Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções
CBPAT2016

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

UM ESTUDO SOBRE A CONFORMIDADE DOS PRODUTOS DA CERÂMICA VERMELHA PRODUZIDOS NO VALE DO ASSÚ E REGIÃO

I. L. R. BATISTA
Graduanda em Engenharia Civil
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Rio Grande do Norte; Brasil
islalicely@icloud.com

J. M. SILVEIRA
Graduanda em Bacharelado Ciência e Tecnologia
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Rio Grande do Norte; Brasil
josy-marques@hotmail.com

C. F. BARACHO
Graduanda em Engenharia Civil
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Rio Grande do Norte; Brasil
candicefonseca@hotmail.com

M. FURUKAVA
Professor Adjunto
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Rio Grande do Norte; Brasil
furukava@ufersa.edu.br

H. J. F. DIÓGENES
Professor Adjunto
Universidade Federal da Paraíba
Paraíba; Brasil
hidelbrando@ct.ufpb.br

RESUMO

Dentre a enormidade de materiais utilizados na indústria da construção os produtos da cerâmica vermelha se destacam. A região Vale do Assú, mais importante polo ceramista do estado do Rio Grande do Norte, apesar dos notórios avanços em termos de tecnologia manufatureira a questão do controle tecnológico ainda é amplamente ignorado pela indústria desta região o que compromete o desempenho dos produtos de cerâmica (tijolos, telhas e lajotas, por exemplo), afetando portanto sua qualidade e durabilidade, facilitando assim o surgimento de patologias. Nesse contexto o presente estudo objetivou alertar as indústrias ceramistas do Vale do Assú sobre a importância do controle tecnológico, contextualizando as patologias usualmente apresentadas com às não conformidades oriundas do precário controle tecnológico. Seis cerâmicas foram avaliadas e para cada produto avaliado, seis amostras foram coletadas. As amostras foram avaliadas no tocante a precisão dimensional, absorção de água e módulo de elasticidade dinâmico. Os resultados ratificam a hipótese do estudo, que há de fato pouco, ou quase nenhum, controle tecnológico, até mesmo nos critérios de precisão dimensional.

Palavras-chave: cerâmica vermelha, controle tecnológico, patologias.

ABSTRACT

Among the multitude of materials used in the construction industry of the red ceramic products stand out. Vale region of Assu, most important potter Polo state of Rio Grande do Norte, despite notable advances in terms of manufacturing technology the issue of control technology is still largely ignored by the industry in this region which compromises the performance of ceramic products (bricks, tiles and slabs, for example), thus affecting its quality and durability, thus facilitating the development of pathologies. In this context, the present study aimed to alert the potters industries Assu Valley on the importance of technological control, contextualizing the pathologies usually displayed by the non-compliance arising from the precarious control technology. Six ceramic were evaluated and rated each product, six samples were collected. The samples were evaluated in respect of dimensional accuracy, water absorption and dynamic modulus of elasticity. These results confirm the hypothesis of the study, that there is indeed little, or no, control technology, even in the dimensional accuracy criteria.

Keywords : red pottery, technological control , pathologies.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o setor ceramista possui grande importância econômica e social, visto que além da geração de empregos, participa com, em média, 5% do PIB da Indústria da Construção Civil que, por sua vez, representa entre 6% e 9% do PIB nacional [1].

O subsetor de cerâmica vermelha é responsável por 4,5% da Indústria da Construção Civil, sendo o principal fornecedor de materiais para alvenarias e coberturas, tanto para uso residencial quanto para uso comercial, além de ser responsável pela geração de aproximadamente 300 mil postos de trabalho direto e 1,25 milhão de postos de trabalho indireto [2].

Esse segmento produz materiais com coloração avermelhada, como tijolos, blocos. Telhas, elementos vazados, lajes, tubos cerâmicos e argilas expandidas, e utensílios de uso domestico e decorativo. A grande utilização desses materiais é justificada pelas qualidades intrínsecas que estes possuem, como resistência e durabilidade, além da tradição e flexibilidade nos processos de produção. A produção dos materiais de cerâmica vermelha é feita, em sua maioria, por empresas de pequeno e médio porte, de capital nacional.

A localização das unidades produtivas é determinada por dois fatores: proximidade de jazidas e proximidade de mercado consumidor. No país, essas unidades estão concentradas principalmente nas regiões sudeste e sul, onde são encontrados os maiores polos cerâmicos. No entanto, outras regiões tem apresentado certo crescimento, em especial o nordeste, pela existência de matéria-prima, energia viável e mercado consumidor em desenvolvimento [3].

Apesar de possuir grande importância na Indústria da Construção Civil e na indústria de materiais, o setor de cerâmica vermelha apresenta algumas falhas que propiciam o aparecimento de patologias nos produtos, contribuindo assim para falta de qualidade deles. Os problemas são relacionados ao fato de o setor ser constituído, geralmente, por empresas de pequeno e médio porte com características de estrutura familiar, onde mão de obra não é qualificada, normas técnicas não são utilizadas e há ausência de assessoria técnica externa [4].

Visto que os consumidores estão cada vez mais exigentes, prezando a qualidade de produtos e serviços, o controle tecnológico e o controle de qualidade não são somente imprescindível nas obras, mas também na produção de materiais de construção, como os cerâmicos. Estes constituem na amostragem dos serviços que estão sendo realizados além da realização de ensaios para verificar diversas fases de execução. Eles objetivam a verificação das especificações, a verificação dos resultados dos ensaios realizados para controle, e sua referência normativa [5].

Devido a relevância da participação dos produtos cerâmicos na construção civil, faz-se necessário a verificação da existência do controle tecnológico e de qualidade das cerâmicas, já que esses requisitos melhoram características, como durabilidade e resistência, as quais diminuem o índice de patologias nesses materiais. Dessa forma, o presente trabalho objetiva avaliar telhas, tijolos e lajotas de seis cerâmicas localizadas no Vale do Assú, onde se encontra o polo ceramista do Rio Grande do Norte. Para cada produto, seis amostras foram coletadas. As amostras foram avaliadas no tocante a precisão dimensional, absorção de água e módulo de elasticidade dinâmico.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Processo produtivo

O processo produtivo ideal da indústria de cerâmica vermelha é feito através das seguintes etapas [3]:

- Extração de argila:

A extração de argila ocorre a céu aberto, preferencialmente nos meses de menor precipitação, podendo ser realizada manualmente ou mecanizada, com auxílio de escavadeiras, pás carregadeiras, trator de esteira com lâmina, entre outros equipamentos.

A extração de argila e areia ocorre de forma conjunta ou separada, já que para realizar a extração de areia é necessário retirar a camada superior do terreno constituída de argila, que representa de 30% a 40% do material bruto que passa pelo desmonte.

- Recebimento da matéria-prima:

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

No recebimento, a argila deve ser armazenada em pequenos lotes cobertos com uma lona plástica para acelerar o processo de decomposição da matéria orgânica e sais solúveis. Esta deve ser armazenada em camadas para facilitar a mistura no momento de sua retirada das pilhas de estocagem. É importante que a argila passe por um período de descanso para melhorar os resultados na conformação do produto acabado.

Ao receber a argila, o responsável deve coletar uma pequena amostra para ensaio de resíduo, sendo recomendada esta operação na primeira e na última carga, para verificar se houve alguma mudança significativa na extração.

- Preparação da massa cerâmica:

A produção de uma boa massa cerâmica é um passo essencial para obtenção de um produto de alta qualidade, redução de perdas e consequentemente melhoria do desempenho ambiental do processo. Uma massa bem preparada pode gerar grandes benefícios como: economia do consumo de energia de 35%; acréscimo de 25% na produtividade; e redução de cerca de 40% dos índices de deformação.

Deve ser feito: boa homogeneização da argila; redução dos grãos; e descanso da massa cerâmica por um período de 24 a 48 horas.

- Laminação:

Consiste no direcionamento de partículas das argilas, sendo fundamental sua regulagem periódica. É recomendado um distanciamento de 2 a 3 mm para o último laminador. A qualidade da laminação determina a qualidade do acabamento dos produtos, evita perdas e pode levar a uma redução no consumo de energia na queima, visto que a granulometria do material diminui.

- Extrusão:

Consiste em forçar, por pressão, a massa a passar através de um bocal apropriado ao tipo de peça a ser produzida. A extrusora, também conhecida como maromba, recebe a massa preparada para ser compactada e forçada por meio de um pistão ou eixo helicoidal através de bocal. Como resultado obtém-se uma coluna extrusada para confecção de blocos ou em tarugos para fabricação de telhas.

Esta etapa é responsável por mais de 15% dos custos de fabricação, devido ao alto consumo de energia e desgaste dos componentes.

- Corte:

Pode ser realizado com cortadores manuais ou automáticos, sendo usado para dar a dimensão desejada ao produto. As peças cortadas podem ser retiradas manualmente ou automaticamente. Depois de cortadas, por inspeção visual, as peças são selecionadas e encaminhadas para o setor de secagem. Já as peças defeituosas são reintroduzidas na etapa de preparação de massa.

- Secagem:

Existem dois tipos de secagem utilizados pelas cerâmicas: natural e artificial.
A secagem natural demanda menor custo com geração de calor e favorece os locais em que as condições climáticas são mais favoráveis, no entanto possui algumas desvantagens como: tempo elevado de secagem, baixa produção, dependência do fator climático, e pode afetar a qualidade das peças (trincas, deformações, de homogeneidade de secagem) caso o processo não seja bem controlado.

A secagem artificial também demanda menor tempo de secagem, além de ter maior produtividade, redução de perdas e melhoria da qualidade das peças. Suas desvantagens são: custo com geração de calor, além requerer mais conhecimento técnico do operador e exigir equipamentos e controles, como termômetros e higrômetros.

O material após a secagem fica sensível a choques, portanto deve-se evitar os solavancos e trepidações, principalmente no transporte manual, e o excesso de carga nos carros. É também recomendável que o material seja encaminhado o mais rápido possível para o forno, pois a argila tem o poder de reabsorver a umidade contida no ar, deixando o material fraco.

- Queima:

Nessa operação as peças adquirem suas propriedades finais. Esse tratamento térmico é responsável por uma série de transformações físico-químicas das peças como: perda de massa, desenvolvimento de novas fases cristalinas, formação de fase vítrea e a soldagem (sinterização) dos grãos.

Esse processo é que dá ao material as propriedades adequadas ao uso, como: dureza, resistência mecânica, resistência à agua, à intempéries e a agentes químicos.

Os produtos são submetidos a temperaturas elevadas, que para a maioria dos produtos situa-se entre 800º C a 1.000º C, em fornos contínuos ou intermitentes que operam em três fases: aquecimento da temperatura ambiente até a temperatura desejada; patamar durante certo tempo na máxima temperatura da curva de queima; e resfriamento até temperaturas inferiores a 200º C.

Uma combustão é dita completa quando todo o combustivel for queimado e a quantidade de ar para realiza-la for exata. Assim, é importante que o excesso de ar seja controlado.

A seleção do melhor forno a se utilizar depende da eficiencia deprodução desejada, do investimento e do combustivel utilizado. Os fornos são classificados em intermitentes e contínuos.

- Expedição:

O produto queimado ao sair do forno deve ser transportado com cuidado, evitando batidas desnecessárias. Nessa fase as peças são inspecionadas e as defeituosas são retiradas. O controle de qualidade deve ser realizado em lotes pequenos de aproximadamente 100 peças, separadas aleatoriamente. Os testes a serem realizados compreendem: absorção de água; torção; desvio padrão em relação ao esquadro; bitolas (dimensões); permeabilidade (telhas); sonoridade (blocos e telhas) e empenamento (telhas).

Dependendo do produto e qualidade requerido, da filosofia e do porte da empresa, existem algumas variações no processo produtivo.

2.2 Controle tecnológico

O controle tecnológico dos produtos cerâmicos consiste na verificação de cada fase do processo produtivo, na verificação das especificações segundo a normalização e em ensaios de controle, os quais são feitos para avaliar propriedades e características dos materiais produzidos.

Esse procedimento é de inteira importância na produção de materiais e execução de serviços, pois é através dele que é avaliado o desempenho dos produtos e do sistema.

O controle tecnológico engloba o conhecimento e a experiência tecnológica, devendo ser realizado por técnicos especializados, com experiência técnica comprovada. Porém não basta somente isto para garantir a eficácia de um ensaio, as rotinas do controle devem ser específicas e orientadas por normalização, requerendo dos técnicos e auxiliares um treinamento adequado e atualização constante [5].

Os principais ensaios realizados em materiais cerâmicos são:

- Verificação de resistência à compressão de blocos cerâmicos
- Determinação de absorção de água em materiais cerâmicos
- Resistências à flexão de telhas cerâmicas
- Verificação de impermeabilidade em telhas cerâmicas
- Padronização (forma e dimensões) de blocos cerâmicos
- Determinação de absorção de água em telhas cerâmicas
- Padronização (forma e dimensões) de telhas cerâmicas

O controle tecnológico quando feito de maneira correta evita problemas patológicos nos produtos e nas construções.

2.3 Patologias

Dependendo do emprego dos materiais, técnica e sistema construtivos numa intervenção de restauro, são inúmeras as deteriorações acarretadas numa edificação, onde os materiais cerâmicos são amplamente utilizados.

A degradação das peças cerâmicas pode acontecer por deficiência no próprio material e erros na fase de projeto e execução, além de agentes físicos externos, como: vegetação, chuvas, e a temperatura; agentes químicos internos, como umidade e agentes mecânicos, como: esforços de compressão, flexão e outros. [6].

O aparecimento de patologias nos materiais cerâmicos está relacionado diretamente com o seu processo de produção. Geralmente as empresas ceramistas possuem mão-de-obra não qualificada, ausencia da utilização de normas tecnicas e assessoria tecnica externa. Essa dificuldade de se adequar as normas tecnicas pertinentes aos produtos é devido a complexidade das caracteristicas do setor da ceramica vermelha [4].

A consequencia da inexistencia de um sistema de qualidade, é inexistencia de planejamento estrategico, variações das caracteristicas dos produtos e atraso tecnologico, além da atuação incorreta das tecnicas de conformação, tanto para secagem quanto para queima dos produtos [4].

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Coleta das amostras em campo

Realizou-se visitas em seis cerâmicas localizadas na região do Vale do Assú e questionários foram aplicados. Foram coletadas amostras de tijolos, telhas e lajotas nas cerâmicas visitadas, no entanto apenas as amostras de tijolos foram coletadas em todas as cerâmicas, em três delas foram coletas amostras de telhas, em quatro amostras de lajotas. Para cada portfolio seis unidades foram coletadas.

A medição das dimensões (altura, largura e comprimento) e pesagem (peso seco) das amostras coletadas foi realizada. Os questionários aplicados são referentes a informações básicas do modo de produção dos produtos. As principais informações retiradas dos questionários estão disponíveis na tabela 1.

Tabela 1 - Informações complementares obtidas através da aplicação do questionário

Cerâmica	Portfolio	Tipo de forno	Processo de secagem	Acompanhamento tecnico
Cerâmica 1	Tijolos/Telhas	A lenha	Natural	Não possui
Cerâmica 2	Tijolos/Lajotas	A lenha	Natural	Não possui
Cerâmica 3	Tijolos/Lajotas	A lenha	Natural	Não possui
Cerâmica 4	Tijolos/Lajotas/Telhas	A lenha (Acompanhando a temperatura do forno digital)	Natural (Tijolos e lajotas); Estufa (Telhas)	Possui
Cerâmica 5	Tijolos	A lenha	Natural	Não possui
Cerâmica 6	Tijolos/Lajotas/Telhas	A lenha	Natural	Não possui

3.2 Ensaios não destrutivos

3.2.1 Módulo de elasticidade dinâmico

Nos ensaios não destrutivos realizados para a obtenção do módulo de elasticidade foi utilizado o software Sonelastic. A partir da técnica de excitação por impulso, este software é capaz de determinar os módulos elásticos e o amortecimento dos materiais. O princípio de ensaio é simples, a frequência natural de vibração é captada por um microfone e como há uma relação inequívoca com o módulo elástico, o software Sonelastic® determina o valor do módulo de elasticidade. A determinação do amortecimento é realizada a partir do decremento logarítmico do sinal da resposta, também processado pelo software. No entanto, nesse trabalho apenas o módulo de elasticidade foi determinado.

Para obtenção desses valores foi necessário retirar testemunhos das peças cerâmicas, uma vez que o software reconhece apenas geometrias simples como barra, cilindro, disco e placa. A correta confecção dos testemunhos não foi realizada, pois no campus da UFERSA – ANGICOS, onde aconteceu a etapa de confecção dos testemunhos, as infraestruturas de laboratório dos cursos ainda estão sendo implementadas. Apenas amostras de tijolos e lajotas foram ensaiadas.

A confecção dos testemunhos dos tijolos e lajotas estão disponiveis na figura 1.



Figura 1: Preparação das amostras para avaliação do módulo de elasticidade dinâmico.

3.2.2 Ensaio de absorção de água

Para o ensaio de absorção de água, primeiramente as peças foram colocadas para secar naturalmente ao sol até não possuírem mais variação de massa e assim pesadas, encontrando o peso seco (Ms). Em seguida estas foram imergidas em um tanque de água fervente, que possibilitou a submersão total dos corpos de prova, por duas horas. Após esse período esperou-se as peças esfriassem até temperatura ambiente para assim ser pesadas novamente para, obtendo o peso saturado ou molhado (Mh).

Esse ensaio foi realizado em duas peças de cada portfolio coletado. Diferentemente do ensaio de módulo de elasticidade, foram ensaiados as peças inteiras e não os testemunhos delas. A balança utilizada tem resolução de 1g [7].

A absorção de água é medida em porcentagem pela fórmula 1.

(1) $AA(\%) = [(Mh - M)/MS] \times 100$, onde:

AA = Absorção de água
Mh = Massa em estado saturado de água
Ms = Massa

A figura 2 mostra a realização do ensaio de absorção.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 2: Etapas do ensaio de absorção de água

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resultados da avaliação dimensional do material cerâmico da região do Vale do Assú

Conforme delineado no item 3.2.1, houve dificuldade em se captar as amostras para a avaliação do módulo de elasticidade dinâmico dos produtos da cerâmica vermelha, utilizando para isso o método da resposta acústica. Ainda assim na tabela 2, tabela 3 e tabela 4, são apresentados alguns dados relacionados a conformidade dimensional dos produtos da cerâmica vermelha captados nas seis cerâmicas visitadas.

As dimensões nominais para os tijolos avaliados, 8 furos convencional, as dimensões de 9 cm x 19 cm x 19 cm, com uma tolerância de 0,3 cm para a média das dimensões e uma tolerância de 0,5 cm na variação por peça [8]. Utilizando o referido critério entende-se que todas as cerâmicas avaliadas não atenderam as prescrições da portaria Inmetro nº 16 de 05 de janeiro de 2011. Em alguns casos elas obedeceram a tolerância na média, mas desobedeceram a tolerância por peça. Se abrangermos o mesmo critério para as lajotas cerâmicas, comportamento semelhante é observado.

Tabela 2 – Variação dimensional - Tijolos de 8 furos

Cerâmica 1					
	Largura (cm)	Altura (cm)	Comprimento (cm)	Peso seco (g)	Desvio do esquadro
Médias das dimensões	18,6	8,5	18,7	2400,0	Maior e Menor lado
Coeficiente de Variação	0,86%	1,22%	1,60%	0,00%	
Cerâmica 2					
	Largura (cm)	Altura (cm)	Comprimento (cm)	Peso seco (g)	Desvio do esquadro
Médias das dimensões	18,8	8,9	18,8	2450,0	Maior e Menor lado
Coeficiente de Variação	1,46%	1,74%	1,01%	8,06%	
Cerâmica 3					
	Largura (cm)	Altura (cm)	Comprimento (cm)	Peso seco (g)	Desvio do esquadro
Médias das dimensões	19,0	8,7	18,6	2400,0	Maior lado
Coeficiente de Variação	1,19%	2,34%	1,21%	0,00%	

Cerâmica 4					
	Largura (cm)	Altura (cm)	Comprimento (cm)	Peso seco (g)	Desvio do esquadro
Médias das dimensões	18,4	8,5	18,2	2400,0	Maior e menor lado
Coeficiente de Variação	0,53%	1,15%	1,36%	0,00%	
Cerâmica 5					
	Largura (cm)	Altura (cm)	Comprimento (cm)	Peso seco (g)	Desvio do esquadro
Médias das dimensões	18,8	8,9	18,3	2200,0	Maior lado
Coeficiente de Variação	1,16%	2,22%	1,19%	0,0%	
Cerâmica 6					
	Largura (cm)	Altura (cm)	Comprimento (cm)	Peso seco (g)	Desvio do esquadro
Médias das dimensões	19,0	8,6	18,8	2400,0	Maior e menor lado
Coeficiente de Variação	0,70%	1,21%	1,46%	0,00%	

Tabela 3 – Variação dimensional - Lajotas cerâmicas

Cerâmica 1					
Não pruduz lajotas					
Cerâmica 2					
	Largura (cm)	Altura (cm)	Comprimento (cm)	Peso seco (g)	Desvio do esquadro
Médias das dimensões	19,0	8,0	30,0	3100,0	Maior e menor lado
Coeficiente de Variação	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	
Cerâmica 3					
	Largura (cm)	Altura (cm)	Comprimento (cm)	Peso seco (g)	Desvio do esquadro
Médias das dimensões	18,8	6,9	28,0	2616,7	Maior e menor lado
Coeficiente de Variação	0,71%	2,14%	1,15%	7,80%	
Cerâmica 4					
	Largura (cm)	Altura (cm)	Comprimento (cm)	Peso seco (g)	Desvio do esquadro
Médias das dimensões	18,6	7,5	29,5	3200,0	Maior lado
Coeficiente de Variação	1,72%	1,46%	0,93%	0,00%	
Cerâmica 5					
Não produz lajotas					
Cerâmica 6					
	LARGURA (cm)	ALTURA (cm)	COMPRIMENTO (cm)	PESO SECO (g)	DESVIO DO ESQUADRO
Médias das dimensões	18,9	6,9	28,5	3000,0	Maior lado
Coeficiente de Variação	0,65%	4,42%	1,46%	0,00%	

Tabela 4 – Variação dimensional - Telhas (colonial)

Cerâmica 1				
	Comprimento (cm)	Lado maior (cm)	Lado menor (cm)	Peso seco (g)
Médias das dimensões	48,9	15,5	12,1	1185,0
Coeficiente de Variação	0,17%	1,89%	1,05%	0,00%
Cerâmica 2				
Não produz telhas				

Cerâmica 3				
Não produz telhas				
Cerâmica 4				
	Comprimento (cm)	Lado maior (cm)	Lado menor (cm)	Peso seco (g)
Médias das dimensões	48,3	15,2	12,4	1185,0
Coeficiente de Variação	0,50%	1,78%	1,58%	0,00%
Cerâmica 5				
Não produz telhas				
Cerâmica 6 – De primeira qualidade				
	Comprimento (cm)	Lado maior (cm)	Lado menor (cm)	Peso seco (g)
Médias das dimensões	50,3	15,3	12,2	1185,0
Coeficiente de Variação	0,75%	1,31%	1,37%	0,00%
Cerâmica 6 – de segunda qualidade				
	Comprimento (cm)	Lado maior (cm)	Lado menor (cm)	Peso seco (g)
Médias das dimensões	52,0	15,9	12,6	1185,0
Coeficiente de Variação	2,43%	0,74%	2,99%	0,00%

Em relação as telhas cerâmicas do tipo colonial, o tamanho usualmente encontrado nas olarias e cerâmicas da região apresentam as dimensões médias da figura 3. E ainda, deve-se [9]:

- A massa da telha seca não deve ser superior a 6% do valor declarado pelo fabricante.

Tolerâncias dimensionais ±2,0%;

- Altura mínima do pino para telhas prensadas - 7 mm;
- Altura mínima do pino para telhas extrudadas - 3 mm;
- A tolerância admitida para rendimento médio é de ± 1%
- Absorção de água máxima = 20%;
- Impermeabilidade – a telha não deve apresentar vazamentos ou formação de gotas em sua face inferior;

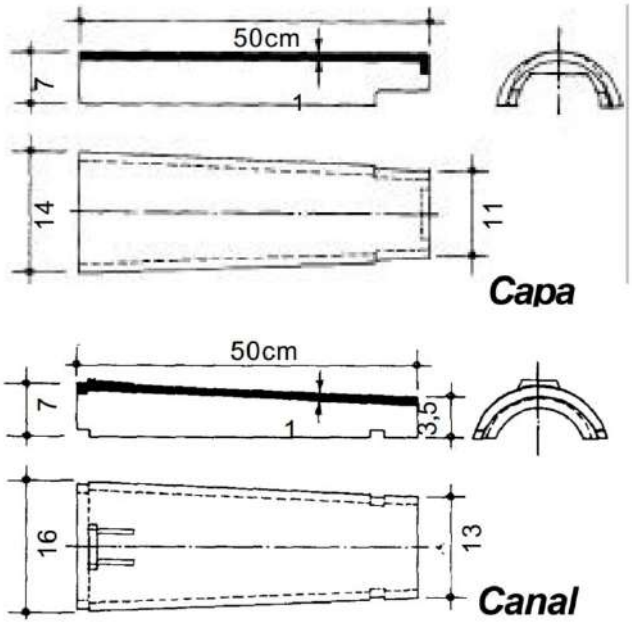

Figura 3 : Dimensões usais – Telha colonial do Rio Grande do Norte

Assim, em acordo com as recomendações normativas, pode-se inferir que apenas quando considerado telhas de segunda qualidade, as cerâmicas avaliadas não atendem ao critério das tolerâncias dimensionais. Entretanto não é aceitável vender-se um material de "segunda" que não atenda minimamente as exigências normativas.

4.2 Resultado da determinação do módulo de elasticidade dinâmico

Para a caracterização do módulo de elasticidade de forma direta, utilizando o software Sonelastic®, se faz necessário que a amostra tenha uma geometria prismática ou cilíndrica. Assim, a primeira ideia era preparar amostras prismáticas de pequena espessura (da ordem da espessura de telhas, tijolos e lajotas) que pudessem ser colocadas nos fornos junto a cada lote de material, de forma a determinar com precisão o valor do módulo de elasticidade da cerâmica em condições usuais de fabricação. E ainda, correlacionar esse valor com a frequência natural do produto final (lajota ou tijolo), de maneira a criar um parâmetro de controle tecnológico das propriedades mecânicas do material cerâmico, baseado apenas na obtenção do módulo de elasticidade dinâmico.

Entretanto não foi possível a preparação das amostras prismáticas de cerâmicas em nenhuma das cerâmicas. Nesse sentido, uma alternativa encontrada foi extrair testemunhos prismáticos, dos produtos da cerâmica.

A etapa de extração dos testemunhos foi prejudicada pela falta de infraestrutura do campus da UFERSA – ANGICOS. Por se tratar de um campus fruto do Reuni, as infraestruturas de laboratório dos cursos ainda estão sendo implementadas, contudo o atual cenário de crise econômica, impossibilitou que tivéssemos a tempo a infraestrutura necessária para correta confecção dos testemunhos.

De maneira análoga ao realizado para o concreto e para argamassa, mais uma vez utilizando o software Sonelastic®, o módulo de elasticidade dinâmico da cerâmica encontrada nas empresas avaliadas, são apresentados nas tabelas 5 e 6. Ressaltasse que o módulo foi obtido a partir da frequência natural associada ao primeiro modo de vibrar flexional, do prisma extraído (testemunho).

Tabela 5 – Avaliação do módulo de elasticidade dinâmico da cerâmica – Lajotas

Empresa	E_{dflex} médio (gpa)	Coeficiente de variação (%)
Cerâmica 2	42,03	44,8
Cerâmica 3	50,81	50,2
Cerâmica 4	61,88	20,0
Cerâmica 6	32,97	35,6

Tabela 6 – Avaliação do módulo de elasticidade dinâmico da cerâmica – Tijolos

Empresa	E_{dflex} médio (gpa)	Coeficiente de variação (%)
Cerâmica 1	122,15	42,7
Cerâmica 2	78,31	48,7
Cerâmica 3	33,78	26,9
Cerâmica 4	84,94	27,7
Cerâmica 5	53,32	27,7
Cerâmica 6	33,93	39,1

Apesar de em alguns casos, os valores do módulo de elasticidade dinâmico serem próximos do que se espera para materiais cerâmicos de uso comum na construção civil (à base de sílica) – da ordem de 73 Gpa [10]– os resultados obtidos até aqui são inconclusivos.

Acredita-se que a dificuldade de se obter um testemunho com precisão dimensional foi o fator preponderante para a obtenção de coeficientes de variação elevados. O que impossibilitou, nesta pesquisa, correlacionar o módulo de elasticidade dinâmico obtido como parâmetro de controle tecnológico de produtos da cerâmica vermelha.

Uma alternativa a ser testada para o futuro, voltado ao controle de qualidade e a detecção de defeitos na linha de produção, seria realizar a análise baseando-se somente nas frequências de ressonância, o que consiste essencialmente em tornar o "teste do sino" quantitativo.

4.3 Resultados do ensaio de absorção de água

Nas tabelas 7, 8 e 9 apresentam os resultados referentes a absorção de água dos tijolos, lajotas e telhas analisadas.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

Tabela 7 – Absorção de água - Tijolos de 8 furos

Cerâmica 1			
	Peso seco (g)	Peso úmido (g)	Absorção de água (%)
Amostra 1	2290	2489	8,69
Amostra 2	2382	2588	8,65
Cerâmica 2			
	Peso seco (g)	Peso úmido (g)	Absorção de água (%)
Amostra 1	2199	2179	9,82
Amostra 2	2607	2819	8,13
Cerâmica 3			
	Peso seco (g)	Peso úmido (g)	Absorção de água (%)
Amostra 1	2463	2643	7,31
Amostra 2	2447	2673	9,24
Cerâmica 4			
	Peso seco (g)	Peso úmido (g)	Absorção de água (%)
Amostra 1	2175	2242	3,08
Amostra 2	2234	2391	7,03
Cerâmica 5			
	Peso seco (g)	Peso úmido (g)	Absorção de água (%)
Amostra 1	2284	2563	12,22
Amostra 2	2350	2635	12,13
Cerâmica 6			
	Peso seco (g)	Peso úmido (g)	Absorção de água (%)
Amostra 1	2565	2790	8,77
Amostra 2	2384	2613	9,61

Tabela 8 – Absorção de água - Lajotas cerâmicas

Cerâmica 1			
Não produz lajotas			
Cerâmica 2			
	Peso seco (g)	Peso úmido (g)	Absorção de água (%)
Amostra 1	3085	3366	9,11
Amostra 2	3089	3361	8,81
Cerâmica 3			
	Peso seco (g)	Peso úmido (g)	Absorção de água (%)
Amostra 1	2656	2839	6,89
Amostra 2	2709	2918	7,72
Cerâmica 4			
	Peso seco (g)	Peso úmido (g)	Absorção de água (%)
Amostra 1	3265	3448	5,60
Amostra 2	3240	3426	5,74
Cerâmica 5			
Não produz lajotas			
Cerâmica 6			
	Peso seco (g)	Peso úmido (g)	Absorção de água (%)
Amostra 1	2941	3116	5,95
Amostra 2	2908	3073	5,67

Tabela 9 – Absorção de água - Telhas (colonial)

Cerâmica 1			
	Peso seco (g)	Peso úmido (g)	Absorção de água (%)
Amostra 1	1445	1538	6,44
Amostra 2	1412	1443	5,74
Cerâmica 2			
Não produz telhas			
Cerâmica 3			
Não produz telhas			
Cerâmica 4			
Amostra 1	Peso seco (g)	Peso úmido (g)	Absorção de água (%)
Amostra 2	1187	1239	4,38
	1183	1231	4,05
Cerâmica 5			
Não produz telhas			
Cerâmica 6			
	Peso seco (g)	Peso úmido (g)	Absorção de água (%)
Amostra 1	1470	1585	7,82
Amostra 2	1497	1604	7,15

A absorção ou infiltração de água em excesso reduz a resistência mecânica da telha o que representa um risco para a segurança do usuário, principalmente, para profissionais que trabalham com o conserto de telhados. Além disso, o excesso de água aumenta a carga sobre a estrutura de madeira que suporta as telhas, ocasionando, portanto, risco de desabamento.

O limite máximo admissivel de absorção de água nas telhas é de 20% [9]. Dessa forma, todas as cerâmicas visitadas que produzem telhas (C1, C4 e C6) estão em conformidade. Percebeu-se que na Cerâmica 4, onde há acompanhamento tecnico e o processo de secagem das telhas é feito em estufa os valores de absorção de água foram relativamente mais baixos que os demais.

A absorção de água de tijolos cerâmicos não deve ultrapassar 25% [11], pois paredes construídas com esse tipo de tijolo podem sofrer aumento de carga quando exposta à chuva, podendo acarretar problemas estruturais à construção. Além de acarretar problemas na aderência da argamassa de reboco, pois a água existente na composição da argamassa é absorvida, resultando em uma massa seca sem poder de fixação.

No entanto, todas as cerâmicas visitadas que produzem tijolos (C1, C2, C3, C4, C5 e C6) e lajotas (C2, C3, C4 e C6) obtiveram valores a baixo de 25% na absorção de água. A Cerâmica 4 obteve valores relativamente mais baixos de absorção de água, e esse fato pode ser associado a seu processo de produção.

Ao avaliar as amostras coletadas, percebeu-se que em nenhuma houve aparecimento de imperfeição superficial, fissuras ou eflorescência.

5 CONCLUSÃO

Amostras de seis cerâmicas localizadas no vale do Assú foram coletadas. Nas amostras ensaios foram realizados, como: absorção de água, determinação do módulo de elasticidade dinâmico e padronização (forma e dimensões).

Obteve-se resultados positivos em relação a absorção de água em tijolos, lajotas e telhas de todas as cerâmicas que produzem esses materiais, já que os resultados foram bem inferiores aos limites máximos admissíveis. No entanto, para se obter resultados mais precisos era necessário coletar amostras de diferentes fornadas e analisar uma quantidade maior de amostras.

Os ensaios de determinação do módulo de elasticidade dinâmico foram inconclusivos, pois verificou-se coeficientes de variação muito elevados. Houve dificuldade de se obter testemunhos com precisão dimensional, os quais eram necessários para a correta realização dos ensaios. Associa-se esse fato a falta de infraestrutura da UFERSA-Angicos.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

No tocante da avaliação dimensional das amostras coletadas, percebeu-se que as cerâmicas analisadas não atendem a tolerância de dimensões. A irregularidade das dimensões das cerâmicas analisadas está diretamente relacionada a falta de controle tecnologico e de qualidade nas fases do processo produtivo dos produtos.

Dessa forma, apesar de resultados positivos referentes a absorção de água e permeabilidade, as cerâmicas analisadas não estão em conformidade com as normas tecnicas, pois o critério de padronização não atende as especificações e exigencias.

6 REFERENCIAS

[1] SEBRAE/MG. Setores estratégicos 2005-2007 **– Pefil do setor de Cerâmica.** Belo Horizonte, 2005.

[2] ANICER – Associação Nacional da Indústria Cerâmica. **Cartilha Ambiental:** *Cerâmica vermelha*. Rio de Janeiro, 2014.

[3] GOVERNO DE MINAS**. Guia técnico ambiental da indústria de cerâmica vermelha.** Belo Horizonte, 2013.

[4] PASCHOAL, J.A.M.; **Estudos de parâmetros de qualidade para a cerâmica estrutural vermelha.** Dissertação (Mestrado em Construção Civil), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

[5] FORTES, R.M.; MERIGHI, J.V. **Controle tecnológico e controle de qualidade** – *Um alerta sobre sua importância.* Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Brasília, 2004.

[6] SILVA, J. M**. Alvenarias não estruturais**. *Patologias e estratégias de reabilitação*. In: Seminário sobre Paredes de Alvenaria, P.B. Lourenço & H. Sousa (Eds.), Porto, 2002

[7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8947**: Telha cerâmica - Determinação da massa e da absorção de água - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1985.

[8] BRASIL. **Portaria nº 16 de 05 de Dezembro de 2011 do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade industrial - INMETRO.** Dispõe sobre o regulamento técnico metrológico.

[9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15310**: Componentes cerâmicos - Telhas - Terminologia, requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2009.

[10] PEREIRA, A.H.A.; VENET, M.; TONNESEN, T.; RODRIGUES, J.A. **Desenvolvimento de um equipamento para a caracterização não-destrutiva dos módulos elasticos de materiais cerâmicos em geral.** Cerâmica (São Paulo. Impresso). v. 56, p. 118-122, 2010.

[11] BRASIL. **Portaria nº 558 de 19 de Novembro de 2013 do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade industrial - INMETRO.** Dispõe sobre regulamentação técnica para componentes cerâmicos para alvenaria.