

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS NA PRODUÇÃO DE CERÂMICA BRANCA

B. R. B. Fernandes

Graduando em Tecnologia em Materiais
Departamento Acadêmico de Recursos Naturais – CEFET-RN
Laboratório de Processamento Mineral
Av. Salgado Filho, 1159 Morro Branco CEP 59.000-000 Natal-RN
bruno.r.b.f@zipmail.com.br

F. S. D. Araújo

Professor Departamento de Recursos Naturais – CEFET-RN
Laboratório de Processamento Mineral
Av. Salgado Filho, 1159 Morro Branco CEP 59.000-000 Natal-RN
franciolli@cefetrn.br

A. P. A. Dantas

Professor Departamento de Recursos Naturais – CEFET-RN
Laboratório de Processamento Mineral
Av. Salgado Filho, 1159 Morro Branco CEP 59.000-000 Natal-RN
E-mail: padua@cefetrn.br

J. Y. P. Leite

Professor Departamento de Recursos Naturais – CEFET-RN
Laboratório de Processamento Mineral
Av. Salgado Filho, 1159 Morro Branco CEP 59.000-000 Natal-RN
leite@cefetrn.br

RESUMO

A produção de rochas ornamentais é caracterizada pela geração de uma grande quantidade de rejeitos, que devido a não disposição adequada acarreta grandes impactos ambientais. A indústria cerâmica vem se consagrando como alternativa segura e viável à disposição desses resíduos, pois aceita em sua composição uma grande variedade de rejeitos provenientes de outros processos produtivos. O presente trabalho objetiva estudar a viabilidade da incorporação do rejeito de rochas ornamentais à produção de cerâmica branca. Foram realizados ensaios de caracterização de uma argila caulinítica e do rejeito da produção de granito do município de Bom Jardim – PE.

PALAVRAS-CHAVE: Argila, rochas ornamentais, cerâmica branca.

1. INTRODUÇÃO

A empresa Minérios Bom Jardim está localizada no município de Bom Jardim-PE. Opera desde 1980 na extração de rochas ornamentais, explorando o granito imperial. Este minério é destinado basicamente ao mercado externo, entre os quais, Estados Unidos, Canadá, Europa e Ásia.

A extração de granito para o uso como rochas ornamentais está interligada ao método de lavra com um aproveitamento de 10%. Tendo em vista essa grande geração de resíduos, o presente trabalho, busca como alternativa não só a inclusão dos mesmos na indústria de cerâmica branca dando uma valorização ao resíduo mas, o aumento da vida útil da jazida de argila explorada.

Ao transformar matérias-primas, de modo a torná-las úteis para a sociedade, o homem produz quantidades apreciáveis de resíduos que no momento, em que são produzidos, são inúteis e que, ao longo do tempo, acabam por comprometer o meio ambiente (FELLENBERG, 1980).

Segundo SILVA (1998), a necessidade de cumprir as exigências de manejo e disposição de resíduos sólidos gerados nas atividades industriais, vem sendo imposta, nas duas últimas décadas, seja pelas leis ambientais ou movimentos ecológicos em todo o mundo, tornando – se um grande desafio para os sistemas produtivos.

A produção mundial noticiada de rochas para ornamentação e revestimento totalizou 81,25 milhões t em 2004, sendo 43,75 milhões (53,9%) relativos às rochas carbonáticas, 33,0 milhões (40,6%) a rochas silicáticas e 4,5 milhões (5,5%) a ardósias. A Ásia respondeu por 44,1% dessa produção, permanecendo à frente da Europa com 38,4%, das Américas com 11,1%, da África com 6,1% e da Oceania com 0,3%.

A Tabela I mostra a produção mundial de rochas ornamentais e de revestimento em um perfil histórico.

Tabela I. Produção Mundial/Perfil Histórico.

Rochas	Mármore		Granito		Ardósias		Total
	1.000 t	%	1.000 t	%	1.000 t	%	
1926	1.175	65,6	175	9,8	440	24,6	1.790
1976	13.600	76,4	3.400	19,1	800	4,5	17.800
1986	13.130	60,5	7.385	34,0	1.195	5,5	21.710
1996	26.450	56,9	17.625	37,9	2.425	5,2	46.500
1997	27.650	55,8	19.350	39,1	2.500	5,1	49.500
1998	29.400	57,6	19.000	37,3	2.600	5,1	51.000
1999	31.300	57,4	20.350	37,3	2.850	5,3	54.500
2000	34.500	57,8	21.700	36,3	3.450	5,9	59.650
2001	38.500	59,2	23.250	35,8	3.250	5,0	65.000
2002	39.000	57,8	25.000	37,0	3.500	5,2	67.500
2003	42.500	56,7	28.500	38,0	4.000	5,3	75.000
2004	43.750	53,9	33.000	40,6	4.500	5,5	81.250

Fonte: MONTANI (2005)

A extração brasileira de rochas totaliza 5,2 milhões de toneladas/ano. Os estados do Espírito Santo, Minas Gerais e Bahia respondem por 80% da produção nacional. O estado do Espírito Santo é o principal produtor, com 47% do total brasileiro. O estado de Minas Gerais é o segundo maior produtor e responde pela maior diversidade de rochas extraídas

A Tabela II abaixo notifica a produção de rochas no Brasil.

Tabela II. Produção de rochas no Brasil – 2000.

	Quantidade (t)	Participação (%)
Granitos	2.964.280	56,7
Mármore	959.800	18,3
Ardósias	450.000	8,6
Quartzitos Foliados	281.000	5,4
Pedra Miracema	182.000	3,5
Quartzitos Maciços	63.700	1,2
Pedra Cariri	60.000	1,1
Arenitos	49.000	0,9
Basaltos	39.120	0,7
Pedra Sabão/Serpentinitos	38.500	0,7
Pedra Morisca	3.600	0,07
Outras	137.600	2,6
TOTAL	5.228.600	100

Fonte: ABIROCHA & CETEM, 2001.

O Brasil, grande detentor de reservas de mármore e granitos, necessita definir metas para que sirvam como exemplos e inovações internacionais. É de fundamental importância a implantação de uma política que concilie o aproveitamento racional dos recursos naturais e a utilização de novas tecnologias.

Na tentativa de resolver o problema de disposição dos resíduos gerados nas atividades de produção de rochas ornamentais, foi desenvolvido um estudo para avaliar a viabilidade da incorporação desse rejeito como matéria-prima para a produção de cerâmica branca.

2. METODOLOGIA

A figura 2 representa o fluxograma do processo de caracterização desenvolvido no presente trabalho.

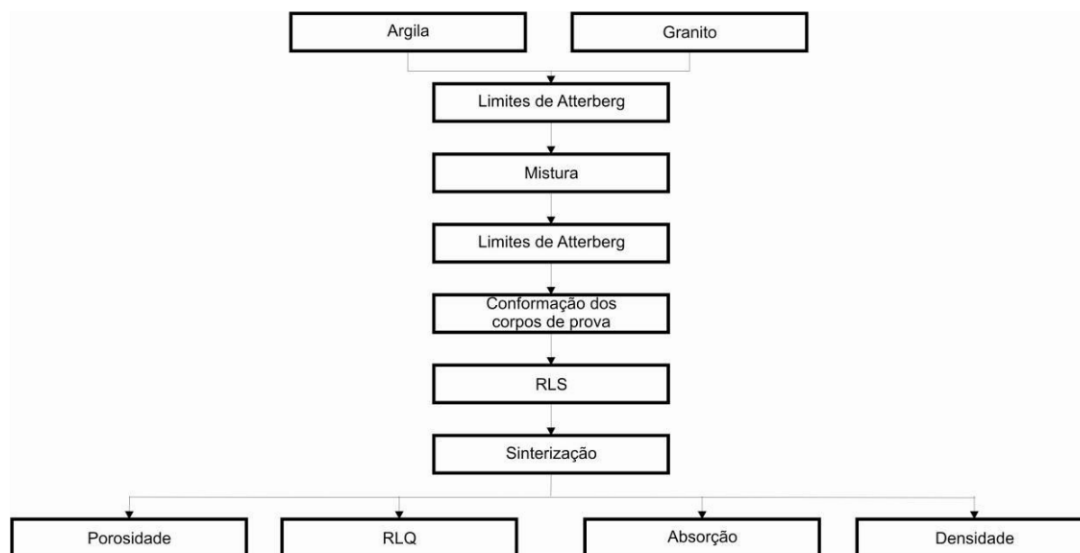


Figura 2. Fluxograma do processo de caracterização das misturas.

2.1. Limites de Atterberg

Os limites de liquidez e plasticidade foram determinados segundo as normas NBR 6459/84 – Limite de Liquidez e NBR 7180/84 – Limite de Plasticidade.

Os ensaios foram realizados na argila, bem como no rejeito de granito e os resultados obtidos foram representados em Diagrama de Casagrande com vistas a determinar as composições que se enquadravam na área de máxima trabalhabilidade proposta por Bruguera (1986).

A zona de máxima trabalhabilidade é a zona na qual as matérias-primas possuem as melhores propriedades do ponto de vista da plasticidade, da retração de secagem, resistência à seco, baixa deformabilidade e alta resistência após queima.

2.2. Conformação dos corpos de prova

Os corpos de prova foram moldados em molde metálico com dimensões de 60mm x 20mm x 5mm, em prensa hidráulica uniaxial marca Pavitest, sob pressão de 200KgF/cm².

Foram conformados corpos de prova com as seguintes composições de rejeito de granito em massa: 5%; 10% e 15%.

2.3. Retração Linear de Secagem

Os corpos de prova à verde tiveram suas dimensões determinadas e então foram levados à estufa, onde permaneceram durante 24h a 110°C para determinação da retração linear de secagem.

$$RLS = \frac{l_v - l_s}{l_v} \cdot 100 (\%) \quad (1)$$

Onde: RLS = Retração linear de secagem (%);
l_v = Comprimento do corpo de prova verde (mm);
l_s = Comprimento do corpo de prova seco (mm).

2.4. Retração Linear de Queima

Os corpos de prova foram sinterizados em forno Jung modelo 0713 1300°C nas temperaturas de 950°C e 1150°C. A figura 3 representa os corpos de prova pós-sinterização.



Figura 3 Corpos de prova pós-sinterização

Após resfriamento, os corpos de prova foram medidos para determinação da retração linear de queima.

$$RLQ = \frac{l_s - l_q}{l_s} \cdot 100 (\%) \quad (2)$$

Onde: RLQ = Retração linear de queima (%);
 l_s = Comprimento do corpo de prova seco (mm);
 l_q = Comprimento do corpo de prova sinterizado (mm).

2.5. Absorção de Água, Porosidade aparente e Massa específica

Os corpos de prova foram imersos em água para determinação da absorção, porosidade aparente e massa específica segundo a NBR 6220.

Os parâmetros citados são calculados a partir das equações abaixo.

$$A = \frac{m_U - m_s}{m_s} \cdot 100 (\%) \quad (3)$$

Onde: A = Absorção de água (%);
 m_U = Massa saturada (g);
 m_s = Massa seca (g).

$$P_A = \frac{m_U - m_s}{m_E \text{ líquido} \cdot V_A} \cdot 100 (\%) \quad (4)$$

Onde: P_A = Porosidade aparente;
 m_U = Massa saturada (g);
 m_s = Massa seca (g);
 $m_E \text{ líquido}$ = Massa específica do líquido;
 V_A = Volume aparente.

$$Meas = \frac{m_s}{V_{as}} (g / cm^3) \quad (5)$$

Onde: Meas = Massa específica aparente da parte sólida;
 m_s = Massa seca (g);
 V_{as} = Volume aparente da parte sólida.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Limites de Atterberg

Após determinados os limites de Atterberg da argila e do rejeito de granito, foi possível estimar uma adição máxima de 17,5% de rejeito de granito a massa para produção da massa cerâmica. O rejeito de granito foi caracterizado como não plástico e a argila apresentou-se dentro da área de máxima trabalhabilidade no Diagrama de Casagrande.

Após determinados os limites de Atterberg foram ensaiadas composições com os seguintes teores de rejeito de granito em peso: 5%; 10%; 15%; 20%; 25% e 30%.

A figura 4 representa os Limites de Atterberg no Diagrama de Casagrande.

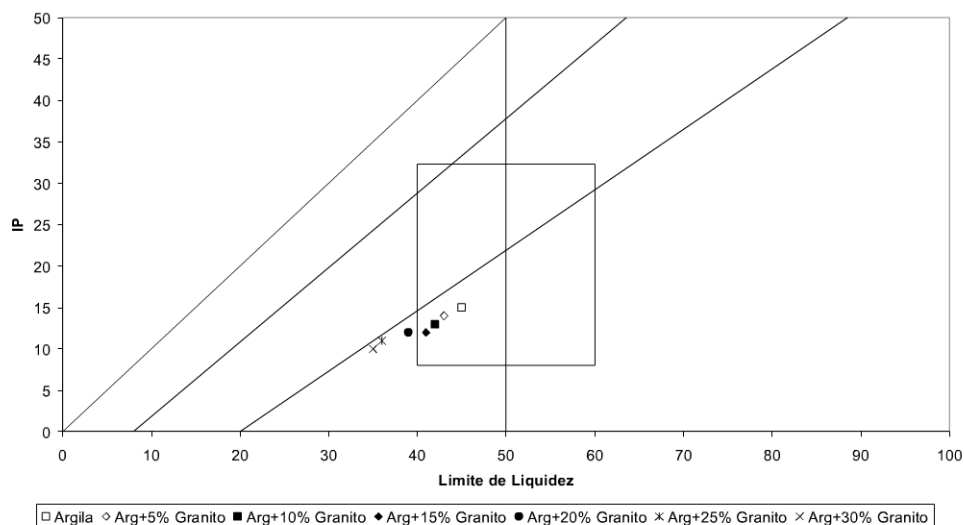


Figura 4. Diagrama de Casagrande

Para os ensaios dos limites de Atterberg utilizou-se rejeito de granito com uma granulometria menor que 100#, o que contribuiu para a linearização da tendência dos resultados obtidos com o aumento da quantidade de rejeito incorporado à argila para produção da cerâmica branca.

Das seis composições analisadas, apenas três permaneceram dentro da zona de máxima trabalhabilidade e estas foram escolhidas para realização dos ensaios de sinterização.

3.2. Retração Linear de Secagem

A figura 5 apresenta o comportamento dos corpos de prova do ponto de vista da RLS.

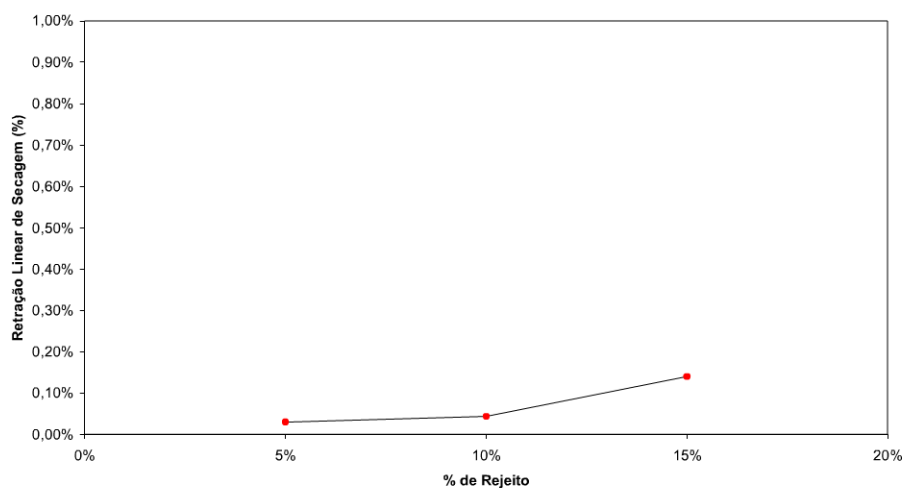


Figura 5. Retração linear de secagem versus composição.

A retração linear de secagem apresentou valores muito baixos e o comportamento de aumento da RLS com o aumento da porcentagem de resíduo incorporado, pode estar associado a erros estatísticos.

3.3. Retração Linear de Queima

Passado o período de secagem, os corpos de prova foram sinterizados em duas temperaturas distintas, para determinação de parâmetros de pós queima.

A figura 6 apresenta os resultados da retração linear de queima dos corpos de prova sinterizados em 950°C e 1150°C.

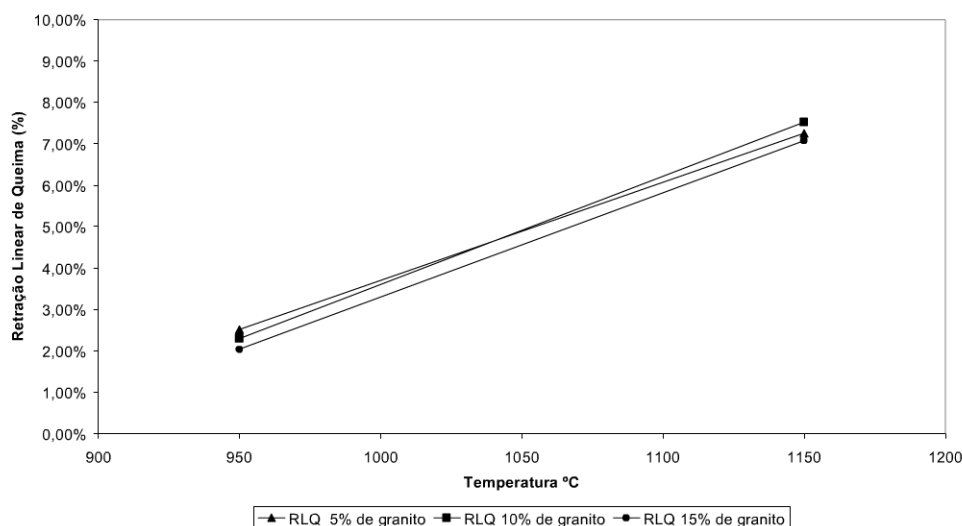


Figura 6. Retração linear de queima versus temperatura.

Os resultados obtidos no ensaio de retração linear de queima apontam para uma diminuição nesse parâmetro em função do aumento da quantidade de rejeito de granito incorporado a massa e que se deve pela contribuição da quantidade de rejeito, que tende a retrair bem menos que a argila devido suas propriedades.

A retração linear de queima dos corpos sinterizados à 950°C são inferiores aos sinterizados à 1150°C, sendo esta última aumentada em função da quantidade de material que funde, contribuindo para a redução das dimensões das peças.

3.4. Absorção de Água, Porosidade aparente e Massa específica

As figuras 7, 8 e 9 apresentam os resultados dos ensaios de absorção de água, porosidade aparente e massa específica para as três composições nas duas temperaturas ensaiadas.

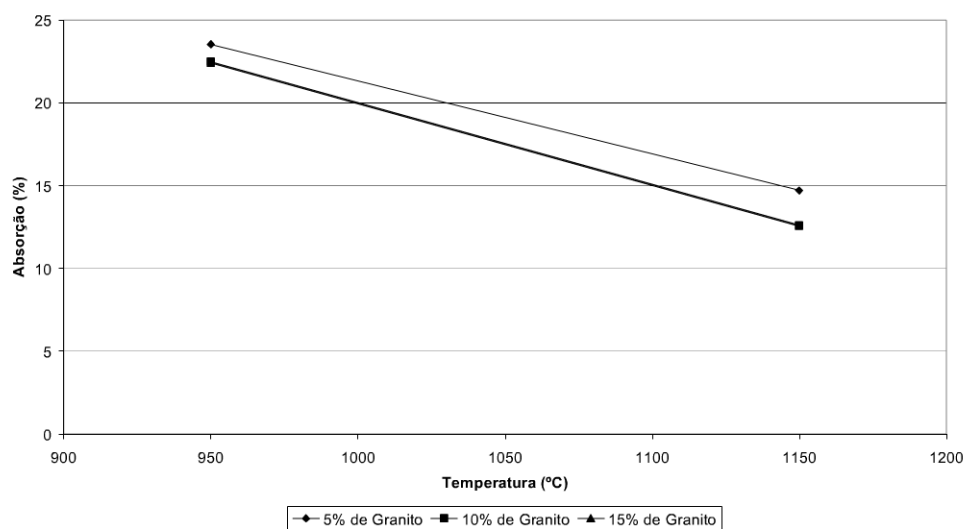


Figura 7. Absorção de água versus temperatura.

É possível observar que as curvas com a composição de 10% e 15% de rejeito de granito se sobrepõem e os níveis de absorção para todas as composições tiveram uma redução média de 10% elevando-se em 200°C a temperatura.

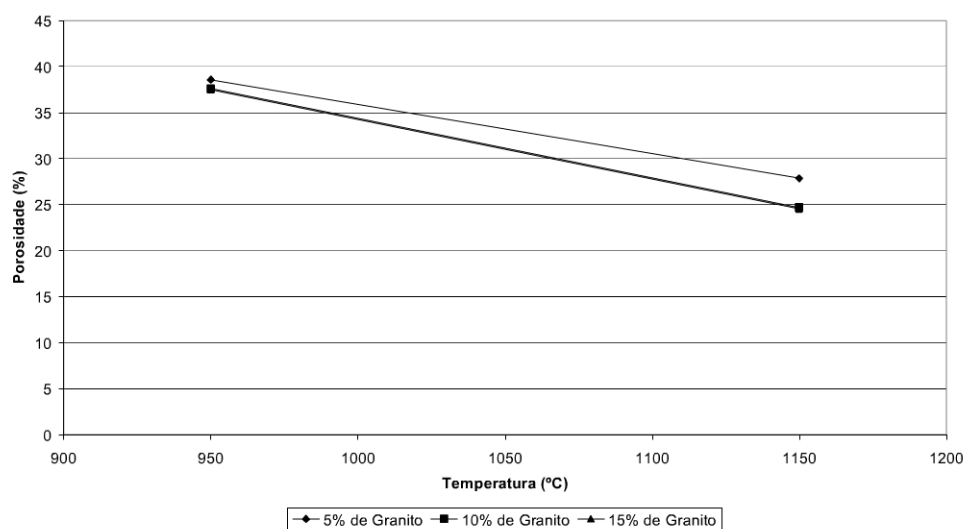


Figura 8. Porosidade versus temperatura.

A figura abaixo apresenta os resultados das densidades dos corpos de prova sinterizados nas duas temperaturas.

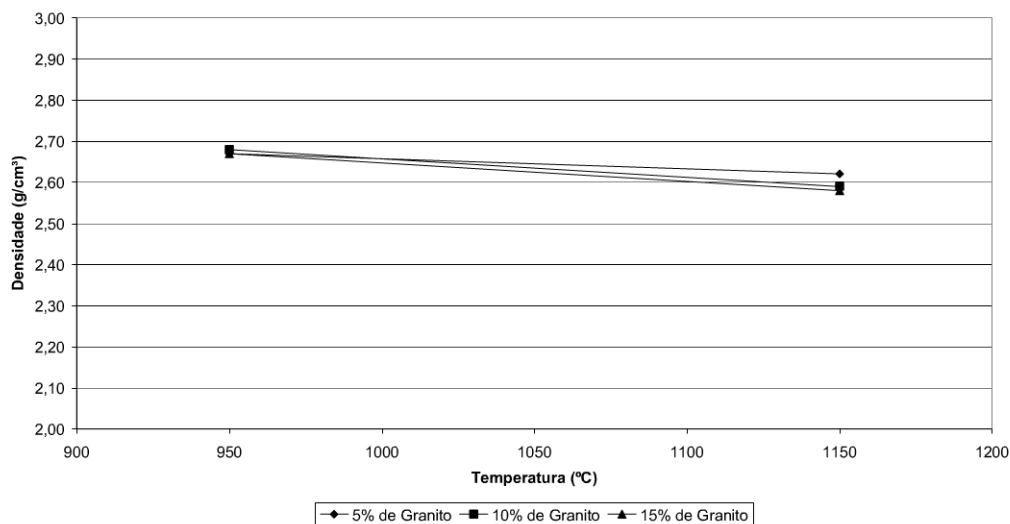


Figura 9. Densidade versus temperatura.

Todos os corpos de prova obtiveram uma redução no valor de suas massas específicas, mas obtiveram também reduções em seus valores de absorção de água e porosidade aparente, assim como um aumento no seu parâmetro de retração linear de queima.

Uma posição causa para a diminuição da densidade dos corpos de prova é a formação de poros fechados, que ficam encapsulados pela fase vítrea formada.

A figura 10 apresenta duas imagens obtidas por captura em lupa com aproximação de 40x onde é possível observar que à temperatura de 1150°C a superfície se apresenta mais vitrificada em função de uma maior reflexão da luz.

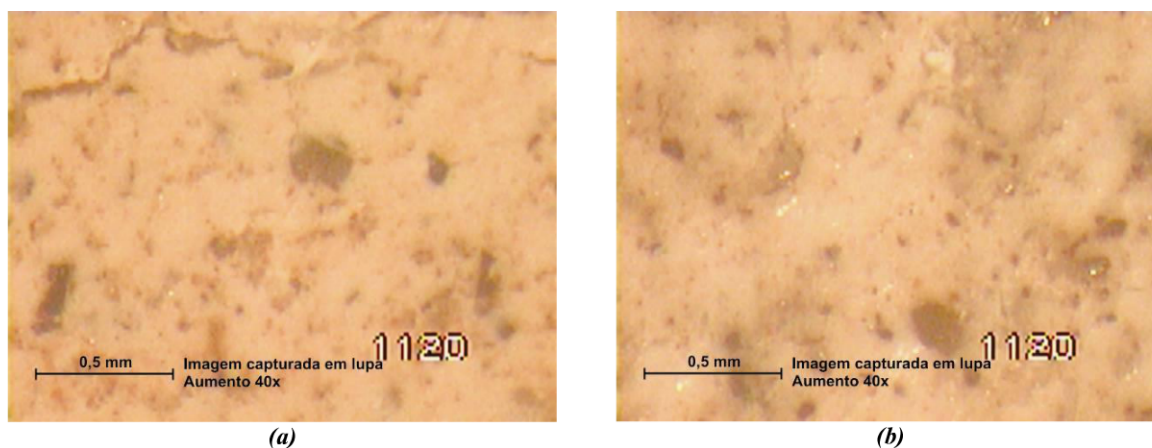


Figura 10. (a) Corpos de prova com 15% de rejeito de granito sinterizado à 950°C e (b) corpo de prova sinterizado à 1150°C

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos confirmam o potencial da inclusão do rejeito de granito da Mineração Bom Jardim para a produção de cerâmica branca.

Todos os parâmetros estudados confirmam que uma maior quantidade de rejeito incorporado à massa, gera um efeito positivo nas propriedades de absorção de água e porosidade. A redução na densidade dos corpos de prova pode ser explicada pela formação de poros fechados que ficaram selados pela ação da vitrificação da massa cerâmica.

As peças apresentaram uma variação de coloração em função da decomposição do K-feldspato presente no rejeito de granito. A 950°C as peças apresentaram uma coloração rósea enquanto à 1150°C a coloração apresentou-se clara, com sinais claros da formação de uma fase vítrea do feldspato, que pode ser observado pela reflexão causada na superfície da peça.

5. REFERÊNCIAS

FELLENBERG, G. **Introdução aos problemas da Poluição ambiental**. 2 ed. São Paulo: USP, 1980. 193p.

SILVA, S. A. C. **Caracterização do Resíduo da Serragem de Blocos de Granito. Estudo do potencial de aplicação na Fabricação de Argamassas de Assentamento e de Tijolos de Solo – Cimento**. Espírito Santo, 1998. 159p. Dissertação (mestrado) Núcleo de desenvolvimento em Construção civil – NDCC, Universidade Federal do Espírito Santo.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6459, **Determinação do Limite de Liquidez**, 1984.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7180, **Determinação do Limite de Plasticidade**, 1984.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6220, **Determinação da massa específica aparente, porosidade aparente, absorção e massa aparente da parte sólida**, 1989.

Bruguera, J. **Manual Práctico de Cerámica**. Ediciones Omega S.A., Barcelona, p. 156-158, 1986.

Leite, J. Y. P. e Araújo, R. C., **Reciclagem de Resíduos de Rochas Ornamentais e sua Utilização na Indústria Cerâmica**. Anais do XIV Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Natal, Brasil, 2002.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE CERÂMICA 2002 – Associação Brasileira de Cerâmica – Maio 2002.

Segadães, A. M., Carvalho, M. A., Acchar, W., **Using marble and granite rejects to enhance the processing of clay products**. Applied Clay Science n° 30. p. 42-52. 2005.