadeira de coluna com broca diamantada. Os discos possuem duas faces

paralelas, uma polida e a outra com a rugosidade (estrias) resultante do processo de serragem nos teares.

Os ensaios de aderência foram executados em duas etapas:

- Corpos-de-prova aderidos à argamassa pela superfície rugosa;
- Corpos-de-prova aderidos à argamassa pela superfície “polida”, cujo brilho foi retirado em torno mecânico com retífica de rebolo diamantado.

Determinação da rugosidade dos corpos de prova

Minerais

A rugosidade foi determinada com o rugosímetro de contato modelo Talysurf 1205 (Figura 11).

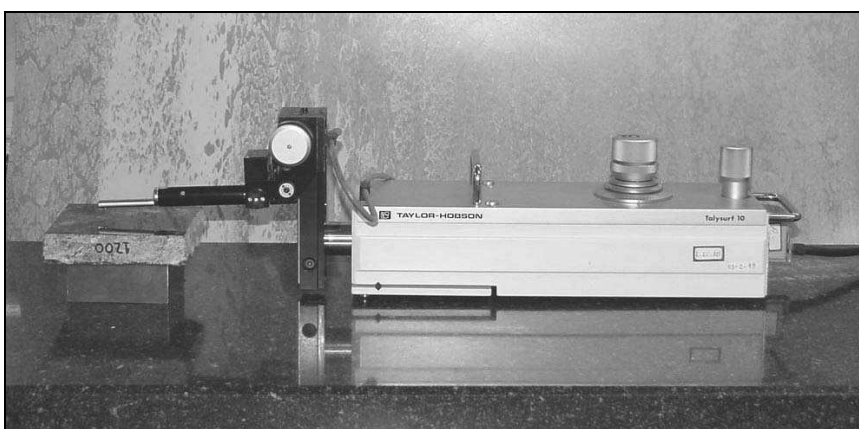


Figura 11 – Rugosímetro de contato modelo Talysurf 1205.

Foi determinada a média aritmética da rugosidade R_a , que é o parâmetro mais utilizado, refletindo a média dos valores absolutos de todas as ordenadas do perfil, dentro do comprimento de avaliação. Isto equivale à altura de um retângulo de comprimento L e cuja área representa o somatório das áreas fechadas entre o perfil da rugosidade e a linha média. Em geral, o comprimento utilizado para se obter R_a inclui cinco conjuntos de picos-vales sucessivos, representado na Figura 12 pela letra M .

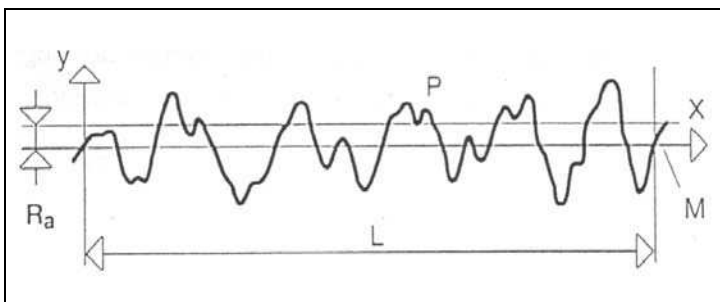


Figura 12 – Definição de R_a (SANDVIK, 1994 *apud* SPÍNOLA, 1998).

“Granitos”

O desdobramento de blocos (serragem) realizados em teares é tradicional e as chapas obtidas apresentam maior ou menor rugosidade em função das características da rocha, dos insumos utilizados e das condições operacionais. A rugosidade das superfícies das chapas influencia na

sua aderência, uma vez que não há ancoragem, de forma que quanto maior a superfície de contato, maior a aderência.

Para correlacionar a rugosidade das placas dos “granitos” estudados com os valores de aderência, foi necessária medi-la, não sendo possível a utilização do Talysurf 1205, devido a sua precisão, uma vez que a rugosidade dos corpos-de-prova a ser medida é superior a 0,6 microns. Adotou-se o perfilômetro portátil, projetado e construído por PARAGUASSÚ *et al.* (2004), aprimorado por RIBEIRO *et al.* (2005), mostrado na Figura 13, específico para placas de rochas graníticas serradas em teares e que determina somente o parâmetro R_t .

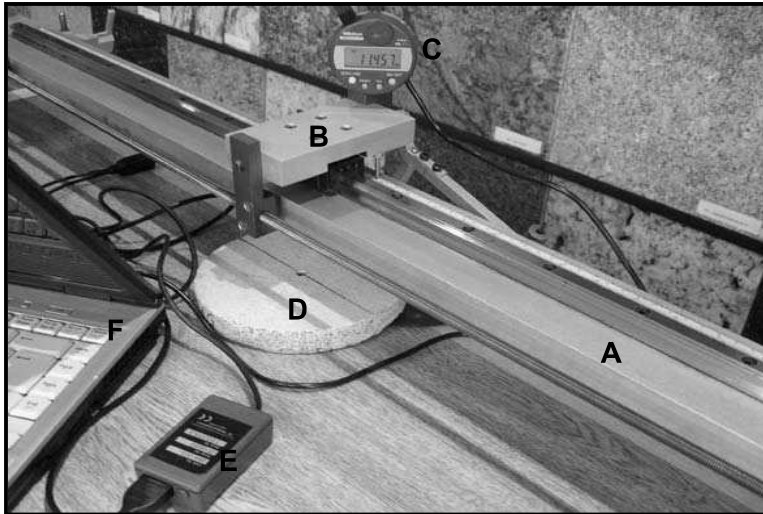


Figura 13 – Detalhe do “Avaliador de Rugosidade de Chapas – ARC”, PARAGUASSÚ *et al.* (2004): (A) corpo do equipamento; (B) carro de medição; (C) defletômetro digital com precisão de 0,001mm.; (D) placa de rocha; (E) interface que envia as medidas do defletômetro para o computador (F).

O parâmetro de rugosidade (R_t) corresponde à maior altura entre pico-vale ao longo do comprimento avaliado (Figura 14).

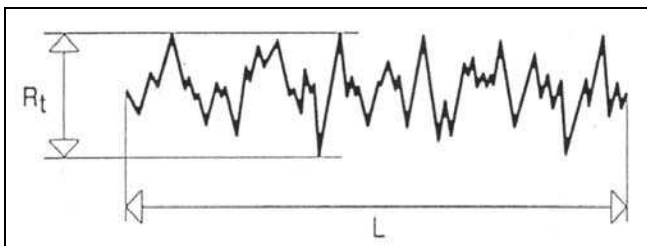


Figura 14 – Definição de R_t (SANDVIK, 1994 *apud* SPÍNOLA, 1998).

Determinação da Resistência de Aderência à Tração

Foi feita segundo a norma ABNT NBR 14084:2004, que especifica um método de ensaio de laboratório para determinar a resistência de aderência de argamassas colantes para cerâmica.

Os corpos-de-prova foram assentados com as argamassas descritas e mantidos em condições normais de cura especificadas na norma (temperatura de 23°C e umidade relativa do ar de 65%) por 28 dias.

O equipamento utilizado para a determinação da resistência de aderência a tração é do tipo manual, mostrado nas Figuras 15 e 16, onde C é a pastilha metálica conectada ao equipamento, colado com araldite no corpo-de-prova (disco).

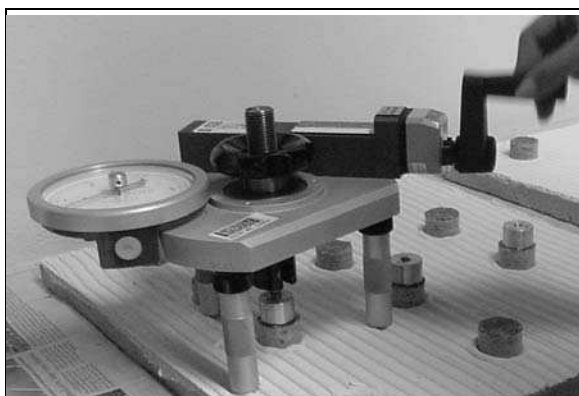


Figura 15 – Equipamento utilizado no ensaio de resistência de aderência à tração.

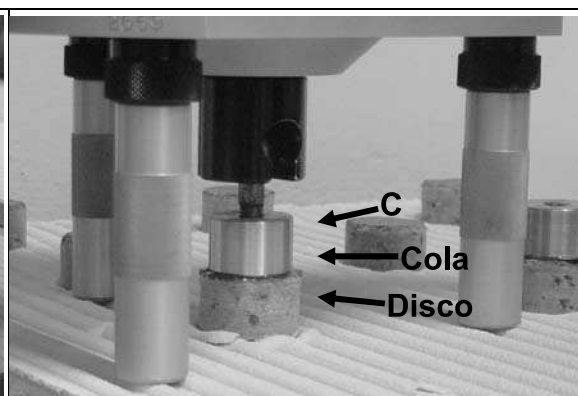


Figura 16 – Detalhe da conexão entre a pastilha metálica colada à rocha e o equipamento de tração.

Ensaio de Flexibilidade

Quanto maior for a flexibilidade da argamassa, maior será a sua capacidade de se deformar quando houver solicitações de movimentação da estrutura do edifício. Sendo a força cisalhante predominante na interface argamassa/placa, é necessário que a argamassa possua uma resistência ao cisalhamento capaz de suportar essa tensão sem romper e fissurar. Os ensaios de resistência à flexão seguiram a norma BS EN 12002:2002

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os ensaios de resistência de aderência à tração realizados com monocristais de feldspato (microclínio) e de quartzo, minerais predominantes nas rochas estudadas, mostraram menor resistência de aderência para o quartzo, em torno de 50% da obtida para o feldspato.

Nas amostras de rochas os resultados da resistência de aderência à tração tanto da face rugosa quanto da face polida/retificada serão apresentados separadamente.

Resistência de aderência à tração na face rugosa

A Figura 17 mostra que para todas as rochas ensaiadas a *Argamassa para porcelanato* teve valores aderência de aproximadamente o dobro da *Argamassa Industrializada*.

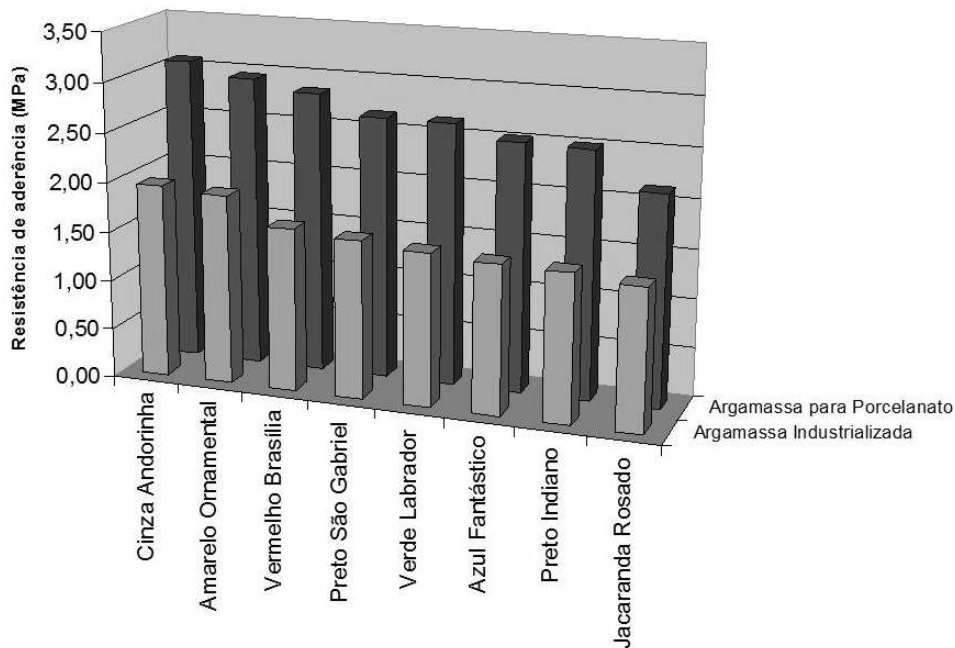
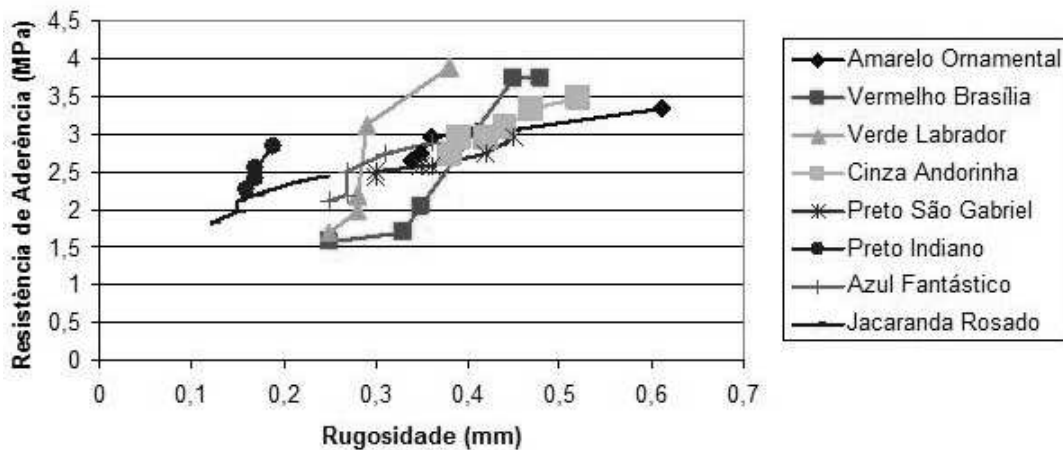


Figura 17 – Resistência de aderência à tração da face rugosa das rochas.

Nas Figuras 18 e 19 são mostradas as relações entre a aderência e a rugosidade onde se observa que a variação da aderência foi diretamente proporcional aos valores de R_t (mm), evidenciando, que a maior superfície de contato proporciona maior interação física (ligações de *Van der Waals*) já que nestas rochas a baixíssima porosidade limita a aderência por ancoragem (penetração de argamassa nos poros).



Figuras 18 – Resistência de aderência X Rugosidade com a *Argamassa Industrializada*

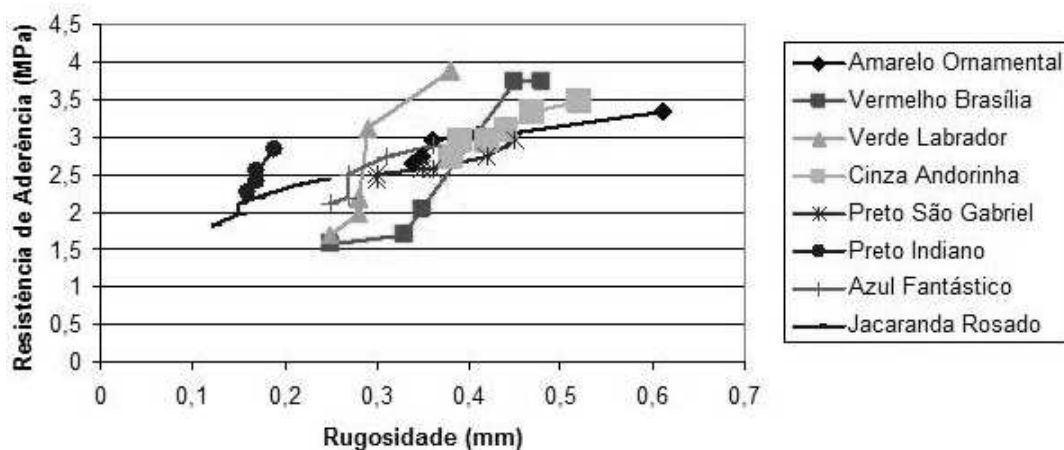


Figura 19 – Resistência de aderência X Rugosidade com a Argamassa para porcelanato.

Resistência de aderência à tração na face polida/retificada

Para todos os tipos de “granitos” ensaiados a Argamassa para porcelanato apresentou resistência de aderência à tração aproximadamente o triplo da obtida com a Argamassa Industrializada. Como foi eliminada a influência da rugosidade, a aderência ficou restrita às características petrográficas das rochas. Sob este enfoque, a porcentagem de quartzo presente nos “granitos” estudados se constitui no fator predominante para a aderência das argamassas. Na figura 20 os “granitos” exibem teor de quartzo crescente da esquerda para a direita, do Vermelho Brasília (32,0%) ao Verde Labrador (14%).

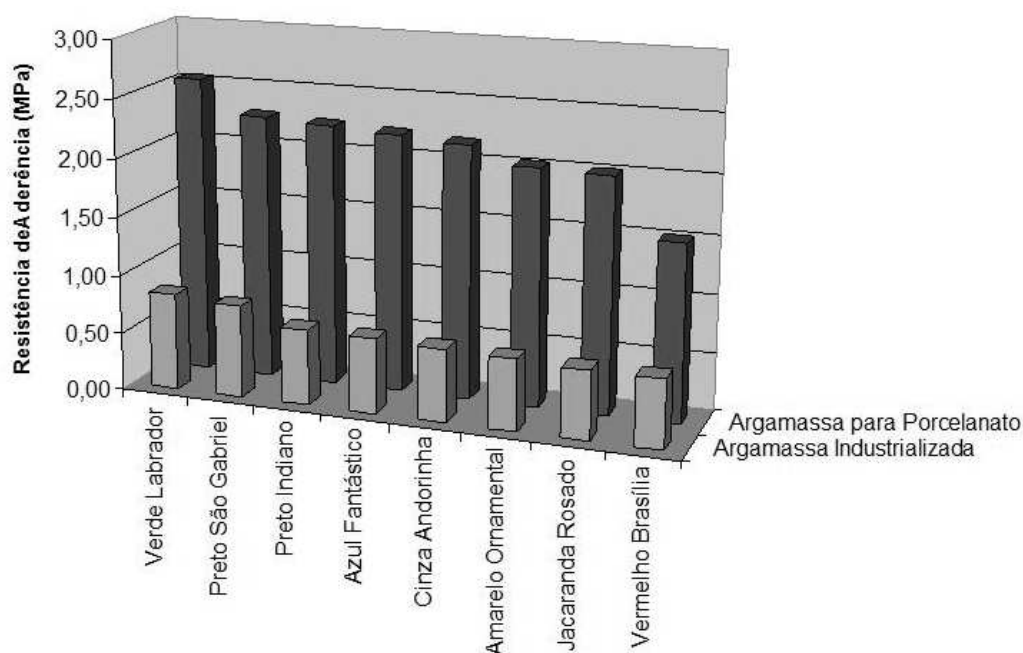


Figura 20 – Resistência de aderência com superfície polida/retificada.

CONCLUSÕES

- A Argamassa Industrializada apresentou valores de resistência de aderência à tração dentro da norma (≥ 1 MPa);

- A Argamassa para porcelanato (desenvolvida em laboratório) apresentou nos ensaios com as superfícies rugosas, valores de aderência de aproximadamente o dobro da obtida para *Argamassa Industrializada* e quase o triplo com as superfícies polidas/retificadas;
- A resistência de aderência das rochas é influenciada não só pela rugosidade das placas como também pela composição mineralógica;
- A aderência do quartzo é em torno de 50% da verificada no feldspato;
- Nos ensaios realizados com as superfícies não rugosas (polidas/retificadas) em contato com a argamassa, a resistência de aderência foi inversamente proporcional à quantidade de quartzo presente nas rochas. Dentre elas o “sienogranito” Vermelho Brasília (32% de quartzo) apresentou menor valor de aderência e o “charnoquito” Verde Labrador (14% de quartzo), por sua vez, a maior aderência.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem o apoio financeiro proporcionado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq. E aos Professores Drs. Antonio Carlos Artur e Antenor Zanardo da Universidade Estadual Paulista - Rio Claro e ao Prof. Dr. Eduvaldo Sichieri.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A. E. F. de S. & SICHIERI, E. P., 2006. Propriedades microestruturais de argamassas de cimento Portland com adições minerais e poliméricas utilizadas na fixação de porcelanato. *Cerâmica*, v. 52, p. 174-179.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Argamassa colante industrializada para assentamento de placas de cerâmica: Determinação da resistência de aderência. NBR 14084. Rio de Janeiro, 2004, 5p.
- ABIROCHAS - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. Balanço das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais em 2009. Informe nº10/2009. Disponível em: www.abirochas.com.br/catalogo1.php. Acessada em: 03/11/2009.
- BS - BRITISH-ADOPTED EUROPEAN STANDARD. Adhesives for tiles. Determination of transverse deformation for cementitious adhesives and grouts. EN 12002. 2002, 12p.
- KHAYAT, K. H. & AİTCIN, P. C., 1992. Silica fume in concrete: an overview. In: FLY ASH, SILICA FUME, SLAG, AND NATURAL POZZOLANS IN CONCRETE. Proceedings Fourth International Conference, Istanbul, Turkey. Volume II. ACI, SP – 132.
- OHAMA, Y., 1997. Recent progress in concrete-polymer composites. *Advanced Cement Based Materials*, 5, p. 31 – 40.
- PARAGUASSÚ, A.B.; RIBEIRO, R.P; RODRIGUES, J.E., 2004. Medidas de Rugosidade em Chapas de Granitos Ornamentais Serrados em Teares Multilâminas. Araxá. 32º Congresso Brasileiro de Geologia.
- RIBEIRO, R.P.; PARAGUASSÚ, A.B.; SILVEIRA, L.L.; RODRIGUES, J.E.; MOREDO, H.C., 2005. Quantificação da textura superficial da chapas de granitos serrados em teares multilâminas. Guarapari. I International Congresso on Dimension Stones.
- SPÍNOLA, S.V.P.A.C., 1998. Influência da Qualidade da Serragem de Granitos no Consumo Energético do Desbaste. Dissertação de mestrado. Lisboa. Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa. 138p.

Aproveitamento de resíduos de rochas ornamentais na fabricação de vidros

Michelle Pereira Babisk¹; José Carlos da Rocha; Luís Henrique Leme Louro; Marcelo Henrique Prado da Silva

RESUMO

Neste trabalho foram desenvolvidos vidros tipo sodo-cálcicos utilizando resíduos de rochas ornamentais. Misturas contendo diferentes porcentagens de resíduos, areia e carbonatos (cálcio e sódio) foram homogeneizadas e fundidas em diferentes temperaturas. Foi conseguida a total vitrificação das composições que, devido à presença de óxido de ferro, apresentam coloração verde. Os vidros foram caracterizados quanto à densidade, composição de fases cristalinas e dureza, visando avaliar o seu emprego industrialmente. As propriedades desses vidros foram comparadas com as de vidros comerciais. Os resultados mostraram que os resíduos de rochas ornamentais podem ser utilizados como matéria prima na fabricação de vidros.

INTRODUÇÃO

A produção e o consumo de rochas ornamentais vêm aumentando expressivamente ao longo dos últimos anos no mundo e o Brasil situa-se entre os maiores produtores mundiais, sendo o estado do Espírito Santo responsável pela metade da produção total do País. O setor movimenta cerca de US\$ 2,1 bilhões/ano, incluindo-se a comercialização nos mercados interno e externo e as transações com máquinas, equipamentos, insumos, materiais de consumo e serviços, gerando cerca de 105 mil empregos diretos em aproximadamente 10.000 empresas (Ab

A importância do setor para a economia nacional é indiscutível, mas, como toda atividade mineradora, tem grande potencial de causar impactos ambientais indesejáveis. No caso da produção de rochas ornamentais, entre outras etapas, faz-se a serragem de blocos para transformá-los em chapas ou placas semi-acabadas. Nesta fase, gera-se quantidades expressivas de resíduos (Calmon e Silva, 2006).

Em algumas empresas, realizam-se processos de separação de fases, onde os resíduos, na forma de lama, são prensados para retirar o excesso de água. Mas evidências revelam que, na quase a totalidade dos casos, as empresas lançam estas lamas em tanques de acúmulo diretamente no solo.

Sem recirculação, parte do líquido evapora ou se infiltra no solo, enquanto a outra parte permanece como umidade nos resíduos acumulados, sem nenhuma previsão de utilização ou reuso. Estima-se que 3 mil toneladas de efluentes sejam lançados por dia no meio ambiente (P

Comercialmente, as rochas ornamentais subdividem-se em dois grandes grupos: granitos e mármore. O granito é uma rocha ígnea, constituído, principalmente por associações variáveis de feldspatos, quartzo e micas, respondendo o quartzo pela maior concentração percentual na

¹ Física, MSc. Centro de Tecnologia Mineral. E-mail: mbabisk@cetem.gov.br