

CAPÍTULO 26

RESULTADOS DO PROJETO DE APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA EXTRAÇÃO DE GRANITOS DA SERRA DA MERUOCA - CE

Irani Clezar Mattos¹, Ricardo Emílio Ferreira Quevedo Nogueira, Raquel Argonz, José Araújo Nogueira Neto

RESUMO

Este trabalho apresenta métodos de aproveitamento de resíduos de duas jazidas de granito (Rain Forest e Juparaná Gold) no Maciço Meruoca (SW do Ceará). A metodologia seguiu duas linhas principais: (1) Aproveitamento do rejeito de blocos em materiais para construção civil, em duas comunidades. (2) Aproveitamento do rejeito de pó visando determinar a viabilidade de sua utilização como matéria prima de elevado valor na indústria cerâmica. Ocorreu a capacitação profissional das comunidades e a de Santo Amaro comercializou pedras para a construção civil. No aproveitamento do pó, o granito Rain Forest se comporta melhor durante o processo de prensagem e o Juparaná Gold tem maior dureza quando sinterizado. Embora a sinterização a 1250° C indique 0% de absorção d'água nas peças, esta temperatura gera deformidades, sendo recomendável fabricar peças cerâmicas a 1150° C. Os resíduos de pó apresentaram viabilidade de aproveitamento na fabricação de cerâmicas especiais, com características refratárias, substituindo argilas de elevado valor de mercado.

INTRODUÇÃO

Na Mineração Agreste, empresa parceira do projeto, foram selecionadas duas jazidas como áreas-alvo: o granito Rain Forest, no município de Meruoca e o granito Juparaná Gold em Massapé. A comunidade Mato Grosso localiza-se a 800 metros de distância da jazida do granito Rain Forest, e as comunidades Riacho Fundo e Santo Amaro situam-se à aproximadamente 4 km da área de extração do granito Juparaná Gold. Os integrantes destas comunidades pertencem às associações de moradores e trabalham com agricultura de subsistência, não possuíam emprego e nem qualificação.

O presente projeto buscou reaproveitar e reciclar a imensa pilha de rejeitos das jazidas de granito na região do Maciço da Meruoca; por meio de treinamentos com a comunidade local (para corte, beneficiamento e comercialização do rejeito), de parcerias com empresa de extração e através do apoio das prefeituras. O projeto visou também desenvolver uma metodologia específica de transformação do resíduo de pó de granito em matéria prima de mais elevado potencial de uso nas indústrias, de acordo com suas características químicas e

¹ Departamento de Geologia (DEGEO); Centro de Ciências; Universidade Federal do Ceará, E-mail: irani.mattos@ufc.br

físico-mecânicas. O projeto vislumbrou com as ações de reaproveitamento de rejeitos, a preservação dos recursos hídricos.

MÉTODOS

A metodologia foi desenvolvida de acordo com as seguintes etapas:

Etapa Inicial

- Levantamento bibliográfico, interpretação de fotos aéreas e integração de mapas geológicos do setor estudado. Trabalho de Campo - definição do tamanho e local da área para as atividades de reciclagem e seleção dos tipos de materiais e coleta de amostras - Preparação das amostras (elaboração de lâminas petrográficas, confecção de cubos e tabletes para ensaios físico-mecânicos, moagem de granito para análise do pó e execução dos corpos de prova). Contatos e reuniões com os prefeitos e as comunidades para exposição do projeto e agendamento das atividades de qualificação

Etapa Laboratorial

Análise Petrográfica, análises de composição química, Ensaios Tecnológicos:(Índices Físicos, Desgaste Abrasivo Amsler, Resistência ao Impacto de Corpo Duro, Resistência à Compressão Uniaxial, Resistência à Flexão -Método Três Pontos); Caracterização dos Pós (Moagem, Peneiramento - estudo dos Pós por MEV; Produção de Peças, Sinterização (durante 1 hora às temperaturas de 1050 °C, 1100 °C, 1150 °C e 1250 °C com uma taxa de aquecimento de 5 °C/min), ensaios de Dureza

- Para o aproveitamento do rejeito de blocos em materiais para construção civil, o senai realizou cursos de qualificação, intitulado: "Qualificação em fabricação de pedras para Construção" Com carga horária: 36 horas em cada comunidade (Comunidade de Mato Grosso/ Município de Meruoca e Comunidade de Riacho Fundo/Santo amaro Município de Massapê/CE): O conteúdo do curso: Noções de Cidadania, Qualidade, Saúde e Segurança, Meio Ambiente, Cooperativismo e Associativismo e Aula Prática – Confeccionar peças de granito (figura 1). A empresa Mineração Agreste cedeu o espaço e o material para os trabalhos, além de transporte de amostras para os laboratórios. A as prefeituras apoiaram através de palestras e disposição de veículos para transporte dos produtos manufaturados.

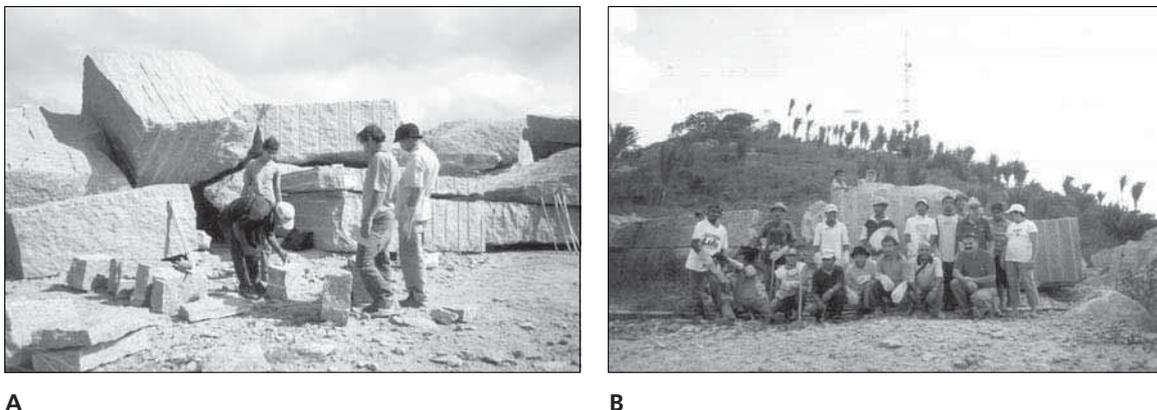


Figura 1: Realização do curso ministrado na Comunidade Mato Grosso, Jazida Rain Forest

Etapas Final

- Tratamento dos dados, integração e interpretação dos resultados; Análises das composições químicas de diferentes tipos de resíduos; Estudo e definição da aplicação apropriada; Confecção de relatório final de pesquisa.

RESULTADOS

Transformação do rejeito em produtos para construção civil

Nas comunidades Santo Amaro e Riacho Fundo pertencentes ao município de Massapé os integrantes que participaram dos cursos de capacitação estão desenvolvendo a confecção e a comercialização de pedras toscas para calçamento e paralelepípedos para obras na sede do município.

Na comunidade de Mato Grosso, pertencente ao município de Meruoca, os integrantes que participaram dos cursos de capacitação aguardam a execução do projeto de construção de estradas vicinais para iniciar a elaboração de pedras para calçamento na pedreira do granito Rain Forest.

Análise petrográfica dos granitos

Considerando que a análise petrográfica é fundamental para avaliar o comportamento tecnológico das rochas (MATTOS, 2005), foram analisados e quantificados os parâmetros composicionais, texturais e estruturais, tipos e graus de alteração e de microfissuramento mineral das rochas estudadas (tabela I).

Tabela I: Proporção mineralógica dos granitos da Serra da Meruoca

| Tipos Graníticos/ Minerais | Rain Forest | Juparaná Gold | Vermelho Filomena* | Meruoca Clássico* | Verde Ceará* |
|--------------------------------------|-------------|---------------|--------------------|-------------------|--------------|
| Feldspato potássico (%) (microdínio) | 45 | 44 | 55 | 40 | 53 |
| Quartzo (%) | 30 | 36 | 20 | 33 | 33 |
| Plagioclásio (%) (albita) | 13 | 10 | 13 | 12 | 8 |
| Biotita e Anfibólio (%) (micas) | 10 | 7 | 9 | 13 | 5 |
| Acessórios (%) (óxidos de Fe e Mg) | 2 | 3 | 3 | 2 | 1 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

*Granitos pesquisados em Torquato (2004)

Caracterização Petrográfica Geral

Os dois tipos graníticos apresentam estrutura homogênea, textura inequigranular (cristais $c/$ diferenças de tamanho de até 1:10) com granulação variando entre média a grossa (diâmetro médio entre 7 e 10 mm) a forma cristalina dos cristais é regular (nem perfeita, nem totalmente imperfeita). Em torno de 80% dos minerais apresentam contatos do tipo côncavo-convexo e serrilhado, mostrando um ótimo grau de engrenamento mineral. A maioria (70%) das microfissuras é intragrão (atravessam o cristal), são preenchidas, irregulares, sem direção preferencial e variam de média a curta. As microfissuras intergrãos (atravessam vários cristais), são preenchidas por óxido de Ferro, são subparalelas e escalonadas com até 7,5 mm. O grau de microfissuramento pode ser considerado baixo e influi pouco na porosidade da rocha.

No granito Rain Forest o grau de alteração intempérica (temperatura ambiente) é incipiente (< 30%), representada pela oxidação de silicatos ferromagnesianos (anfíbólio) que penetram nas microfissuras. Porém a alteração a temperaturas mais elevadas ($\pm 300^\circ$ C) considerada hidrotermal e/ou pós-magmática apresenta grau intenso (>60%), sobretudo pela oxidação dos minerais ferromagnesianos (biotita e anfíbólio), onde ocorre cristalização de óxidos de ferro (cristais opacos de até ± 2 mm), além da formação pulverulenta destes óxidos sobre cristais de feldspato alcalino gerando um aspecto turvo.

No granito Juparaná Gold os microfissuras ocorrem no feldspato, ao longo das maclas e próximas ao contatos, chegam até ± 8 mm, são preenchidas por óxido de ferro. A alteração intempérica é moderada (< 60 a 30% da superfície mineral). Os minerais que contêm ferro (biotita, opacos, anfibólios) "mancham" todos os outros cristais do seu entorno, sendo que o óxido de ferro penetra nas maclas, microfissuras e clivagens; agregados de biotita com aspecto corroído e opacos de até 2 mm (magnetita). São comuns cristais de plagioclásio com núcleos alterados para argilominerais e oxidados quando próximos à biotita. A alteração pós-magmática foi atuando progressivamente, desestabilizando e transformando anfibólios em biotita, gerando biotita corroída com óxido de ferro (cristais opacos) + fluorita.

Mineralogia

No granito Rain Forest o quartzo ocorre em forma de agregados (\pm 7 a 8 mm) constituídos por vários cristais menores, com tamanhos e formas são muito irregulares. O feldspato potássico (microclínio+ortoclásio) chega até 20 mm cristais maiores. A maioria tem exsoluções (intercrescimento) de Na, pequenas inclusões de quartzo e plagioclásio e aspecto turvo/sujo (alteração pulverulenta de hematita), com microfissuras preenchidas por óxido de Ferro. O plagioclásio (albita+ outros) varia de 1 (como inclusões) a 6 mm, com núcleo alterado por lamelas de mica branca e manchas de óxido de Ferro. A maioria dos cristais de biotita apresentam-se muito alterados, corroídos, em agregados e associados à diversos minerais acessórios (magnetita, allanita, fluorita, monazita, zircão, apatita).

No granito Juparaná Gold a caracterização mineralógica é muito semelhante ao Rain Forest, porém no primeiro todos os cristais de feldspato potássico apresentam intercrescimento de Na alterado para albita e estão visivelmente mais manchados com aspecto turvo de oxidação de Ferro, gerado pela alteração pulverulenta de hematita. A biotita ocorre desestabilizada, com alterações para mica branca, fluorita e óxido de Ferro. Pedacos de biotita e de anfibólio nos contatos com quartzo e k-feldspatos “mancham” de ferrugem a rocha, gerando a coloração amarelada a olho nu.

Ensaio de Caracterização Tecnológica

As características tecnológicas dos dois tipos graníticos Juparaná Gold e Rain Forest, foram obtidas segundo procedimentos normatizados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1992).

O estudo das propriedades tecnológicas buscou determinar as características físico-mecânicas, permitindo avaliar o comportamento destes materiais frente às condições ambientais e solicitações a que estão sujeitos quando aplicados em obras civis, tais como atrito, impacto, umidade, esforços fletores e compressivos.

Tabela II: Resultados dos Ensaio Físico-Mecânicos realizados nos 2 tipos graníticos

| Ensaio | Granito Juparaná Gold | Granito Rain Forest | Frazão & Farjallat (1995)* |
|--|-----------------------|---------------------|----------------------------|
| Massa específica aparente seca (kg/m^3) | 2,615 | 2,614 | $\geq 2,560$ |
| Massa específica saturada (kg/m^3) | 2,624 | 2,625 | n.e. |
| Porosidade aparente (%) | 0,94 | 1,13 | $\leq 1,0$ |
| Absorção d'água (%) | 0,36 | 0,43 | $\leq 0,4$ |
| Resistência ao impacto (cm) | 60,0 | 67,5 | $\geq 40,0$ |
| Resistência desgaste Amsler (mm) | 0,81 | 0,73 | $\leq 1,0$ |
| Resistência à compressão uniaxial (MPa) | 116,3 | 111,5 | $\geq 100,0$ |
| Resistência à flexão (MPa) | 11,30 | 10,83 | $\geq 10,0$ |

*Valores limítrofes sugeridos por Frazão&Farjallat para granitos (1995) n.e – não especificado

Os resultados apresentados na tabela II mostram que, de modo geral, os dois tipos graníticos apresentam ótima qualificação como rocha ornamental, com boa caracterização tecnológica. Todos os ensaios realizados apresentaram-se dentro dos valores limítrofes sugeridos, com ressalvas para o índice de porosidade e absorção do granito Rain Forest, os quais se apresentam levemente abaixo dos limites estabelecidos tanto por Frazão & Farjallat (1995), quanto pela ASTM (1992), que especifica $\leq 0,4$ % para absorção d'água.

Os valores dentro dos limites sugeridos indicam que, tanto o granito Juparaná Gold quanto o Rain Forest, são produtos que podem ser utilizados em diversos ambientes com solicitações de atrito, impacto, umidade, esforços fletores e compressivos. Tendo certo cuidado para com o granito Rain Forest que deve ser resinado quando aplicado em ambientes úmidos devido ao seu índice de porosidade e absorção um pouco acima do índice recomendado. Estes resultados possibilitam a diminuição do desperdício de granito, uma vez que de posse das informações pode-se evitar o uso em determinadas situações.

Geoquímica de rocha total

Os estudos geoquímicos são embasados em análises químicas de rocha total efetuadas apenas nas variedades graníticas Juparaná Gold e Rain Forest. Os estudos litogeoquímicos objetivam complementar os estudos geológicos e petrográficos efetuados no sentido de fornecer uma melhor caracterização genética e evolutiva dos magmas geradores dos referidos granitos NOGUEIRA NETO *et al.* (2002).

Os resultados das análises de química de rocha total (Tabela III).indicam que o pó dos dois tipos graníticos pode ser considerado uma importante matéria prima na composição de cerâmicas, pois apresentam materiais fundentes (Na e K), ou seja, materiais que derretem com as altas temperaturas de queima e preenchem os poros da cerâmica. Isto confere resistência e baixa absorção. Apresentam também grande quantidade de SiO_2 material que confere variação dimensional da peça a 573° . A quantidade apresentada pelo óxido de alumínio (Al_2O_3) é positiva, pois é muito útil nas cerâmicas refratárias. A quantidade de óxido de Ferro está no limite admitido no uso de cerâmicas para componentes elétricos (Abaixo de 3%).

Tabela III: Resultados das Análises Químicas realizadas nos 2 tipos graníticos

| <i>Análises</i> | <i>Granito Juparaná Gold</i> | <i>Granito Rain Forest</i> |
|---|------------------------------|----------------------------|
| Sílica (em % SiO_2), | 72,80 | 72,38 |
| Alumínio (em % Al_2O_3), | 9,78 | 10,37 |
| Óxido de Cálcio (em % CaO), | 0,10 | 0,12 |
| Óxido de Ferro (em % FeO), | 2,43 | 3,68 |
| Óxido de Magnésio (em % MgO), | 0,02 | 0,01 |
| Óxido de Manganês (em % MnO), | 0,02 | 0,02 |
| Óxido de Titânio (em % TiO_2) | 0,01 | 0,02 |
| Perda ao Fogo (em %) | 0,45 | 0,23 |

Moagem, Prensagem e sinterização dos corpos-de-prova

As peças produzidas (prensadas e sinterizadas) dos pós de ambos os tipos graníticos, apresentaram o melhor desempenho na temperatura de 1150 °C, principalmente nas granulometrias de 75 µm e 45 µm cuja taxa de aquecimento foi de 5 °C/min (desde a temperatura ambiente até a temperatura desejada). O melhor desempenho significa menor deformação da peça.

Ensaio de avaliação de Dureza das peças Sinterizadas

Nesta pesquisa foi selecionada uma carga de 9,8 N que foi aplicada automaticamente durante um tempo de 10 s. Foram feitas 10 medidas em cada amostra. O aparelho possui um microscópio para medir a indentação. O aparelho calcula automaticamente a dureza depois que a indentação for medida, eliminando a necessidade de tabelas da conversão de dureza.

Foram realizados ensaios de microdureza Vickers em barras retangulares sinterizadas dos granitos Juparaná Gold e Rain Forest. As barras foram obtidas por prensagem uniaxial dos pós desses granitos, que apresentavam uma granulometria inicial de 200 mesh. Dois valores de cargas foram utilizados durante a prensagem: 9 e 12 toneladas. Após secagem a 70 °C durante 24h as barras foram sinterizadas a diferentes temperaturas, taxas de aquecimento e diferentes tempos de permanência (patamar) à temperatura de sinterização.

Amostras de granito Juparaná Gold

- Sinterizada aos 1150 °C, com uma taxa de aquecimento de 5 °C/min, um patamar de 30 minutos e uma força aplicada de 12 toneladas. **Hv = 738**
- Sinterizada aos 1170 °C, com uma taxa de aquecimento de 5 °C/min, um patamar de 60 minutos e uma carga aplicada de 12 toneladas. **Hv = 741.**
- Sinterizada aos 1200 °C, com uma taxa de aquecimento de 5 °C/min, um patamar de 60 minutos e uma carga aplicada de 12 toneladas. **Hv = 760.**
- Sinterizada aos 1150 °C com uma taxa de aquecimento de 5 °C/min, um patamar de 60 minutos e uma carga aplicada de 9 toneladas. **Hv = 712**
- Sinterizada aos 1170 °C, com uma taxa de aquecimento de 5 °C/min, um patamar de 60 minutos e uma carga aplicada de 9 toneladas. **Hv = 705**
- Sinterizada aos 1200 °C, com uma taxa de aquecimento de 5 °C/min, um patamar de 60 minutos e uma carga aplicada de 9 toneladas. **Hv = 741**

Amostras de granito Rain Forest

- Sinterizada aos 1100 °C com uma taxa de aquecimento de 5 °C/min, um patamar de 60 minutos e uma carga aplicada de 12 toneladas. **Hv = 474**
- Sinterizada aos 1150 °C com uma taxa de aquecimento de 8 °C/min, um patamar de 15 minutos e uma carga aplicada de 12 toneladas. **Hv = 583**
- Sinterizada aos 1150 °C com uma taxa de aquecimento de 5 °C/min, um patamar de 60 minutos e uma carga aplicada de 9 toneladas. **Hv = 708**

- Sinterizada aos 1150 °C com uma taxa de aquecimento de 5 °C/min, um patamar de 60 minutos e uma carga aplicada de 12 toneladas. **Hv = 740**
- Sinterizada aos 1170 °C com uma taxa de aquecimento de 5 °C/min, um patamar de 60 minutos e uma carga aplicada de 12 toneladas. **Hv = 754**
- Sinterizada aos 1200 °C com uma taxa de aquecimento de 5 °C/min, um patamar de 60 minutos e uma carga aplicada de 12 toneladas. **Hv = 760**

Ensaio de absorção d'água das peças Sinterizadas

Além das peças de ambos os granitos serem prensadas e sinterizadas durante 1 hora às temperaturas de 1050 °C, 1100 °C, 1150 °C e 1250 °C com taxa de aquecimento de 5 °C/min; foram também submetidas a ensaio de absorção d'água, cujos resultados foram os seguintes: 1050 °C = 21,9%, 1100 °C = 15,4%, 1150 °C = 3,2% e 1250 °C = 0%.

Estudo por microscopia eletrônica de varredura (MEV)

A microscopia eletrônica de varredura mostra as variações de formato e tamanho das partículas do pó. Na Figura 3 é mostrado o aspecto do pó bruto resultante do beneficiamento da extração do bloco de granito para o Rain Forest (A) e para o Juparaná Gold (B).

Na verificação da morfologia do pó bruto percebe-se uma considerável variação no tamanho das partículas o que dificulta fatores básicos no processamento do pó, por isto foi peneirado com granulometrias de #200 e # 320 para os ensaios de sinterização, na operação posterior de prensagem o pó de granito Rain Forest apresentou maior facilidade de prensagem.

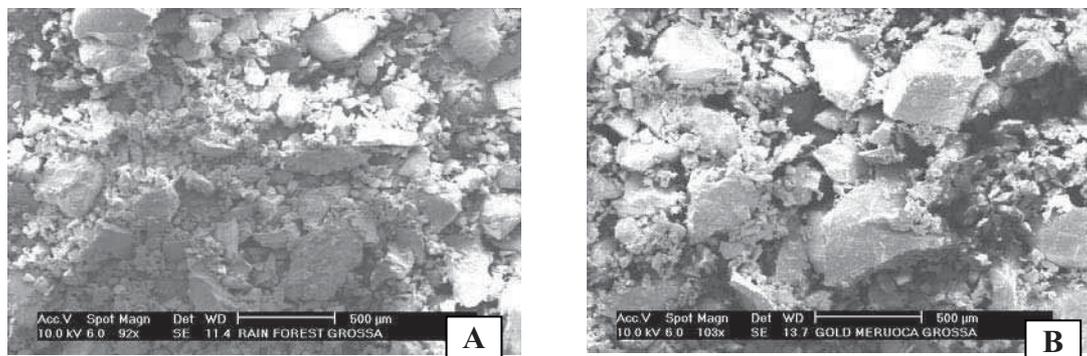


Figura 3: Microscopia eletrônica de varredura do pó de granito Rain Forest (A) e Juparaná Gold (B) em estado bruto

Integração dos Resultados

O estudo de sinterização de pós depende de fatores físicos e químicos. Os fatores físicos são: tamanho e forma da partícula, composição, homogeneidade, densidade a verde. Dependendo destes fatores há uma grande variedade de respostas aos ciclos térmicos NOGUEIRA *et al.* (2006).

O granito é formado por três componentes principais: quartzo (SiO_2), albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) e microclínio (KAlSi_3O_8). O quartzo tem uma temperatura de fusão de 1650 °C enquanto que as

temperaturas de fusão da albita e do microclínio estão na faixa de 1120-1140 °C. A Figura 4 mostra a evolução das amostras quando submetidas às diferentes temperaturas

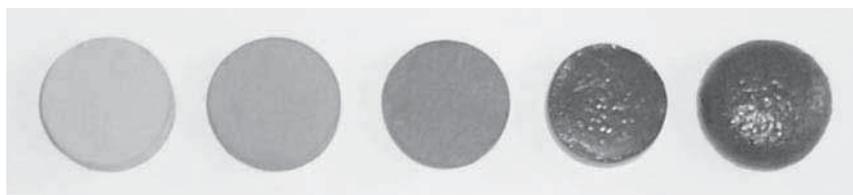


Figura 4: Da esquerda para a direita: amostra a verde, sinterizada aos 1050 °C, 1100 °C, 1150 °C e 1250 °C do pó de granito Rain Forest com granulometria de 200 mesh

Nas amostras tratadas termicamente à temperatura de 1150 °C tanto para o granito Rain Forest quanto para o Juparaná Gold há uma modificação de cor, passando de esverdeadas para amareladas, provavelmente por uma reação química em que o Fe^{+2} (que dá uma cor esverdeada), passa para Fe^{+3} (que dá a cor amarelada). A esta temperatura as amostras estão pré-sinterizadas, podem ser manuseadas com facilidade, mas são facilmente fragmentadas com a aplicação de pequenos esforços. A retração diametral é quase desprezível, ficando ao redor de 0.8%.

Nas amostras tratadas termicamente aos 1100 °C há uma retração diametral de ao redor do 8% e apresentam uma tonalidade marrom.

Para a temperatura de 1150 °C ocorre sinterização com fase líquida produzindo uma vitrificação no resfriamento. Infelizmente, uma melhor compreensão do processo não foi possível, por não se conhecer os diagramas de fase dos granitos à pressão atmosférica. De acordo com o comportamento dos granitos durante a sinterização se pode afirmar que correspondem ao tipo clássico de sinterização com fase líquida, onde há solubilidade baixa do líquido (microclínio e albita) no sólido (quartzo) com uma solubilidade alta do sólido no líquido, o que produz densificação. A esta temperatura as peças estão sinterizadas e sofrem retração diametral de aproximadamente 9.7%. Apresentam uma cor escura e a presença de vitrificação.

Para a temperatura de 1250 °C aumenta a quantidade de fase líquida e ocorre uma deformação das peças que apresentam formas arredondadas. Esse efeito é mais acentuado no granito Rain Forest porque provavelmente tem uma temperatura de sinterização ligeiramente inferior à do Juparaná Gold. O intumescimento das peças a 1250 °C evidencia um aquecimento exagerado, que levou, provavelmente, a uma transformação de fase com evolução de gases e/ou variação volumétrica. Outro fato importante a atentar é que, embora os materiais apresentem-se diferentes quanto à coloração antes do processo de queima, os mesmos se comportam de maneira semelhante no processo de sinterização, vitrificando exatamente na mesma faixa de temperatura.

Este foi o comportamento geral dos dois tipos de granito nas duas granulometrias investigadas. São necessários estudos mais aprofundados para determinar a adequação dos dois à aplicação em moldagem por injeção e revestimento cerâmico.

Foram realizados estudos de dureza nas rochas de granito e em amostras sinterizadas as diferentes temperaturas para os dois granitos com as diferentes granulometrias e os resultados são apresentados na Tabela IV.

Tabela IV: Durezas dos granitos Rain Forest e Juparaná Gold

| Rocha | Dureza Rain Forest | Dureza Juparaná Gold |
|--------------------------------|--------------------|----------------------|
| | | 586 |
| Pó Sinterizado 1050 °C (200 #) | 268 | 292 |
| Pó Sinterizado 1100 °C (200 #) | 400 | 402 |
| Pó Sinterizado 1150 °C (200 #) | 652 | 683 |
| Pó Sinterizado 1250 °C (200 #) | 723 | 709 |
| Pó Sinterizado 1050 °C (325 #) | 272 | 306 |
| Pó Sinterizado 1100 °C (325 #) | 467 | 574 |
| Pó Sinterizado 1150 °C (325 #) | 677 | 780 |
| Pó Sinterizado 1250 °C (325 #) | 731 | 717 |

Na Tabela IV pode-se ver um grande aumento de dureza nas amostras a partir dos 1150 °C para os dois granitos o que evidencia o fenômeno de vitrificação que foi verificado visualmente. A dureza a partir dos 1150 °C é ainda maior que a da rocha natural. O próximo passo é determinar as características das fases presentes nas peças sinterizadas por difração de raios X.

CONCLUSÕES

Reaproveitamento do Pó de granito

Os dois granitos estudados apresentam características tecnológicas muito semelhantes como evidenciado na petrografia, estudos de MEV, sinterização e dureza. O granito Rain Forest se comporta melhor durante o processo de prensagem e o Juparaná Gold tem uma maior dureza quando sinterizado, mas devem ser feitos estudos mais aprofundados de raios X das amostras sinterizadas e também com MEV para selecionar os parâmetros e as condições mais adequadas para aplicações futuras de cada um deles.

Embora a temperatura de sinterização de 1250° C dos pós indique o% de absorção d'água nas peças, esta mesma temperatura gera deformidades, neste caso é recomendável fabricar peças cerâmicas a 1150° C, para evitar deformações na peça. Ambos os materiais, após a sinterização, apresentaram durezas próximas à da rocha original, o que é um indicador da viabilidade de aproveitamento desses resíduos.

De acordo com as análises dos resultados e os estudos desenvolvidos, é possível recomendar o uso do pó de granito na fabricação de cerâmicas de revestimento e cerâmicas especiais, com características refratárias, substituindo argilas de elevado valor de mercado.

Reaproveitamento dos pedaços de granito

Apesar de todas as comunidades terem sido capacitadas, nem todas as pessoas estão atualmente trabalhando diretamente com a elaboração de peças. A comunidade de Mato Grosso (Meruoca) decidiu que irá aguardar a demanda de materiais para reiniciar as atividades reaproveitamento dos resíduos. Já na comunidade de Santo Amaro os trabalhos de fabricação peças estão ocorrendo pois atualmente existe uma grande demanda de produtos para a construção civil nas obras no município de Massapê,

É importante salientar que as atividades de produção de peças estão diretamente relacionadas com a demanda destes materiais no mercado local. É de extrema importância a atuação das parcerias das prefeituras com as comunidades para que os rejeitos continuem sendo aproveitados e transformados em renda.

AGRADECIMENTOS.

Os autores agradecem ao Banco do Nordeste (BNB), através do ETENE/FUNDECI (Fundo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) Edital nº 01/2003 por ter financiado parte da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM - American Society for Testing and Materials (C 615). 1992: Standard Specification for Granite Dimension Stone.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS –1992 a, d, e, f, g. Caracterização Tecnológica de Rochas Ornamentais - NBR 12.042, 12.766, 12.767, 12.763, 12.764. ABNT, São Paulo, SP.
- FRAZÃO, E. B. e FARJALLAT, J. E. S. 1995: Caracterização das Principais Rochas Silicatadas Brasileiras Usadas como Pedras de Revestimento. I Congresso internacional de Pedra Natural. Lisboa-Portugal. 47-58 p.
- MATTOS, I. C.; 2005 *Geologia, petrografia, geoquímica, comportamento físico-mecânico e alterabilidade das rochas ornamentais do stock granítico Serra do Barriga, Sobral/CE*, Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 260 f.
- NOGUEIRA NETO, J.A., MATTOS, I.C., SAUERBRONN, W.M., FERNANDES, A.H.M., CORDEIRO, E.R., NOGUEIRA, R.E.F.Q, CAJATY, A.A., ARTUR, A.C, SASAKI, J.M., 2002. Petrografia e química mineral de dois tipos faciológicos do Granito Serra da Barriga – Sobral (CE): Resultados Preliminares. III Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste – Recife.
- NOGUEIRA, R.E.F.Q, Argonz, R. Mattos, I.C. Cordeiro R. E., Araújo, A T. F. S., Caracterização de resíduos provenientes da extração de granitos da Serra da Meruoca (CE) visando seu aproveitamento como matéria-prima cerâmica. A ser apresentado no XVII CBECIMAT, Foz do Iguaçu, PR 2006.
- TORQUATO, M. F. B. 2004 *Rochas Ornamentais do Noroeste do Ceará (Brasil). Propriedades Tecnológicas, Alteração e Alterabilidade dos Granitos Vermelho Filomena, Meruoca Clássico e Verde Ceará*. Tese (Doutorado em Engenharia de Minas). Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, Portugal. 2004, 275f