

APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS CERÂMICOS INDUSTRIAIS NA COMPOSIÇÃO DE MASSA PARA UTILITÁRIOS ARTESANAIS DE MESA

G. D. A. Silva¹; J. C. Silva²; T. C. M. Tabosa¹; A. M. Q. Andrade¹; Y. P. Yadava²; V. P. Cavalcanti¹

¹ Laboratório de Design O Imaginário - Departamento de Design - Universidade Federal de Pernambuco 50720-001 Recife PE

² Laboratório de Cerâmicas Especiais - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Pernambuco, 50740-530 Recife PE

RESUMO

Neste trabalho foram avaliadas as propriedades físicas e mecânicas de duas massas cerâmicas produzidas a base de resíduos cerâmicos industriais para a produção de produtos artesanais cerâmicos do Centro de Artesanato Arq. Wilson Campos Júnior. As massas desenvolvidas foram caracterizadas por análise química e por ensaios cerâmicos normatizados: Retração linear total (%); Absorção de água (%); Módulo de Ruptura à Flexão (Kgf/cm²); Perda ao fogo (%); e Cor após queima. De acordo com os resultados, observou-se que a inserção de diferentes percentuais do resíduo industrial na argila in natura melhoraram suas propriedades e atenderam aos requisitos técnicos e estéticos para fabricação da cerâmica artística e utilitários de mesa do grupo ceramista.

Palavras-chave: *Reaproveitamento de material, Cerâmica Vermelha, Resíduo Industrial*

INTRODUÇÃO

A produção de cerâmica vermelha no Cabo de Santo Agostinho é uma das atividades que remonta aos tempos da colonização. Durante séculos, as olarias de propriedade dos engenhos de açúcar produziram apenas tijolos e telhas para atender, exclusivamente, às necessidades da principal atividade econômica da zona

da mata sul de Pernambuco. Com o passar do tempo, as olarias começaram a confeccionaroringas, jarras, painéis, potes, alguidares e pratos de curau¹.

A extração da matéria prima para a produção das peças, a argila, sempre foi considerada uma atividade não econômica, sendo autorizada por SUAPE² por considerar o volume mensal, menos de oito toneladas/mês, apenas para a produção artesanal dos produtos. Atualmente, com o desenvolvimento econômico da região, tais jazidas estão sendo aterradas para a instalação de indústrias de grande porte. Neste cenário, é urgente a necessidade de se estabelecer alternativas para a manutenção do fornecimento de matéria prima aos ceramistas do Cabo.

O Imaginário é um Laboratório de pesquisa e extensão multidisciplinar, vinculado ao Departamento de Design e de Cultura da Universidade Federal de Pernambuco composto por profissionais, professores e estudantes de diversas áreas do conhecimento, que atuam com foco no design³ (1, 2) como instrumento a serviço da sustentabilidade ambiental, econômica e social. É o resultado da evolução de projetos de pesquisa e extensão, que somavam esforços para a inserção do design tanto no âmbito industrial quanto artesanal. Sua missão é oferecer soluções de design baseadas em pesquisa e que estejam comprometidas com o usuário e o desenvolvimento sustentável de processos e sistemas.

As abordagens metodológicas utilizadas pelo Laboratório O Imaginário tanto no ambiente artesanal quanto no industrial, apontam a relação entre o design e a sustentabilidade a partir de suas especificidades. Em linhas gerais, estas abordagens utilizam a relação entre design e sustentabilidade, tal como argumenta Manzini, em macro dimensões: a dimensão econômica e produtiva e a dimensão social, ambiental e cultural. (3, 4).

No âmbito industrial, as ações do laboratório objetivam fortalecer a articulação da Universidade com o setor produtivo, visando à troca de informações entre

¹ Curau - pratos que os plantadores de cana levavam para uso no campo.

² O Complexo Industrial Portuário de Suape é considerado a locomotiva do desenvolvimento de Pernambuco e um dos principais polos de investimentos do país.

³ [...] atividade criativa, que tem o objetivo de estabelecer múltiplas qualidades a objetos, processos, serviços e sistemas por todo o seu ciclo de vida. Contudo, design é o fator central da **inovação humanizadora** de tecnologias e um fator crucial para a **troca cultural e econômica**. ICSID - International Council of Societies of Industrial Design (2007) Se o design tem seu surgimento ligado à dissociação entre o projetar e o executar [tarefa delegada à indústria, que se especializou na produção repetitiva, rápida e massiva], hoje se percebe uma reaproximação do executor original: o artesão. BARROSO [2005] aponta que nos últimos anos começam a surgir intervenções cada vez mais frequentes e sistemáticas na produção artesanal, promovidas por diversos organismos da esfera pública e privada, em quase todos os países da América latina, cuja principal motivação tem sido a necessidade de integrar à vida econômica destes países uma atividade que durante muito tempo foi marginalizada e tratada apenas dentro da ótica da assistência social.

academia e empresas, ampliando as possibilidades de atuação dos designers no Estado. Na abordagem artesanal a diretriz é firmar a atividade artesanal em Pernambuco enquanto meio de vida sustentável, através de intervenções que respeitem os valores sociais, econômicos, ambientais e culturais das comunidades produtoras de artesanato.

Na perspectiva da sustentabilidade econômica e social, os técnicos do Laboratório O Imaginário em parceria com os pesquisadores do Laboratório de Cerâmicas especiais da UFPE, desde 2008, veem desenvolvendo pesquisas (5) para composição de uma massa cerâmica capaz de atender aos parâmetros de produção da cerâmica artística e de louça de mesa, conforme estabelecido na Tabela 1 (6), a partir da adição de resíduos cerâmicos industriais na argila de SUAPE

Tabela 1 Propriedades físicas exigidas para massas de cerâmica artística, louça de mesa e louça sanitária.

| PROPRIEDADES FÍSICAS | CERÂMICA ARTÍSTICA | LOUÇA DE MESA | LOUÇA SANITÁRIA |
|--|--------------------|---------------|-----------------|
| Temperatura de Queima | 1050 °C | 1180 °C | 1250 °C |
| Absorção (%) | 15 - 19 | 4 - 6 | 0 |
| Módulo de Ruptura após queima (Kgf/cm ²) | 200 - 300 | 300 - 500 | Maior que 500 |
| Densidade da Barbotina (g/cm ³) | 1,71 – 1,73 | 1,72 – 1,75 | 1,77 – 1,80 |

Inicialmente, foram utilizados os resíduos de uma fábrica de piso cerâmico e atualmente, as pesquisas estão direcionadas a utilização do resíduo da fabricação de louças sanitárias da ROCA®. Tal resíduo é uma massa oriunda da drenagem do processo de produção ou seja água suja com os componentes da massa como argilas, feldspatos entre outros. Todavia, existem alguns requisitos para a incorporação destes resíduos industriais e lodos da indústria cerâmica que devem ser levado em consideração, como o tratamento adequado deste resíduo, armazenamento e caracterização do mesmo (7,8).

Este artigo apresenta os primeiros resultados do desenvolvimento de duas massas cerâmicas adequadas à produção dos ceramistas do Cabo, a partir da inserção de percentuais do resíduo cerâmico das louças sanitárias (R2), na argila de SUAPE (S1) e matérias primas virgens para ajustes.

MATERIAIS E METODOS

Materiais

Foram elaboradas, inicialmente, três composições de massa, sendo uma para uso no torno (ET1), sinterizada à 850 °C e as demais para colagem de barbotina (EB1 e EB2), sinterizadas a 1100 °C, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – composições das massas cerâmicas

| MATÉRIAS PRIMA | ET1 | EB1 | EB2 |
|----------------|-------|------|------|
| Argila Cabo | 50% | 15% | 15% |
| Resíduo Roca | 30% | 15% | 30% |
| Feldspato | 10% | 50% | 30% |
| Quartzo | 10% | 10% | 9% |
| Caulim | - | 10% | 8% |
| Calcita | - | - | 8% |
| TOTAL | 100 % | 100% | 100% |

Análise química

Esse ensaio tem como finalidade identificar as composições químicas teóricas das argilas analisadas. As amostras foram trituradas na forma de pó e uma alíquota de cada amostra foi colocada em estufa para secar a 110 °C e então levada a uma mufla a 1000 °C por 2 horas. Para cada amostra foi feita uma pérola fundida, usando tetraborato de lítio como fundente na proporção de 1:5. As amostras foram analisadas em espectrômetro de fluorescência de raios Rigaku modelo RIX 3000, equipado com tubo de Rh, pelo método de curvas de calibração, preparadas com materiais de referência internacionais.

Ensaio Cerâmicos

Retração Linear

Este ensaio tem a finalidade é avaliar a redução de volume do corpo de prova após a secagem e queima além de explicar indiretamente o ensaio dimensional mencionado na NBR 15099:2004. Existem dois tipos de retração: uma que ocorre antes da queima a 110 °C e outra que ocorre após a sinterização.

Para a realização do ensaio com a massa de barbotina, mede-se o comprimento inicial no molde (C1), em seguida, conforma-se o corpo de prova inserindo a massa na cavidade do molde. Depois do tempo adequado de fundição, ocorre o destacamento do material no molde. Na massa de torno, corta-se o tarugo compactado nas dimensões desejadas para o ensaio neste estudo em 10 cm. Os corpos de prova confeccionados são colocados na estufa para secagem na temperatura de 110 °C durante 24 horas. Após este tempo, após resfriamento na temperatura ambiente, com o auxílio de um paquímetro, medem-se novamente os corpos-de-prova para obter o comprimento a seco (CS).

Em seguida, os corpos-de-prova são levados ao forno para queima em temperatura de aproximadamente 850°C, para a massa de torno, e a 1100°C, para a massa de colagem de barbotina, por um tempo de 8 horas. Após a sinterização, o corpo-de-prova é medido novamente e tem-se então o comprimento queimado (CQ) do material. De posse destes valores, obtidos na experiência, podemos inserir nas equações (1), (2) e (3) para determinação da retração de secagem, de queima e total respectivamente.

$$\text{Retração de secagem (\%)} = \frac{(CI - CS) \times 100}{CI} \quad (1)$$

$$\text{Retração de queima (\%)} = \frac{(CS - CQ) \times 100}{CI} \quad (2)$$

$$\text{Retração total (\%)} = \frac{(CI - CQ) \times 100}{CI} \quad (3)$$

Onde:

CI = Comprimento inicial;

CS = Comprimento após secagem (110°C);

CQ = comprimento após a queima (850 e 1100 °C).

Módulo de Ruptura à flexão (MRF)

Os moldes dos corpos de prova para ensaio de Módulo de Ruptura à Flexão foram cedidos pela fábrica de louça sanitária ROCA® e os corpos de prova para a massa de torno foram realizados numa extrusora a vácuo VERDES® modelo 057.

Todos os corpos de prova foram ensaiados numa máquina EMIC com célula de carga Trd 24 de 50N/cm³, utilizando o programa Tesc versão 3.04, conforme a norma NBR15310 – telha cerâmica, seguindo os parâmetros determinados para cada condição isto é, se o corpo de prova apresenta uma seção reta retangular ou circular, normatizado para ensaios de resistência à flexão de materiais cerâmicos avançados em temperatura ambiente Norma ASTM C1161.

Os valores encontrados foram lançados na equação 4 para materiais de seção retangular no caso da massa de torno e na equação 5 para as massas de barbotina cujos corpos de prova apresentavam seção reta circular e assim foram calculados os módulos de ruptura à flexão após sinterização 1100 °C.

$$MRF = \frac{3F_f L}{2bd^2} \quad (4)$$

Onde:

F_f: Carga necessária para ruptura em N;

L: Distância entre os pontos de suporte em cm;

b: largura do corpo de prova em cm;

d: espessura do corpo de prova em cm;

$$MRF = \frac{F_f L}{3,1416R^2} \quad (5)$$

Onde:

F_f: Carga necessária para ruptura em N;

L: Distância entre os pontos de suporte em cm;

R: raio do corpo de prova

Após a ruptura de cada corpo de prova, foram medidas as dimensões das seções transversais de cada amostra, no local da ruptura e foi observado as cargas necessárias para o rompimento.

Absorção de água (A.A)

Este ensaio avalia a queima da peça cerâmica, através de sua porosidade, a partir da quantidade de água absorvida pela peça cerâmica após a sinterização. O corpo de prova utilizado no ensaio é o mesmo usado no ensaio de retração. Este ensaio também pode ser feito com regiões distintas do produto acabado segundo (ABNT NBR 15097:2004). O corpo-de-prova é pesado para determinação da massa seca (MS), logo em seguida o material é imerso em um recipiente com água, onde se eleva a temperatura da mesma até seu ponto de ebulição, permanecendo por 2

horas. Após 2 horas de fervura, deixa-se esfriar no próprio recipiente com água por 24 horas. Novamente volta-se a pesar os corpos-de-prova para determinar a massa úmida (MU). Com posse destes números, determinamos então o percentual de absorção, utilizando a equação (6) a seguir:

$$\% \text{ Absorção} = \frac{(MU - MS) \times 100}{MS} \quad (6)$$

Onde:

MS = Peso do material seco;

MU = Peso do material úmido;

O valor encontrado para louça de mesa deve estar compreendido entre 4-6 % pois peça apresentará um alto índice de porosidade e com o passar do tempo o acúmulo de umidade nos poros causará expansão por umidade.

Cor após queima

Este ensaio consiste em avaliar a tonalidade do corpo cerâmico após a etapa de sinterização à 850 °C, para massa de torno e 1100 °C, para colagem por barbotina. Quando o corpo de prova é retirado da estufa, onde permaneceu por um período de 24 horas, à 110 °C, é submetidos a queima e posteriormente é avaliado com relação a cor.

RESULTADOS

Análise Química

Com base na quantidade de óxidos presentes (álcalis, sílica entre outros) das amostras analisadas, Tabela 3, pode-se afirmar que tanto a argila de SUAPE quanto o resíduo industrial fornecido pela ROCA® são complementares e potencialmente capazes de servir como matéria prima para um novo composto cerâmico. Em sendo as matérias primas complementares, a inserção do R2 na massa S1 favorecerá a complementação dos álcalis Na₂O e K₂O responsáveis pela fusibilidade do material, entre outros óxidos, promovendo melhores propriedades tecnológicas ao produto final.

Outra consideração importante é que a argila de SUAPE apresenta um maior percentual de Fe₂O₃, que contribui para a coloração avermelhada da peça após a sinterização. Essa cor avermelhada é característica da cerâmica do cabo e deve ser

considerada na elaboração das formulações de massa. Todavia, para o processo de colagem de barbotina a cor do produto final precisa apresentar um tom mais claro, em função, da camada de esmalte cerâmico a ser aplicada. Essa condição favorece o uso de um percentual maior do R2 na formulação, tendo em vista que sua cor pós queima é acinzentada.

Tabela 3 - Composições químicas teóricas da argila de Suape (S1) e Resíduo Roca (R2).

| DETERMINAÇÕES | AMOSTRAS MASSA (%) | |
|--------------------------------|--------------------|--------|
| | S1 | R2 |
| SiO ₂ | 56,80 | 52,65 |
| Al ₂ O ₃ | 20,31 | 21,75 |
| TiO ₂ | 1,75 | 0,40 |
| Fe ₂ O ₃ | 7,01 | 1,92 |
| MgO | 0,78 | 0,63 |
| CaO | 1,18 | 3,76 |
| Na ₂ O | 0,36 | 0,71 |
| K ₂ O | 2,63 | 3,13 |
| P ₂ O ₅ | 0,25 | 0,30 |
| MnO | 0,05 | Traços |
| ZrO ₂ | 0,34 | 1,63 |
| BaO | - | - |
| P.F. | 8,09 | 11,96 |

Ensaio Cerâmicos

Todas as massas cerâmicas apresentaram densidade entre 1,65 – 1,75 g/cm³. Esses valores favorecem o processo de colagem de barbotina pois, diminui o encharcamento do molde de gesso e promove o aumento da velocidade no fluxo produção das peças. Com relação ao ensaio de retração linear, um dos dados mais importante para o processo de design, a massa de torno apresentou um maior percentual de retração na secagem (6%) que no pós queima (2%). No entanto, a retração total de 8% confere a para a massa de torno (ET1) um baixo percentual de retração, indicando que a adição do Quartzo e do Feldspato foi eficaz na formação de fases vítreas durante a sinterização.

Já com relação as massas para colagem de barbotina, a experiência EB1 apresentou retração total (14,29%), considerada satisfatória. Porém, a retração no pós queima (8,5%) foi maior que na secagem (5,71%). A massa EB2 que contém as

mesmas matérias primas da massa EB1, exceto pela adição de calcita apresentou menor variação dimensional total (6,96 %).

Quanto a resistência mecânica, a partir do ensaio de Módulo de Ruptura à Flexão, a massa ET1 apresentou melhores resultados (89,24 Kgf/cm²) quando comparado a resistência mecânica da argila de SUAPE pura (24,94 Kgf/cm²). Esse resultado comprova que a mistura um percentual de 15% do resíduo da Roca foi satisfatória para melhoria das propriedades tecnológicas da massa, em laboratório.

As massas EB1 e EB2 apresentaram valores de resistência mecânica próximos a especificação para utilitários de mesa, respectivamente 276,86 e 280,20 Kgf/cm². Esses parâmetros indicam a necessidade de ajustes em alguns aspectos do processo: Inicialmente, no ajuste dos materiais fundentes para favorecer a formação das fases vítreas, ou mesmo diminuir o percentual de Calcita. Em seguida, no ajuste dos parâmetros de queima entre 1150 – 1180 °C. Como os corpos de prova foram sinterizados a uma temperatura de 1100 °C, isso também pode ter contribuído para uma resistência mecânica menor.

Com relação ao ensaio de absorção, os valores ficaram bastante próximos entre as três massas desenvolvidas: ET1(19.34 %); EB1(15,08 %) e EB2 (18,73 %). Estes resultados sugerem que as massas apresentam alta porosidade necessitando de ajustes em sua composição. A calcita contida na massa EB2, embora, diminua a retração pós queima, faz com que o corpo de prova fique com uma porosidade maior.

Tabela 4 – Resultados dos ensaios cerâmicos

| TIPO DE ENSAIO | ET1 850 (°C) | EB1 1100 (°C) | EB2 1100 (°C) |
|---|---------------------|------------------|------------------|
| Densidade (g/cm ³) | 1,65 | 1,75 | 1,75 |
| Retração secagem (%) | 6 | 5,71 | 4,29 |
| Retração Queima (%) | 2 | 8,50 | 2,68 |
| Retração Total (%) | 8 | 14,29 | 6,96 |
| Absorção (%) | 19,34 | 15,08 | 18,73 |
| Módulo de ruptura flexão (Kgf/cm ²) | 89,24 | 276,86 | 280,20 |
| Cor de queima* | Alaranjado moderado | Bege | Bege |

(*) Cor definida por comparação com a Rock Color Chart, New York, 1984.

Por fim, os resultado da coloração pós sinterização das massas EB1 e Eb2 apresentaram a cor bege e portanto, adequadas a produção de utilitários de mesa devido a aplicação de vários tons de esmalte cerâmico. Já a massa de torno (ET1) apresentou coloração alaranjada moderada adequada a produção dos ceramistas do cabo, cor referencia da tradição da cerâmica do cabo.

CONCLUSÕES

A argila SUAPE é adequada para fabricação de tijolos manuais, prensados, furados, telhas e artefatos de decoração. Entretanto, em função da sua baixa resistência mecânica (24,94 Kgf/cm²) e, tendo como foco a produção de utilitários artesanais de mesa, foram necessários ajustes na composição da massa com matérias primas complementares. A adição de 15% do resíduo da fábrica de louça sanitária ROCA® na argila de SUAPE, além de algumas matérias primas virgens para ajustes, apresentou um ganho superior a 200% na resistência mecânica do material (89,24 Kgf/cm²), melhorou os índices de retração e de absorção de água do novo composto.

Cumprе salientar que, para a garantia destes bons resultados, faz-se necessário testar a massa de torno, na produção de peças com geometria mais complexas para avaliar o comportamento de queima do material e o desempenho das mesmas na aplicação do esmalte cerâmico. Em relação as massas desenvolvidas para colagem de barbotina, em função dos resultados ainda não satisfatórios, a próxima etapa da pesquisa consistirá em ajustes na composição para melhorar a resistência mecânica e absorção do material. Acredita-se que o acréscimo de materiais fundentes como a sílica, cuja fonte principal é o quartzo pode contribuir para esse objetivo. Todavia os artesãos do Cabo testaram e aprovaram em produtos com as massas ET1 e EB2, inclusive com experimentos de esmalte e os resultados iniciais foram satisfatórios. Contudo, a adequação e a padronização dos processos de fabricação serão fundamentais para consecução desses resultados na linha de produção.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é parte do projeto “ Cerâmica Artesanal do Cabo de Santo Agostinho: Centro de Artesanato Arquiteto Wilson de Queiroz Campos Junior” patrocinado pelo Programa Petrobras Desenvolvimento e Cidadania.

Os autores ainda agradecem ao Laboratório Núcleo de estudos geoquímicos e o Laboratório de Frequência de Raio X ambos do Departamento de Geologia da UFPE pelas Análises Química. E, ao Laboratório de Caracterização de Argilas do SENAI Água Fria- PE pela produção dos corpos de prova.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) **ICSID - International Council of Societies of Industrial Design.**
<http://www.icsid.org/about/about/articles31.htm>
- (2) BARROSO, E.: O design como ferramenta para o incremento da joalheria brasileira. <http://www.joiabr.com.br/artigos/ebneto.html>
- (3) **Imaginário Pernambucano: design, cultura, inclusão social e desenvolvimento sustentável.** Coordenação: Ana Maria Queiroz Andrade, Virginia Pereira Cavalcanti. Ed. Zoludesign, Recife (2006)
- (4) MANZINI, E., VEZZOLI, C.: **O desenvolvimento de produtos sustentáveis.** Ed. Universidade de São Paulo, pp. 50 - 55, São Paulo (2005)
- (5) SILVA, G.D.A et. all. Refugio industrial como insumo para a cerâmica artesanal: uma alternativa sustentável para o artesanato do Cabo de Santo Agostinho – Pernambuco / Brasil. In: **Congresso Internacional de Pesquisa em Design**, Anais de Congresso, São Paulo (2008)
- (6) MORELLI, A.C, BALDO, J.B. Barbotinas Cerâmicas contendo rejeito de vidro soda Cal para maturação em baixa temperatura; **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v. 8, n.3, maio/junho, 2003.
- (7) COSTA, M. G.; RIBEIRO, M. J.; LABRINCHA, J. A. Reutilização in situ das Lamas Residuais de uma Indústria Cerâmica, **Cerâmica Industrial**, Vol. 7 (5), pp. 44-50, 2002.
- (8) ROCHA, R.R., ZANARDO, A., MORENO, M.M.T. Estudo do comportamento reológico de barbotinas preparadas com argilas da formação Corumbataí utilizadas no pólo cerâmico de Santa Gertrudes (SP). São Paulo: **Cerâmica**, n.54, p.332-337. 2008.

UTILIZATION OF INDUSTRIAL WASTE IN CERAMIC COMPOSITION OF MASS FOR UTILITIES OF CRAFT TABLE

ABSTRACT

In this study the physical and mechanical properties of two porcelains produced ceramic base for the production of ceramic crafts Craft Center Architect Wilson Campos Júnior industrial waste were evaluated. The developed masses were characterized by chemical analysis and normalized ceramic tests: Total Linear shrinkage (%); Water absorption (%); Flexural Modulus of rupture (kgf / cm²); Loss on Ignition (%); Color and after burning. According to the results, it was observed that the presence of different percentages of industrial waste on clay in natura improved their properties and met the technical and aesthetic requirements for the production of artistic ceramics and utilities table potter group.

Palavras-chave: *Reuse of material, Red Ceramic, Industrial Waste*