

ESTUDO DE MODIFICAÇÃO DE MASSA CERÂMICA PARA RECOMPOSIÇÃO DE ESCULTURAS PÉTREAS POR IMPRESSÃO 3D

STUDY OF CERAMIC MASS MODIFICATION FOR RECOMPOSITION OF STONE SCULPTURES BY 3D PRINTING

Vitória da Silva Freitas

Graduação em Conservação e Restauração, 8º período, UFRJ
Período Estágio - CETEM: setembro de 2023 até a data atual
vfreitas@cetem.gov.br

Roberto Carlos da Conceição Ribeiro

Orientador, engenheiro químico, D.Sc.
rcarlos@cetem.gov.br

Marceli do Nascimento da Conceição

Coorientadora, química, D.Sc.
mconceicao@cetem.gov.br

RESUMO

Rochas ornamentais apresentam diversas utilizações e é de conhecimento geral que ao longo de toda a história diversos tipos de rochas foram utilizados para constituir marcos sociais, obras de valores inestimáveis. Entretanto, mesmo com a estabilidade das rochas comparadas à outras materialidades do patrimônio, elas ainda são suscetíveis a danos irreparáveis. Uma série de fatores associando o intemperismo, como chuvas ácidas, poluição, ataques microbiológicos, ou mesmo danos causados por ações humanas, são responsáveis constantemente por perdas parciais de partes importantíssimas para os valores de uso das obras, estes fatores ao serem associados à ausência de escultores às técnicas que muitas vezes não são mais aplicadas, há uma grande dificuldade na reconstituição dessas obras. Surge então, como uma tentativa de solução desse processo, a impressão 3D. No presente trabalho, realizou-se um estudo prático sobre a viabilidade da utilização de uma pasta cerâmica constituída de pó de Mármore Carrara e argila que foram caracterizados por FRX e DRX. Os corpos de prova confeccionados continham diferente proporção mássica dos materiais e foram submetidos a ensaios de dureza antes e após sinterização a 1.000, 1.100 e 1.200°C, além de avaliados quanto à densidade, porosidade e absorção da água, a fim de definir o melhor material para a impressão 3D em pasta cerâmica. Os resultados de caracterização do mármore apontaram cerca de 100% de CaCO₃ em forma de calcita. A densidade dos corpos de prova nas diferentes composições não resultou em alteração significativa nas distintas composições e condições de sinterização. Já a porosidade e absorção de água variaram com o incremento mássico do pó de mármore, indicando que é possível alcançar maiores valores de porosidade e absorção de água de forma semelhante ao mármore de monumentos pétreos que já tenham sofrido modificação das propriedades com o intemperismo. Desta forma, seria possível mimetizar as propriedades das peças a ser recomposta.

Palavras chave: Rochas ornamentais; argila; impressão 3D cerâmica.

ABSTRACT

Ornamental stones have various uses, and it is well-known that, throughout history, different types of stones have been used to create social landmarks and works of inestimable value. However, despite the stability of stones compared to other heritage materials, they are still susceptible to irreparable damage. A series of factors associated with weathering, such as acid rain, pollution, microbiological attacks, or even damage caused by human actions, are accountable for partial losses of crucial parts for the functional values of the works.

Additionally, the absence of sculptors and techniques that are often no longer applied makes the reconstruction of these works very challenging. As a potential solution to this issue, 3D printing emerges. In this study, a practical research was conducted on the feasibility of using a ceramic paste made of Carrara Marble powder and clay, which were characterized by XRF and XRD. The test specimens contained different mass proportions of the materials and were subjected to hardness tests before and after sintering at 1000, 1100, and 1200°C. They were also evaluated for density, porosity, and water absorption to determine the best material for 3D printing in ceramic paste. The characterization results of the marble indicated about 100% CaCO₃ in the form of calcite. The density of the test specimens remained unchanged across the various compositions and sintering conditions. However, porosity and water absorption changed with the mass increase of marble powder, indicating that it is possible to achieve higher porosity and moisture absorption values similar to stone monuments that have already undergone those properties' modifications due to weathering. Thus, it would be possible to mimic the properties of the pieces to be reconstructed.

Keywords: ornamental rocks; commercial clay; ceramic 3D printing.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos séculos as rochas obtiveram diversas aplicações na sociedade, e em estudos mais recentes houve um avanço das aplicações de rochas à tecnologia avançada, como o desenvolvimento de novos materiais. Porém, a arte marca presença desde o início da humanidade em elementos como artefatos arqueológicos líticos, e até mesmo objetos pré-históricos de valores espirituais e religiosos. Das gravuras em pedra presentes no Egito antigo até as construções contemporâneas, as rochas vêm contando a história da humanidade por meio de importante marcos, sejam eles formas obras de valor artístico ou marcos políticos.

Entretanto, sejam bens integrados como ornamentos esculpidos em formações arquitetônicas, ou bens móveis, esculturas e fontes expostas em praças ou até acondicionadas em museus, essas obras sofrem constantemente com fatores extrínsecos, devido ao intemperismo, como as crostas negras, deslocamentos, rachaduras (RIBEIRO et al, 2017). Somado a isso, vê-se uma dificuldade muito grande para encontrar profissionais que dominem técnicas de reconstituição, visto que algumas destas técnicas muitas vezes não são mais facilmente encontradas. Tem-se então, como uma tentativa de resolução desse problema a impressão 3D. Entretanto, por tratar-se de uma tecnologia muito recente, os softwares e até mesmo as impressoras constituídas para esta finalidade ainda estão se adaptando ao mercado, tornando as possibilidades de experimentação ainda mais amplas. Surge, então, a possibilidade de associar a argila comercial à uma carga de Mármore Carrara, envolvendo estudos mais aprofundados da reconstituição de partes faltantes de esculturas em um futuro próximo.

2. OBJETIVO

Modificar as propriedades de materiais em pasta cerâmica com rocha carbonática em pó para ser usada na recomposição de esculturas

3. METODOLOGIA

3.1 Caracterização dos Materiais

A argila branca comercial utilizada foi da marca Pascal e o Mármore Carrara passou pelo processo de cominuição em um moinho de barras com adição de água e peneiramento a úmido (< 0,020 mm). Na sequência, fora submetida a ensaios de fluorescência de raios-X (FRX) e difração de raios-X (DRX), além de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV/EDS).

3.2 Confeção dos Corpos de Prova

Foram confeccionados corpos de prova na proporção de pós de Mármore Carrara e argila (M/A) na proporção mássica de mármore de 0 a 50 % de modo que ao final foram obtidas as composições 0/100, 10/90, 20/80, 30/70, 40/60 e 50/50.

3.3 Sinterização

Todos os corpos de prova preparados foram sinterizados em mufla a 1000, 1100 e 1200 °C por 1 h.

3.4 Caracterização dos Corpos de Prova

3.4.1 Medição de dureza

Mediu-se a dureza utilizando o equipamento Equotip 3, da marca Proceq, com a sonda C (3 N/mm de energia de impacto), realizando-se 3 medições em cada amostra.

3.4.2 Índices físicos: Densidade, porosidade e absorção de água

Os índices físicos (densidade, porosidade e absorção de água) foram determinados segundo a norma NBR15845-2 (ABNT, 2015).

3.5 Impressão 3D

As condições do equipamento para impressão dos corpos de prova foram: pressão variando de 1,5 a 3 bar, abertura do bico de impressão de 1mm, velocidade de impressão variando de 10 a 20 mm/s, fator de extrusão na faixa de 0,9, densidade de preenchimento de 100% e altura de camada de deposição na faixa de 1 mm.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização dos Materiais

4.1.1 Análises química e mineralógica

O resultado de FRX indicou teores de cerca de 50% de CaO e, indicando tratar-se quase de carbonato de cálcio. O MEV-EDS da argila (Figura 1^a) indicou que as partículas, em geral, apresentam formato elíptico e presença de Mg, Si, O e C, (Figura 1B).

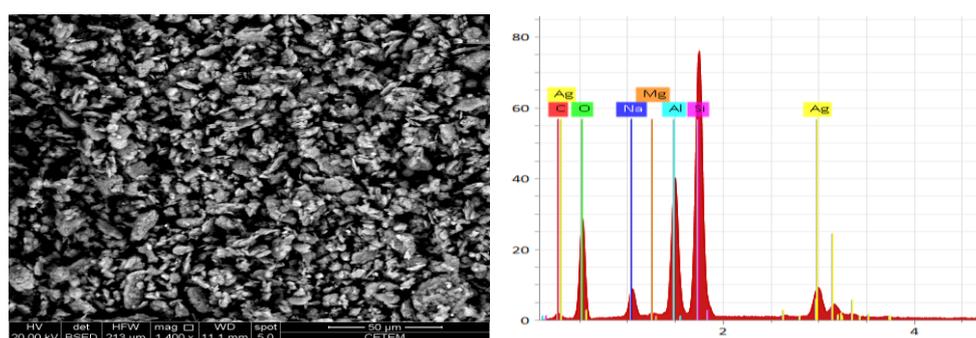


Figura 1: MEV(A) e EDS da argila branca comercial (B).

4.2 Caracterização dos Corpos de Prova

4.2.1 Medição de dureza superficial

Na Figura 2, apresentam-se os valores de dureza. As medições de dureza seguindo a sinterização de 1.000 e 1.100°C não apresentaram um padrão ao ser inserido o pó de

mármore. Já os corpos de prova sinterizados a 1.200°C apresentaram aumento da dureza com o incremento mássico do pó de mármore na argila, indo, aproximadamente, de 200 a 500 HLC.

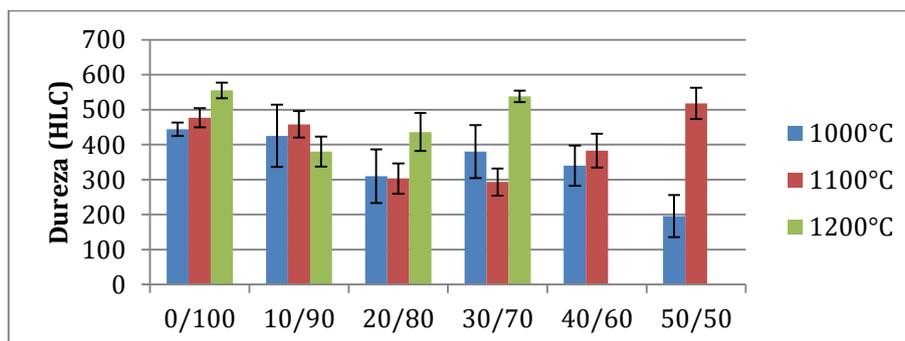


Figura 2: Dureza HLC das amostras após a sinterização.

4.2.2 Índices físicos Definição de tamanho de partícula

Os índices físicos podem ser observados na Figura 3, respectivamente. Na sinterização de 1.000°C os corpos de prova não apresentaram variação significativa em relação aos índices físicos analisados, a densidade permaneceu na ordem de 1.700 kg.m⁻³, a porosidade por volta de 35% e a absorção de água na ordem de 20%. Já os corpos de prova sinterizados a 1.100 e 1.200°C apresentaram uma densidade ligeiramente menor enquanto porosidade e absorção de água maiores.

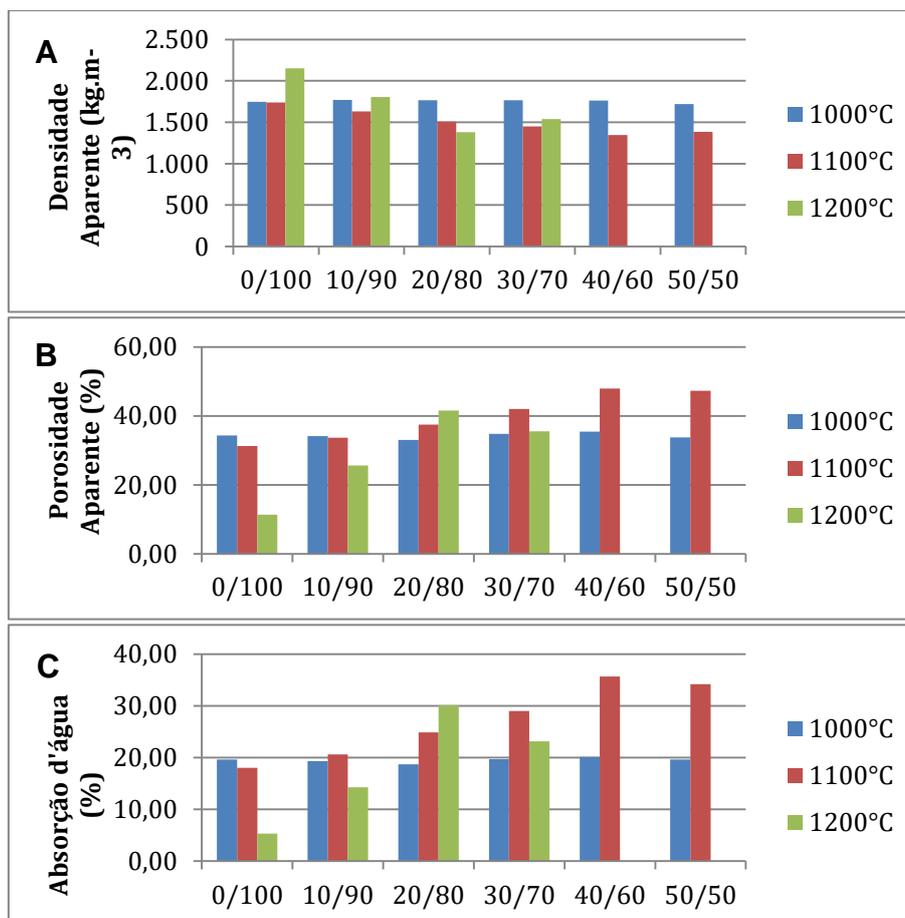


Figura 3: Densidade aparente (A), porosidade (B) e absorção de água (C) das amostras.

5. CONCLUSÕES

Os resultados indicam que é possível confeccionar peças por impressão 3D para recomposição de esculturas de mármore com pasta cerâmica modificada com pó de mármore, afetando porosidade, resistência, absorção de água e densidade, nas temperaturas de sinterização de 1.100 e 1.200°C. Isso permite escolher a composição ideal para cada escultura. Na sinterização a 1.000°C, diferentes composições não alteraram de maneira discrepante os índices físicos, permitindo aumentar o percentual de Mármore Carrara sem mudanças nas propriedades.

6. AGRADECIMENTOS

Ao CETEM pela infraestrutura e financiamento, ao LACON, especialmente a Michelle.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

RIBEIRO, R.C.C.; SILVA, R.E.C.; SARQUIS, M.I.M. Caracterização tecnológica da rocha do prédio principal e argamassas do Parque Lage - Rio de Janeiro - RJ. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2017.

CONCEIÇÃO, M.N.; THIRÉ, R.; RIBEIRO, R.C.C. (2018) L'utilisation de résidus minéraux avec le poly(acide lactique) (PLA) pour la fabrication additive et étude des pertes de chaleur en surface des pièces imprimées en 3D, Conférence MATERIAUX 2018, Strasbourg, França.