

## **ANÁLISE COMPARATIVA DA QUALIDADE DOS TIJOLOS PRODUZIDOS EM DUAS CERÂMICAS NO VALE DO MUCURI**

H. L. Ribeiro<sup>1</sup>; T. G. Ribeiro<sup>1</sup>; A. M. M. Soares<sup>1</sup>; A. L. Amorim<sup>1</sup>; T. S. Rocha<sup>1</sup>; S. C. Cabral<sup>1</sup>; A. L. D. Skury<sup>2</sup>; S. N. Monteiro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>UFVJM; <sup>2</sup>UENF; <sup>3</sup>IME

Rua Antonio Onofre nº641 Apto A, Bairro Marajoara, Teófilo Otoni, Minas Gerais;  
hianneleite@hotmail.com

### RESUMO

*A indústria da construção civil tem a cerâmica vermelha, principalmente tijolos e telhas, como um dos materiais mais consumidos, o que gera um crescimento na quantidade de empresas neste setor. Contudo, apesar da vasta dimensão de normas ABNT específicas, nem sempre os produtos finais possuem alta qualidade e essas diferenças se dão pelas variações do processo produtivo. Assim, o presente trabalho tem como objetivo analisar o sistema produtivo de olarias na região do Vale do Mucuri, onde duas estão presentes na cidade de Itambacuri – MG, montando um comparativo de dados entre estas. Com estes dados, e pelas etapas do processo de produção como preparação da massa, conformação por extrusão, secagem e queima por fornos diferentes será possível apontar, origem das trincas, deformações e os principais defeitos encontrados nas cerâmicas fabricadas nesta região.*

Palavras-chave: cerâmica vermelha, tijolos, ensaios dimensionais, compressão.

### INTRODUÇÃO

A cerâmica vermelha é um dos materiais mais consumidos na construção civil, integrando blocos, tijolos e telhas. Desta forma, a Associação Nacional de Indústria Cerâmica (ANICER), bem como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), apontaram a existência de um número crescente de empresas do setor cerâmico no Brasil, dentre elas duas presentes na cidade de Itambacuri - MG. Isso ocorre graças ao caráter sólido da indústria de construção civil, quando comparada a outros setores socioeconômicos. Por esta razão, há uma enorme necessidade de se

obter produtos cada vez mais adequados para o seu funcionamento, seja com vigas adequadas para estruturas metálicas ou com as cerâmicas para alvenaria estrutural ou de vedação<sup>(1)</sup>.

Contudo, ainda que as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) restrinjam os defeitos nos materiais cerâmicos, tem-se inúmeros desvios do que se é esperado destes produtos, gerando problemas comuns como trincas e deformações, principalmente durante o processo de produção de cerâmica vermelha com a seleção da matéria-prima e preparação de massa, extrusão, secagem, a temperatura de queima e os diferentes fornos. Logo, torna-se necessário avaliar o quão grande e grave se tornaram estas fontes de defeitos, apontando sua origem e tentando modificar o processo, de forma a minimizar ao máximo sua ocorrência, elaborando as correções necessárias.

Dessa forma, com a devida análise dos tijolos em loco e de sua principal matéria-prima, a argila, é possível descobrir os problemas relacionados aos desvios, sendo possível elaborar um projeto solução, tomar as ações necessárias, que elevarão a qualidade do produto final, contribuindo para que as empresas reduzam seus gastos e o consumidor tenha produtos adequados as suas necessidades.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Ao buscar-se a origem dos defeitos provenientes em tijolos de olarias específicas, inicia-se um estudo com caráter qualitativo. À vista disso, conhecimentos na área de Ciência dos Materiais foram utilizados para o entendimento da cerâmica vermelha, realizada por meio de pesquisas teóricas, que fornecessem uma base fundamental sobre suas propriedades mecânicas, tijolos e seu sistema produtivo, assim como sua adequação às normas da ABNT.

Ao iniciar-se a etapa prática, parcerias foram fundadas com empresas produtoras de cerâmica vermelha da região de Itambacuri - MG, começando as visitas técnicas no mês de julho de 2013, em busca da análise de seus processos de produção de tijolos, desde a preparação da massa até o processo de queima. Após os estudos dos processos produtivos das empresas, foi feito o recolhimento de corpos-de-prova e matéria-prima de cada uma, para iniciar a fase de testes, dando ênfase nos ensaios físico-mecânicos e geométricos, com auxílio de esquadros metálicos, régua metálica, paquímetro e Máquina Universal de Ensaio.

Dentre os ensaios físico-mecânicos, a NBR 15270-1:2005 e NBR 15270-3:2005 fornecem respaldo quanto à resistência à compressão mínima, e ao modo a ser realizado. Quanto às características geométricas, a NBR 15270-1:2005 apresenta requisitos de tolerância quanto ao desvio em relação ao esquadro utilizado e a planeza das faces, ou seja, ambos menores que 3 mm, e a espessura das paredes externas e septo, respectivamente, maiores que 7 mm e 6 mm. Quando às dimensões dos tijolos, a tolerância individual apresentada para largura, altura e comprimento é de 5 mm<sup>(2)</sup>.

O desvio em relação ao esquadro (D) é medido com o auxílio de um esquadro metálico, buscando verificar a perpendicularidade entre a base do tijolo e a sua face externa onde é colocado o revestimento. Com os dados, pode-se deduzir que havendo não-conformidade, a parede poderá ficar torta. Para a planeza das faces (F) também é utilizado o esquadro metálico verificando se as faces externas das amostras de blocos cerâmicos são planas. Caso haja não-conformidade estará relacionada com o aparecimento de irregularidades durante a etapa de revestimento. A espessura das paredes externas está relacionada com a sua resistência mecânica à compressão, ou seja, quanto menor a espessura, menor será a resistência, havendo o comprometimento estrutural da construção. Para esta medição foi necessário utilização de um paquímetro<sup>(3)</sup>.

Também podem ser feitas verificações quanto às marcações em uma das faces do tijolo, ou seja, devem trazer gravadas, em alto ou baixo relevo, as dimensões nominais em centímetros, na ordem: largura (L), altura (H) e comprimento (C), assim como nome e/ou marca que identifique o fabricante<sup>(4)</sup>.

Para a execução do ensaio de ruptura dos corpos-de-prova, respaldado pela norma NBR 15270-3:2005, foi utilizado uma Máquina Universal de Ensaio e após a obtenção de todos os valores de força necessários para o rompimento de cada corpo-de-obra, bastou-se calcular o valor da resistência a compressão ( $f_b$ ) de acordo com a equação (A), onde F é a força lida pela máquina em kgf e A é a área da face que está sofrendo compressão em mm<sup>2</sup>. Os dados obtidos deveriam estar acima de 1,5 MPa, valor de tolerância da NBR 15270-1:2005.

$$f_b = \frac{F \times 9,81}{A} \quad (A)$$

Ao obter todos os dados, foi montada a comparação entre as empresas, verificando o principal problema de cada uma, que ocasiona os defeitos observados em seus produtos, partindo para a elaboração da sua correção.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A parte inicial da prática, elaborada com as visitas técnicas nas respectivas cerâmicas, se deu nos dias 03/07/13, nas Cerâmicas A e B. Enquanto, os tijolos, para a segunda parte prática, de ensaios, foram recolhidos no dia 09/10/13.

### Sistema Produtivo

Conforme ordem cronológica, a primeira Cerâmica visitada, A, ativa à aproximadamente 52 anos, teve o acompanhamento do seu processo produtivo conduzido pelo proprietário. Para a primeira etapa do processo de preparação de massa, foi perguntada a origem da argila usada, sendo esta retirada de fazendas da própria região de Itambacuri e estocada no galpão para descanso anterior ao preparo. Na mistura de argilas foi adicionada água por esta massa estar seca, o mesmo não ocorreria em um período chuvoso, onde a argila já apresentaria um grau elevado de umidade. Em seguida, foi colocada no caixão alimentador, sendo depositado no desintegrador (ou triturador), onde os torrões de argila eram quebrados. Por transporte em esteiras, esta foi levada para o misturador horizontal, onde a mistura de argila e água era homogeneizada. Ainda por esteiras, a mistura de argila foi levada para o laminador, onde o processo do misturador seria completado e a granulometria do material seria diminuída.

Ao cair na maromba à vácuo ou extrusora, a mistura perdia a maior quantidade de ar, sendo compactada e conformada, no momento da visitação por uma boquilha para tijolo de seis furos. O tijolo já conformado saiu sobre outra esteira onde estava posicionado o carrinho cortador, automático e sincronizado com a maromba, de forma que os tijolos adquirissem o mesmo tamanho. Com os tijolos moldados, o próximo passo no sistema produtivo da empresa era o secador, cujos dois tipos foram usados, natural e forçado. Os carrinhos de tijolos ficavam em um galpão para que sua umidade fosse diminuída antes de seguir para o secador forçado, que funcionava a partir de um exaustor que retirava o ar quente dos fornos câmara e o

inseriria no secador túnel, onde ventiladores dissipavam o ar quente que passava por entradas no chão.

Após a secagem, os tijolos seguiam para os fornos, cuja temperatura máxima chegava a aproximadamente 900°C, entretanto no momento da visita a temperatura se encontrava em 539°C no termostato superior do forno e 344°C na temperatura inferior, onde a umidade estava maior. Na empresa foram criados, além das câmaras de queima tradicionais (abóbada), queimadores novos que funcionam como um forno em túnel. Todo o seu sistema produtivo descrito é ilustrado na Figura 1, onde são apresentadas fotografias da visita técnica.

A empresa utiliza como combustíveis lenhas provenientes de eucaliptos cultivados na região. Contudo, não possui um controle de qualidade específico, seus métodos de controle são os conhecimentos técnicos dos trabalhadores para a seleção dos melhores tijolos. Dessa forma, mesmo os tijolos de menor qualidade, ou seja, que sofreram refugo, são utilizados pela empresa para levantar e/ou refazer os muros que cercam seu terreno, bem como os tijolos requeimados que são usados para construção de fossas e muros.



**FIGURA 1: Sistema produtivo da Cerâmica A.**

A próxima visita técnica, feita na Cerâmica B, foi conduzida pelo sócio administrador da empresa. O sistema produtivo se iniciou na seleção das argilas, retiradas à cerca de 3 km da olaria, ou seja, na própria região. Dois tipos foram utilizados: a amarela, que dá a cor avermelhada, por ter muito óxido de ferro em sua composição, e a escura, mais plástica, que possui uma maior quantidade de matéria orgânica. A matéria-prima foi direcionada por retroescavadeiras (2 m<sup>3</sup> de capacidade) para o caixão alimentador, onde os torrões de barro foram triturados no desintegrador. Já triturada, a matéria-prima seguiu por esteiras até o misturador, onde a mistura era umidificada com esguichos de água, enquanto era homogeneizada. Por meio de esteiras, a mistura passava pelo laminador, onde a granulometria do material era diminuída (1 mm).

Ainda pelas esteiras, a mistura foi colocada na maromba à vácuo, onde era retirado o ar e conformado pela boquilha na extremidade da máquina, no momento da visita, a boquilha utilizada era para tijolos de vedação de oito furos. Ao sair da maromba (extrusora), o produto era cortado no cortador automático, possuindo uma umidade média de 25%. Por carrinhos, os tijolos eram levados para a secadora forçada, que utilizava o ar quente dos fornos câmara (abóbada) retirado pelo exaustor e distribuído com ventiladores móveis em seu interior.

A secagem tinha como duração um período de 24 horas em uma temperatura variante de 100 a 150°C por conta da umidade. O próximo seguimento da produção foi a queima nos fornos, cujos combustíveis variavam entre lenha de eucalipto e/ou nativa, pó de serragem, biomassa e cavaco. Na etapa inicial, com uma temperatura em torno de 300°C, houve a retirada da umidade dos tijolos, sendo seguida da queima até os 900°C, durante um período de 30 horas. Todo o seu sistema produtivo descrito é ilustrado na Figura 2, onde são apresentadas fotografias da visita técnica.

A empresa B, assim como a A, não possui laboratórios para que sejam feitos ensaios de resistência dos tijolos. Os tijolos requeimados também eram reutilizados pela cerâmica, sendo vendidos em um valor inferior. Dessa forma, os únicos controles de qualidade feitos são os de peso e medida, presentes na NBR 7170.

A maior divergência de sistema produtivo encontrada entre as Cerâmicas se deu em termos dos fornos, onde a Cerâmica A ganhou destaque por possuir forno túnel, que distribui melhor a temperatura em seu interior e tem um consumo mais baixo de combustível, diferente dos fornos convencionais de câmara. Ambas utilizam

as duas formas de secagem, natural e forçada em secador paulista (túnel). Em termos de preparação de massa não há muitas divergências quanto as cerâmicas visitadas, todas utilizam de maneira geral o mesmo processo, se preocupando com a umidificação ideal, sem que haja excesso de água, para se obter uma massa homogênea e plástica, além de utilizarem argila retirada da mesma região. Contudo, a Cerâmica B demonstrou um maior interesse quanto à análise desta matéria-prima, garantindo uma alta produtividade.



**FIGURA 2: Sistema produtivo da Cerâmica B.**

### Ensaio

Para comprovar o que foi analisado na etapa de visitas técnicas e comparação entre as cerâmicas, foram feitas, nos vinte corpos-de-prova selecionados, medições quanto as suas dimensões, observando se a tolerância exigida pela ABNT havia

sido respeitada pelas empresas. Também foram realizados os ensaios de ruptura dos corpos-de-prova, procurando comprovar se as estipulações quanto à compressão axial dos tijolos de alvenaria de vedação estavam sendo respeitadas. Ambos os ensaios são ilustrados na Figura 3.

Após serem devidamente numerados, foi iniciada a medição nos 10 tijolos selecionados de cada uma das Cerâmicas visitadas. Para o ensaio geométrico foi seguida as instruções fornecidas pela NBR 15270-3:2005.



**FIGURA 3: Ensaios geométricos e de compressão.**

De acordo com a ordem de visitas, foram feitas as medições nos corpos, começando pela Cerâmica A, onde, os dados de largura (L), altura (H), comprimento (C), desvio em relação ao esquadro utilizado (D) e planeza das faces (F) foram organizados na Tabela 1.a.

**TABELA 1.a: Dados dimensionais da Cerâmica A  
Cerâmica A (9x19x24)**

Amostra	L (cm)	H (cm)	C (cm)	D: Desvio E. (mm)	F1: Planeza das Faces (mm)	F2 (mm)
1	9,25	19,00	23,80	3,00	7,00	-
2	9,20	19,15	23,90	1,00	7,00	-
3	9,25	19,05	23,90	2,00	3,50	-
4	9,20	18,95	23,75	4,00	6,50	-
5	9,20	18,90	23,40	4,00	4,00	-
6	8,95	18,95	23,90	5,00	2,50	-
7	9,25	19,00	23,90	3,00	3,00	-
8	9,20	18,95	23,85	2,00	2,00	-
9	9,05	19,10	23,45	2,50	6,50	-
10	9,02	18,85	23,80	3,00	1,50	-

As medições de espessura das paredes – e1 (esquerda), e2 (direita), e3 (em cima) e e4 (em baixo) – e septo e5, na Tabela 1.b.

**TABELA 1.b: Medições de espessura das paredes e septos dos tijolos da Cerâmica A em mm**

Amostra	e1	e2	e3	e4	e5
1	4	3	4	5	2
2	4	5	3	3	3
3	5	4	4	4	2
4	5	4	4	4	2
5	4	4	3	3	2
6	3	4	4	5	2
7	5	3	5	3	2
8	4	4	3	2	2
9	4	4	3	3	2
10	2	4	4	3	2

A NBR estipula a tolerância individual, para largura, altura e comprimento, de cada corpo-de-prova como sendo  $\pm 0,5$  cm e como visto na Tabela 1.a, para largura e altura todas as amostras se mantiveram dentro do exigido, o mesmo não ocorreu com o comprimento nas amostras 5 e 9. Para o desvio em relação ao esquadro as amostras 4, 5 e 6 ultrapassaram a tolerância de 3 mm, entretanto para a planeza das faces, apenas as amostras 6, 7, 8 e 10 estiveram dentro da tolerância de 3 mm. Para as espessuras das paredes e do septo, nenhuma das peças estava acima de 7 mm e 6 mm, respectivamente.

Na Tabela 2.a e 2.b são apontados os dados de medições da Cerâmica B. Conforme pode ser visto, não houve amostras fora da margem de tolerância dimensional exigida, apesar de para altura, as amostras 1 e 7 se mantiveram exatamente sobre a máxima tolerância.

**TABELA 2.a: Dados dimensionais da Cerâmica B**  
**Cerâmica B (9x19x24)**

Amostra	L (cm)	H (cm)	C (cm)	D: Desvio E. (mm)	F1: Planeza das Faces (mm)	F2 (mm)
1	8,85	19,50	24,20	6,00	3,00	2,00
2	8,95	19,20	24,15	5,00	5,00	-
3	8,70	19,30	23,90	1,00	6,00	-
4	8,75	19,00	24,10	1,50	-	2,00
5	8,65	19,15	24,15	3,50	5,00	-
6	8,60	19,30	24,00	4,00	-	4,00
7	8,80	18,50	23,70	3,50	3,00	-
8	8,90	19,15	24,10	3,00	9,00	-
9	8,75	19,30	24,15	5,50	-	5,50
10	8,90	19,10	24,15	1,00	7,00	-

Contudo, o mesmo não ocorreu para o desvio em relação ao esquadro, nas amostras 1, 2, 5, 6, 7 e 9, e a planeza das faces, nas amostras 2, 3, 5, 6, 8, 9 e 10, onde em alguns casos houve um empenamento no centro da face do tijolo, gerando dois valores de planeza. Já para a espessura das paredes externas e septo, nenhuma das amostras estiveram dentro da margem de tolerância de no mínimo 7 mm e 6 mm, respectivamente.

**TABELA 2.b: Medições de espessura das paredes e septos dos tijolos da Cerâmica B em mm**

Amostra	e1	e2	e3	e4	e5
1	3	4	4	4	4
2	5	4	5	6	4
3	4	5	6	5	4
4	5	4	6	4	4
5	5	5	5	4	4
6	4	4	4	5	4
7	5	5	6	5	5
8	4	4	4	5	4
9	4	5	5	6	4
10	4	6	5	4	4

Os ensaios de ruptura foram realizados na Universidade Presidente Antônio Carlos (Unipac) Campus Teófilo Otoni no dia 11/02/14. Após os cálculos de resistência à compressão, com a Equação A, foi possível organizar a Tabela 3 com todos os valores obtidos pelos corpos-de-prova de cada empresa, onde ficou claro o alto desvio da tolerância mínima de 1,5 MPa.

**TABELA 3: Dados de resistência à compressão das Cerâmicas A e B, em MPa**

Amostra	A	B
1	0,401	0,275
2	0,312	0,318
3	0,444	0,330
4	0,359	0,279
5	0,410	0,470
6	0,413	0,333
7	0,399	0,517
8	0,358	0,320
9	0,462	0,325
10	0,366	0,319

Contudo, esse resultado já era esperado pelo fato dos valores das espessuras das paredes e septos de todas amostras se encontrarem abaixo do valor mínimo de

7 mm e 6 mm, respectivamente. A origem dessa variação de valores está relacionada, principalmente, com as fases de extrusão, onde a massa que passa pela boquilha da maromba pode possuir velocidades diferentes, gerando as mudanças nas espessuras das paredes e septos.

Portanto, resumindo-se os dados obtidos em uma análise de conformidade ou não-conformidade, fica claro que nenhuma das cerâmicas do Vale do Mucuri alcançou elevado grau de qualidade, possuindo desvios consideráveis, com diferentes graus e porções.

## CONCLUSÕES

Durante toda a pesquisa teórica e comprovação prática, ficou cada vez mais evidente como a fabricação de blocos cerâmicos deve possuir um controle rigoroso de seu processo, desde a seleção da matéria-prima, preparação de massa, conformação (extrusão), secagem e queima, caso contrário as peças finais contrairão defeitos, como trincas e empenamentos, deixando suas propriedades físicas e mecânicas comprometidas.

Com a análise comparativa feita durante o trabalho, foi possível localizar os desvios de qualidade nas peças finais de cada empresa, restringindo a fonte do problema dentro do sistema de produção, sendo os fatores primordiais relacionados aos diferentes fornos. Variáveis como seleção de matéria-prima e preparação de massa, apesar de muito importantes se mantiveram relativamente equilibradas entre as quatro empresas, uma vez que só havia alterações das marcas dos maquinários, sendo mantida a mesma funcionalidade. Todavia, o maior cuidado, com a mistura de argilas e sua plasticidade, da Cerâmicas B, resultou em corpos-de-prova cujas dimensões se mantiveram dentro da tolerância de  $\pm 0,5$  cm. As amostras da Cerâmica A possuíram apenas duas amostras fora da margem de tolerância dimensional, graças a utilização de fornos túneis. Ainda assim, nenhuma das amostras possuiu resultado satisfatório no ensaio de ruptura, uma vez que os valores de espessura das paredes e septos dos tijolos estiveram abaixo do valor mínimo de tolerância.

De maneira geral, pode-se afirmar que as empresas analisadas possuíram alguma variação do considerado ideal, gerando a conclusão de que nenhuma é totalmente conforme. Todavia, ao apontar-se a origem dos desvios nas respectivas cerâmicas de estudo, se torna claro qual melhor solução para corrigi-los, seja por

uma máquina danificada ou ultrapassada, que deva ser substituída; substituição de insumos energéticos, que gerem temperaturas incorretas ou inconstantes de queima e/ou alteração da matéria-prima de má qualidade, cujas propriedades estejam incorretas e principalmente que não configurem uma plasticidade ideal à massa.

## REFERÊNCIAS

- (1) ANICER – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA. **Dados do Setor**. Disponível em: <<http://www.anicer.com.br/>> Acessado em 20/11/2013.
- (1) IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Anual da Indústria da Construção**. 2010.
- (2) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 1. **NBR 15270-1: Componentes cerâmicos – Parte 1 – Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e Requisitos**.
- (3) \_\_\_\_\_, 2005. **NBR 15270-3: Componentes cerâmicos – Parte 3 – Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio**.
- (4) INMETRO – INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Bloco cerâmico – Tijolo**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/tijolo.asp>>. Acessado em 20 de Outubro de 2013.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF QUALITY OF TWO CERAMIC BRICKS PRODUCED IN THE VALLEY OF MUCURI

### ABSTRACT

The construction industry has red ceramic, mainly bricks and tiles, as one of the most consumed material, which generates an increase in the number of companies in this sector. However, despite the vast size of specific ABNT, not always the final products have high quality and these differences are given by variations in the production process. Thus, this study aims to analyze the productive system potteries in the Mucuri Valley region, where two are present in the city of Itambacuri - MG riding a comparative data between them. With these data, and the stages of the production process and preparation of the clay mass, forming by extrusion, drying and firing by different furnaces will be possible to point the origin of cracks, deformations and major defects found in the ceramics manufactured in this region.

Key-words: red ceramic, brick, dimensional testing, compression.