

O PROCESSO PRODUTIVO E A QUALIDADE DO PRODUTO CERÂMICO ESTRUTURAL

Roberto ARRUDA Lima Soares⁽¹⁾

Rubens MARIBONDO do Nascimento⁽²⁾

(1) Centro Federal de Educação Tecnológica do Piauí - CEFET – PI, Praça da Liberdade n° 1597, Centro, C.E.P.: 64.000-040 Teresina - Piauí, E-mail: arruda@cefetpi.br

(2) Departamento de Engenharia Mecânica, Campus Lagoa Nova, UFRN, C.P.: 1524, CEP: 59072-970, Natal-RN. E-mail: rmaribondo@ufrnet.br

RESUMO

O setor da indústria cerâmica estrutural do Piauí tem como principais produtos telhas e tijolos, tendo como referência de qualidade as telhas prensadas. O presente trabalho teve como objetivo verificar a influência do processo produtivo e o uso tecnológico na qualidade das telhas e tijolos produzidos no pólo cerâmico do estado. Para isso, fez-se o acompanhamento do processo produtivo e tecnologia aplicada na produção. Também foram coletadas amostras de telhas e tijolos e realizados ensaios tecnológicos de absorção de água (AA) e tensão de ruptura à flexão (TRF). Observou-se que, dentre as amostras coletadas, as telhas prensadas obtiveram os melhores resultados, consequência do rigor do processo fabril aliado à tecnologia utilizada.

Palavras-chave: cerâmica estrutural, processo produtivo, propriedades tecnológicas.

1. INTRODUÇÃO

O pólo cerâmico do estado do Piauí, localizado na região de Teresina, configura-se o de maior importância no estado e é referência regional. Seus principais produtos são telhas e tijolos, com destaque para as telhas prensadas, consideradas entre as melhores do Brasil e exportadas para outros estados como Ceará, Maranhão e Pará. Essa região possui grandes jazidas de argila de qualidade para cerâmica vermelha, principalmente nas margens dos rios Parnaíba e Poty, sendo responsável por 70% da extração de argila do estado. A utilização de argilas de qualidade na massa cerâmica, não garante a obtenção de um produto de qualidade, depende também do controle rigoroso de produção, desde a estocagem da matéria-prima até a estocagem do produto acabado e o tipo de equipamento utilizado nesse processo.

A realidade da maioria das indústrias do setor cerâmico do estado do Piauí não é diferente dos demais estados da federação, com baixo nível tecnológico, acarretando em perda significativa de produção e qualidade; mão-de-obra não qualificada e com baixo nível de escolaridade; degradação do meio ambiente causada pelo alto consumo de energia vegetal, lavra de jazidas de várzea e descarte de resíduos industriais; esgotamento de áreas para exploração legalizadas e falta de planejamento sustentável a longo prazo.

O baixo valor agregado aos seus produtos dificulta investimentos em equipamentos, tecnologia e qualificação da mão-de-obra, que são componentes fundamentais para a obtenção de um produto de maior qualidade. Observa-se que as telhas prensadas, produtos de maior valor e qualidade, são produzidas em empresas de grande porte, detentoras desses componentes. Assim, o presente trabalho avalia como o processo produtivo do setor de cerâmica estrutural do pólo de Teresina, assim como os recursos tecnológicos disponíveis, influenciam na qualidade de seus produtos.

2. PROCESSO DE PRODUÇÃO

Segundo REED (1995, p.3), as propriedades dos materiais cerâmicos são determinadas pelas características atômicas e microestruturais dos materiais que os compõe. Estas características podem ser controladas pela seleção das matérias-primas, processo de fabricação e produto. É fundamental o controle para que os defeitos microestruturais sejam minimizados.

Após a extração das argilas e estocagem por um período não inferior a seis meses (sazonamento, que tem como objetivos principais a melhoria da plasticidade das argilas, lavagem dos sais solúveis, decomposição da matéria orgânica e diminuição das tensões causadas pelas quebras das ligações químicas), a matéria-prima está pronta para o processo de fabricação da cerâmica estrutural. Basicamente, todo o processo tem 4 etapas: preparação da massa, conformação das peças, secagem e queima. Para obtenção de um produto de qualidade e minimização de defeitos e perdas, é necessário um rigoroso acompanhamento em cada etapa.

2.1. Preparação da massa

A formulação da massa cerâmica estrutural, em geral, é feita de forma empírica, com uma composição ideal de plasticidade e fusibilidade, para propiciar boa trabalhabilidade e resistência mecânica de queima. A preparação da massa é feita geralmente através da mistura de uma argila “gorda”, que é caracterizada pela alta plasticidade e granulometria fina com uma argila “magra”, menos plástica com granulometria grossa, rica em quartzo, que funciona como um redutor da plasticidade. Na sequência, a massa é umedecida em teor médio de 20% e homogeneizada para, em seguida, fazer a conformação dos produtos cerâmicos. Para essa etapa, utilizam-se os seguintes equipamentos: moinho, caixão alimentador, destorroador ou desintegrador, misturador e laminador (MOTTA et al., 2001, p.29).

2.2. Conformação das peças

Os métodos utilizados para conformação de blocos e telhas são a extrusão e a prensagem. A extrusão é o método mais utilizado na indústria de cerâmica estrutural, por ser mais econômico, mas gera produtos de menor valor. A prensagem, um método mais caro, é feita em alguns tipos de telhas com maior valor agregado.

2.2.1. Extrusão

Esse método emprega a massa na forma de uma pasta plástica e rígida, que é forçada através de um molde para formar uma coluna contínua, a qual pode ser cortada em comprimentos apropriados (NORTON, 1973, p.134).

A máquina usual de extrusão é conhecida como maromba ou extrusora e tem a função de homogeneizar, desagregar e compactar as massas cerâmicas dando forma ao produto desejado; geralmente, é constituída de carcaça metálica cilíndrica, percorrida inteiramente por um eixo giratório, a movimentação é fornecida através de acionamento de motor elétrico em conjunto com um sistema de engrenagens ou polias (SENAI, 2006).

2.2.2. Prensagem

No método de prensagem de telhas, a extrusão é uma etapa intermediária do processo de conformação, seguindo-se após o corte da coluna extrudada, a prensagem. O método consiste em colocar a massa granulada e com menor teor de umidade num molde de borracha ou outro material polimérico, fechando hermeticamente, introduz-se numa câmara contendo um fluído, que é comprimido e em consequência exerce uma forte pressão, por igual, no molde (SENAI, 2006).

2.3. Secagem

Após a conformação, inicia-se a etapa de secagem. Esse processo é uma operação muito importante na fabricação da cerâmica estrutural, requer cuidados especiais para garantir que a água contida nos produtos seja lenta e uniformemente eliminada por toda a massa cerâmica para evitar possíveis defeitos na peça como trincas, empenamentos ou quebras (NORTON, 1973, p. 146).

A secagem é feita de dois modos:

Secagem natural: ao ar livre, próxima aos fornos para aproveitamento do calor circulante, por um período de 6 a 12 dias, dependendo da umidade relativa do ar no local de secagem.

Secagem artificial: a secagem é feita em secadores estáticos, contínuos ou semi-contínuos, com a introdução controlada de ar quente proveniente das fornalhas ou fornos.

2.4. Queima

A queima é a etapa mais importante de todo processo produtivo. É durante essa etapa que se manifestam várias propriedades das argilas através das transformações físicas, químicas e mecânicas causadas pela ação do fogo. No processo da queima estão presentes quatro fases: a) esquentar ou preaquecimento, caracterizado por um aquecimento gradual para retirada de água residual, sem provocar defeitos na peça cerâmica causados por contrações diferenciais durante a expulsão da umidade remanescente, num período de 8 a 13 horas chegando até 650°C; b) fogo forte ou caldeamento, que se inicia por volta de 650° e pode ser elevada em maior ritmo até 950°C ou 1000°C. É nessa fase que se verificam as reações químicas que proporcionam ao corpo cerâmico as características de dureza, estabilidade, resistência aos vários agentes físicos e químicos, como também a coloração pretendida; c) patamar, a temperatura máxima de queima é mantida por um determinado período de tempo, dessa forma, a câmara aproxima ao máximo o gradiente de temperatura por todo o forno; d) resfriamento, realizado de forma gradual e cuidadosa para evitar ocorrência de trincas, através da chaminé ou do aproveitamento de calor para os secadores, num período em torno de 38 a 50 horas (SENAI, 2006).

A figura abaixo mostra o processo produtivo em uma indústria cerâmica estrutural:

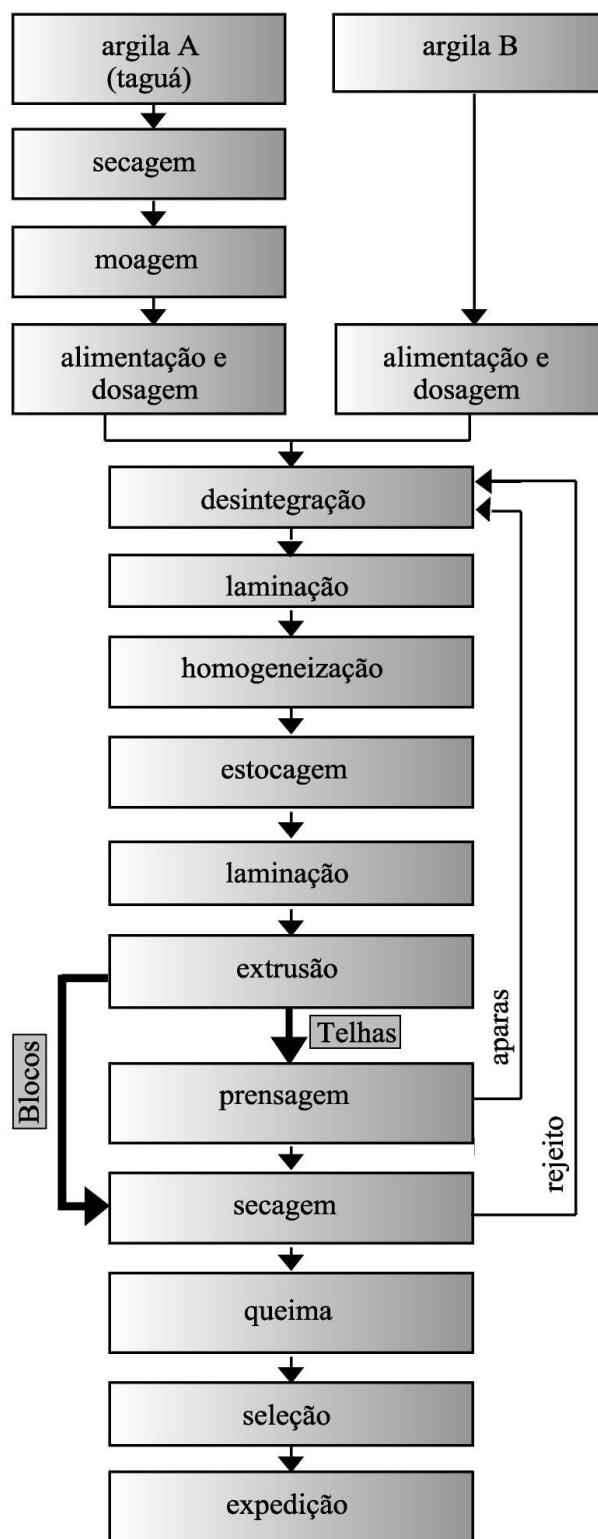


Figura 1 – Processo de fabricação de telhas e tijolos (MOTTA et al., 2001, p. 32)

3. PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS

A qualidade do produto cerâmico estrutural está diretamente ligada a suas propriedades tecnológicas como absorção de água (AA) e resistência mecânica (TRF). As normas da ABNT 15270-1, 15270-2 e 15310, de 2005, são responsáveis pela normalização de blocos e telhas, respectivamente. A tabela abaixo mostra os parâmetros da AA e TRF segundo a ABNT:

Tabela 1 – AA e TRF para telha e tijolo

Tipo de cerâmica	Absorção de água (AA)	Tensão de ruptura à flexão (TRF)
Telha	Máximo 20%	Mínimo 100 kgf
Tijolo	Mínimo 8% e máximo 22%	Mínimo 15 kgf

3.1. Absorção D'Água (AA)

Um corpo qualquer que apresenta poros abertos em sua estrutura, conseqüentemente, quando em contato com água tende absorvê-la. O volume absorvido, desde que haja tempo suficiente, é praticamente igual ao volume de poros abertos do corpo. A quantidade elevada desses poros compromete a qualidade do produto cerâmico, indicando, por exemplo, que o corpo cerâmico não sofreu uma queima ideal. Portanto a boa sinterização é indicada pela quantidade mínima de poros (SENAI-PI, 2006).

Para CHIH-HUANG WENG *et al.*, (2003), a absorção de água é um fator chave no efeito da durabilidade do produto cerâmico estrutural. A menor infiltração de água, determina a maior durabilidade e resistência ao ambiente natural ao qual o material é exposto. Assim, a estrutura do material cerâmico precisa ter uma superfície capaz de evitar a entrada de água.

Obtém-se o índice de AA pela fórmula:

$$AA(\%) = \frac{Pu - Ps}{Ps} \times 100 \quad [\text{Eq. 01}]$$

Sendo:

AA : absorção de água

Pu : peso do corpo de prova úmido (g)

Ps : peso do corpo de prova seco (g)

(Pérsio, 1989, pág. 196)

3.2. Tensão de Ruptura à Flexão (TRF)

O material cerâmico seco tem uma força de coesão e é normalmente inferior aquele produto queimado. Durante o aumento da temperatura de queima, antes mesmo de atingir a temperatura máxima (ideal), ocorre modificação das fases cristalinas da argila; desse ponto em diante não é mais possível a irreversibilidade do fenômeno de afinidade com a água. Na temperatura máxima ocorrem reações químicas e com isso a formação de nova fase cristalina e fusões parciais (fase líquida) e, finalmente, consolidação do material através da formação de uma estrutura que em processo de resfriamento, se torna rígido e com mais resistência que o material seco.

De uma maneira genérica, os materiais cerâmicos apresentam alto módulo de elasticidade, são frágeis e bastante duros. A presença de fase vítrea e porosidade nas cerâmicas tradicionais reduzem consideravelmente a resistência mecânica (PADILHA, 1997, *apud* CASAGRANDE, 2002, p. 25).

A resistência mecânica é uma propriedade das argilas de grande interesse para os ceramistas, possibilita o processamento das peças cerâmicas sem que se quebrem. A verificação da resistência à ruptura é feita por meio do ensaio de flexão a três pontos. A tensão de ruptura à flexão é definida por unidade de área necessária para romper um corpo, expressa em kgf/cm² ou mPa (N/mm²). Os ensaios são realizados com a finalidade de definir a aplicação da matéria prima para uso cerâmico, determinar a temperatura ideal de queima e controlar o produto após secagem e queima (SENAI, 2006).

Determina-se a **TRF** pela fórmula:

$$TR(kgf / cm^2) = \frac{3PL}{2bh^2} \quad [Eq. 02]$$

Sendo:

TR : tensão de ruptura à flexão

P : carga (em kgf) atingida no momento da ruptura

L : distância (em cm) entre os apoios do corpo de prova

b : largura (em cm) do corpo de prova

h : altura (em cm) do corpo de prova

(Pérsio, 1989, pág. 195)

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para avaliar a influência do processo produtivo na qualidade do produto cerâmico estrutural, verificou-se todo o processo e controle de produção, desde a conformação das peças até a queima nos fornos. Também foram realizados ensaios tecnológicos de **AA** e **TRF** em amostras de telhas e tijolos, segundo as normas da ABNT.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados dos ensaios mostram que os produtos das indústrias onde foram coletadas as amostras atendem às normas da ABNT, com melhor desempenho os produtos fabricados com maior rigor tecnológico durante todo o processo fabril, como mostra a tabela abaixo:

Tabela 2 – resultados da AA e TRF

Tipo de cerâmica	Absorção de água (AA)	Tensão de ruptura à flexão (TRF)
Telha prensada	11.2%	203 kgf
Telha extrusada	14%	172,5 kgf
Tijolo	13%	44 kgf

Como se pode observar, todos os produtos pesquisados atendem às normas da ABNT, com qualidade bem superior ao exigido. As telhas prensadas tiveram os melhores resultados de AA e TRF por causa do método de conformação, ocasionando um melhor empacotamento e facilitando a sinterização e a formação da fase vítrea, que é responsável pelo preenchimento dos poros e aumento da resistência mecânica. Os tijolos e as telhas conformados por extrusão tiveram desempenho similar de AA, mas a resistência mecânica das telhas foi bem maior, isto ocorre porque a matéria prima usada na fabricação das telhas é melhor do que a dos

tijolos e também a temperatura de queima é maior, dessa forma, a sinterização melhora e, consequentemente, a resistência mecânica. Vale ressaltar que os resultados obtidos são de produtos oriundos de cerâmicas de grande porte do pólo cerâmico de Teresina e utilizam um alto padrão tecnológico na confecção de seus produtos.

6. CONCLUSÕES

Como foi observado pelos resultados, pode-se concluir que:

- Todos os produtos cerâmicos pesquisados possuem propriedades tecnológicas bem além do limite exigido pelas normas da ABNT, evidenciando a boa qualidade da cerâmica estrutural do pólo cerâmico do estado do Piauí.
- Dentre os produtos pesquisados, as telhas prensadas, além de melhor estética, detêm as melhores propriedades tecnológicas (AA e TRF), devido à seleção das argilas utilizadas nas formulações da massa cerâmica, ao método de conformação, ao uso tecnológico e rigor no processo produtivo.
- A produção da cerâmica estrutural com alto padrão tecnológico promove um baixo índice de perdas causado pelo surgimento de defeitos após a queima, com isso melhora a produtividade e, consequentemente, o faturamento. Também ocorre uma diminuição do descarte de rejeitos, que traz benefícios ao meio ambiente.

7. REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.270:** Blocos cerâmicos para alvenaria: Especificação. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.310:** Telhas: Especificação. Rio de Janeiro, 2005.

CASAGRANDE M. N., **Efeito da adição de chamote semi-gresificado no comportamento físico de massa cerâmica para pavimento**, Universidade Federal de Santa Catarina, 2002, UFSC, Dissertação de Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais.

CHIH-HUANG WENG; DENG-FONG LIN; PEN-CHI CHIANG, **Utilization of sludge as brick materials**, Advances in environmental research, 2003. p.679-685.

MOTTA J. F. M., ZANARDO A., CABRAL M.J., **As Matérias-Primas Cerâmicas. Parte I: O Perfil das Principais Indústrias Cerâmicas e Seus Produtos**, Revista cerâmica Industrial, 2001. p. 29 e 32.

NORTON F. H. Introdução à Tecnologia das Cerâmicas. Ed. da USP, São Paulo, SP 1973.

REED S. J., **Principles of ceramics processing**, 2o.ed. New York: John Wiley & Sons, 1995.

SENAI. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. Brasil, 2007. Disponível em :< <http://www.sbrt.ibict.br> >. Acesso em: 15 jul 2007.

SOUZA SANTOS P., **Ciência e tecnologia de Argilas**. Volume 1. 2. ed. rev. e amp. Ed. Edgard Blücher LTDA, 1989.