Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções
CBPAT2016

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE TELHAS CERÂMICAS E DE FIBROCIMENTO QUANTO À AÇÃO DE GRANIZO E CAMINHAMENTO

A. G. FÜHR
Mestranda em Engenheira Civil
Unisinos
Rio Grande do Sul; Brasil
engenharia.afuhr@gmail.com

J. L. P DE SOUZA
Mestrando em Engenharia Civil
Unisinos
Rio Grande do Sul; Brasil
jlpsengenharia@gmail.com

L.L.V. AMOR
Mestrando em Engenharia Civil
Unisinos
Rio Grande do Sul; Brasil
engvargas@gmail.com

RESUMO

É crescente a preocupação com a qualidade das construções no setor da construção civil, principalmente quanto ao desempenho das edificações habitacionais. Visando esse atendimento, foi aprovada a norma de desempenho (ABNT NBR 15575:2013), que busca estabelecer os requisitos mínimos de qualidade e desempenho dessas edificações. Recentemente, tivemos em nosso país diversas chuvas de granizo que danificaram as coberturas de edificações, além de acidentes ao executar reparos nos telhados, colocando em questionamento a segurança dos usuários das edificações. Diante deste cenário, identifica-se que a norma de desempenho pode contribuir de forma significativa para evitar danos e acidentes, pois, para que o sistema de cobertura seja eficiente, é necessário que todos os componentes sejam executados de maneira adequada. Esse estudo tem por objetivo avaliar o desempenho das telhas quanto à ação de granizo e caminhamento, conforme os requisitos estabelecidos pela NBR 15575-5:2013. Foram utilizadas telhas cerâmicas e de fibrocimento no ensaio, admitindo-se serem as mais utilizadas nas construções atuais. As telhas cerâmicas apresentaram mossas e fissuras, no entanto, a norma permite falhas desde que não prejudiquem a estanqueidade. As telhas de fibrocimento não apresentaram fissuras, somente mossas. Os resultados dos ensaios foram considerados satisfatórios.
Palavras-chave: norma de desempenho, resistência estrutural, sistemas de cobertura.

ABSTRACT

It is growing concern about the quality of buildings in the construction sector, particularly for the performance of residential buildings. Aiming this service, it was recently approved the performance standard (NBR 15575: 2013), which seeks to establish the minimum quality and performance of these buildings. Recently, we had in our country several showers of hail that damaged the roofs of buildings, as well as accidents while performing repairs on roofs, putting into question the safety of users of the buildings. Given this scenario, it is identified that the performance standard can contribute significantly to prevent damage and accidents, therefore, that the cover system is efficient, it is necessary for all components to run properly. This study aims to evaluate the performance of the tiles on the hail and traversal action, as prescribed by NBR 15575-5: 2013. Ceramics and fiber cement tiles were used in the assay, assuming they are the most used in today's buildings. Ceramic tiles had dents and cracks, however, the standard allows failures do not adversely affect the tightness. Fiber cement tiles showed no cracks, dents only. The test results were satisfactory.
Keywords: performance standard, structural strength, roofing system.

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O setor da construção civil tem buscado melhorar a qualidade das construções. Uma das principais iniciativas atualmente é a norma de desempenho, a ABNT NBR 15.575/2013. Essa norma foi desenvolvida com o objetivo de estabelecer exigências dos usuários para edificações habitacionais quanto ao seu comportamento em uso, através de definições de requisitos (qualitativos), critérios (quantitativos ou premissas) e métodos de avaliação que permitam a mensuração e conferência do cumprimento (ABNT, 2013).

Recentemente, eventos climáticos como chuvas de granizo causaram grandes prejuízos à sociedade brasileira. Em muitos casos, as coberturas das residências (telhados) são os mais afetados, pondo em questionamento sua resistência. Além dos prejuízos materiais, a vida e o bem-estar dos usuários das edificações são colocados em risco.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

A norma de desempenho prevê requisitos para os sistemas de coberturas. Entre eles, existem requisitos de desempenho estrutural como resistência e deformabilidade, solicitações de montagem ou manutenção, solicitações dinâmicas, solicitações em forros e ação do granizo e outras cargas acidentais em telhados. A execução correta de todos os componentes do sistema de cobertura é importante para seu desempenho, no entanto, e considerando que grande parte das edificações possuem sistemas de coberturas compostas por telhas cerâmicas ou de fibrocimento, pretende-se neste artigo avaliar o desempenho estrutural de tais sistemas principalmente quanto a resistência ao caminhamento (relativo às solicitações de montagem e manutenção) e quanto à resistência ao impacto (relativo às ações de granizo e outras cargas acidentais) conforme estabelecido pela NBR 15.575-5 (ABNT, 2013).
Embora a norma de desempenho envolva outros requisitos para sistemas de coberturas estes não serão abordados neste trabalho. Os resultados deste estudo não podem ser extrapolados para todos os tipos e fabricantes das telhas citadas. Para atingir o objetivo proposto, serão feitos ensaios de acordo com a norma de desempenho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Recentemente diversos Estados Brasileiros registraram prejuízos devido à ação de granizo. Segundo notícia do Jornal NH [7], publicado em dezessete de setembro deste ano, cerca de 500 residências foram danificadas por queda de granizo em Novo Hamburgo-RS, também sendo registrados prejuízos em São Leopoldo, Campo Bom e outras cidades do RS. Segundo a reportagem, foram distribuídas lonas às famílias, fazendo menção aos telhados que foram danificados. Na notícia do G1 [8], publicado em vinte e dois de outubro deste ano, foi registrada uma forte chuva com granizo no Sul de Minas, destruindo telhados de várias casas em Jacutinga-MG. Em notícia mais recente do G1 [9], publicado em dois de dezembro deste ano, foi informado que a prefeitura de Guareí-SP estima que aproximadamente 1,5 mil famílias foram afetadas por chuvas de granizo e ressalta que quarenta e três pessoas ficaram feridas ao tentar consertar os telhados.
Embora esses eventos sejam tratados como inevitáveis desastres naturais, as normas técnicas vigentes delimitam as exigências para os sistemas de coberturas, principalmente telhas, a fim de evitar tais problemas. Deve-se citar a ABNT NBR 15310/2009 que determina requisitos para telhas cerâmicas, a ABNT NBR 13858-1/1997 e ABNT NBR 13858-2/2009 para telhas de concreto, ABNT NBR 14513/2008 e ABNT NBR 14514/2008 para telhas de aço, ABNT NBR 7581-1/2012 e ABNT NBR 7581-2/2014 para telhas de fibrocimento (com amianto), ABNT NBR 15210-1/2014 e ABNT NBR 15210-2/2013 para telhas de fibrocimento sem amianto e a ABNT NBR 15575-5/2013 para o sistema de cobertura.
É necessário esclarecer que os sistemas de coberturas são formados por diversos elementos e componentes com a função de assegurar a estanqueidade, proteger os demais sistemas da deterioração por agentes naturais e contribuir para o conforto termoacústico da edificação (ABNT, 2013). Podem ser compostos por cumeeira, telhas, base de apoio para as telhas (ripas) e estrutura de suporte e transferência da carga à estrutura da edificação (geralmente de madeira), beiral, calha e elementos de fixação (parafusos, suportes etc.).
Este estudo será focado nas telhas de fibrocimento e cerâmicas, visto que são as mais comuns nas edificações, e já que são os elementos do sistema de cobertura que podem estar mais vulneráveis devido à baixa resistência dos materiais empregados, conforme evidenciado empiricamente pelas notícias citadas. É importante citar que tais materiais podem variar em espessura e composição física e química, o que deve afetar a resistência mecânica do produto final (telha) [2] [3].
As telhas cerâmicas são compostas em grande parte por minerais argilosos como sílica (SiO_2) e alumina (Al_2O_3) e em menor proporção por hematita (Fe_2O_3), óxidos alcalinos ($K_2O + Na_2O$) entre outros. A hematita é a responsável pela cor avermelhada após a queima e maiores teores de sílica podem representar incremento da resistência de ruptura à flexão [10]. Já as telhas de fibrocimento podem ser compostas por matriz cimentícia e fibras, podem conter amianto ou fibras de polivinil álcool (PVA) ou polipropileno (PP) [11]. As telhas cerâmicas tem maior variação no formato, enquanto que as telhas de fibrocimento variam bastante em função do formato, dimensões e espessura.

2.1 Requisitos de desempenho em estrutural em sistemas de cobertura

O atendimento à norma de desempenho é obrigatório para edificações residenciais a serem construídas com projeto protocolado a partir de 19 de julho de 2013. No entanto, essa norma prevê um conjunto de requisitos e recomendações que podem melhorar a qualidade das edificações e evitar prejuízos e transtornos aos usuários. A norma estipula requisitos de desempenho para os diversos sistemas de acordo com uma finalidade, visto que as edificações são sistemas complexos, compostos por diversas partes e com finalidades distintas

A norma de desempenho (ABNT NBR 15575-5/2013) prevê 5 requisitos para desempenho estrutural aos sistemas de coberturas conforme descrito abaixo:
- Resistência e deformabilidade: Segurança contra ruína e avarias ou deformações que prejudiquem a função do sistema de cobertura ou sistemas a ele ligados. Deve atender às exigências de estado limite último (resistência mecânica) e estado de limite serviço (limitação de deslocamentos, fissuras etc.), especificados em projetos conforme NBRs relativas aos materiais e métodos a serem usados, e devem prever o risco de arrancamento por esforços de sucção do vento (cálculos em projeto, detalhes de fixação etc.);
- Solicitações de montagem ou manutenção: Suportar cargas de pessoas e objetos para montagem ou manutenção. Deve resistir à uma carga de 100kg aplicada em seção mais desfavorável em estrutura principal e secundária com deslocamento máximo de L/300 e L/180 respectivamente. Em coberturas acessíveis aos usuários deve suportar ação de três cargas de 100kg em triângulo equilátero com 45cm de lado;
- Solicitações dinâmicas em sistemas de coberturas acessíveis: Possibilitar o uso, prevendo-se resistência à impactos de corpo mole e duro (exigências similares a sistemas de pisos);
- Solicitações em forros: Possibilitar fixação de luminárias e outras cargas. Sendo a carga mínima de 3kg e deslocamento máximo de 5mm e L(vão do forro)/600;
- Ação do granizo e outras cargas acidentais em telhados: Não sofrer ruptura ou traspassamento com impactos de 1J (nível mínimo), 1,5J (nível intermediário) ou 2,5J (nível superior). São tolerados fissuras, lascamentos e outros danos, desde que não haja perda da estanqueidade. (ABNT, 2013).
Neste estudo será considerado que os sistemas de coberturas não estão acessíveis aos usuários e que determinações de projetos e forros não fazem parte do escopo. Portanto, foi definido, conforme consta nos objetivos e delimitações, que este trabalho considerará apenas os requisitos de solicitações de montagem e manutenção (resistência ao caminhamento, anexo G da ABNT NBR 15575-5/2013) e ação do granizo e outras cargas acidentais (resistência ao impacto, anexo C da ABNT NBR 15575-5/2013).

3. MATERIAIS E MÉTODO DE ENSAIO

As telhas cerâmicas utilizadas no ensaio foram do tipo romana, compostas por material argiloso. As telhas possuem 43cm de comprimento e 27cm de largura, e está representada na Figura 1.



Figura 1: Telha cerâmica utilizada na amostra

Seguiu-se as instruções do manual do fabricante, as telhas foram dispostas sobre ripas de madeira de 4x3 cm, espaçadas a cada 37cm, montadas sobre caibros de 10x13 cm a cada 90 cm e com 35% de inclinação, conforme Figura 2.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 2 – Sistema de cobertura com telha cerâmica montada.

As telhas de fibrocimento ensaiadas não possuem amianto, e são compostas por cimento reforçado com fios sintéticos. Conforme descrito pelo fornecedor, possuem 6mm de espessura, 1,1m de largura, 1,83m de comprimento, 51mm de altura das ondas, 177mm de distância entre cristas de ondas, e pesam 24,4kg por peça (ou 18kg/m²). O fornecedor alega atender à exigência da ABNT NBR 15210/2014 quanto a resistência a flexão (3.300N/m) e quanto as tolerâncias dimensionais.

O fabricante sugere as seguintes orientações de montagem:
- Vão máximo não deve exceder 1,69m;
- Balanço (distância entre fim da telha e apoio) deve estar entre 0,25m e 0,4m;
- Inclinação superior a 9% ou 5º;
- Fixação com parafusos de 8mm de diâmetro na 2ª e 6ª crista;
- Recobrimento lateral de 1,25 onda.

Nas telhas de fibrocimento adotou-se o maior vão entre apoios, de 1,33m, e um balanço mínimo de 0,25m e telha de 1,83m. O sistema foi posicionado na mesma inclinação da telha cerâmica, ou seja, de 35%, já que a recomendação indicava apenas a inclinação mínima de 9%. Foi realizado primeiro o ensaio de caminhamento e depois o de corpo duro, conforme Figura 3.



Figura 3 – Sistema de cobertura com telha de fibrocimento pronta para ensaio

Os ensaios seguiram as especificações da ABNT NBR 15575/2013 e foram divididos em duas etapas. A primeira a ser realizada foi a avaliação da resistência à carga concentrada, relativa ao peso do telhadista na montagem ou manutenção da cobertura. O critério da norma é que as estruturas principais e secundárias suportem a ação de uma carga vertical de 1kN (100kg) aplicada na seção mais desfavorável, sem ocorrer falhas ou possuírem deslocamentos maiores que o valor do vão dividido por 300 para vigas principais e terças e vão dividido por 180 para vigas secundárias. Na segunda etapa do ensaio, foram avaliadas a resistência ao impacto, simulando a ação de granizo e outras pequenas cargas acidentais,

cujo critério é não permitir ruptura ou transpasse. Entretanto, a norma tolera ocorrência de falhas superficiais, como fissuras e lascamentos, desde que não impliquem em perda da estanqueidade.
O ensaio da carga concentrada (ou resistência ao caminhamento) é determinado pelo anexo G da ABNT NBR 15575-5/2013. É utilizado um suporte de madeira para transmitir a carga na vertical ao sistema, visto que o mesmo se encontra inclinado. Um cilindro hidráulico é utilizado para a aplicação da carga, uma célula de carga para aferição da carga e um aparelho para aferição do deslocamento abaixo da telha, conforme ilustra a Figura 4.



Figura 4 – Ensaio de resistência ao caminhamento em cobertura de telha cerâmica.

Os ensaios que representam a ação do granizo e outras cargas acidentais (ou resistência à impacto) foram realizados conforme anexo C da ABNT NBR 15575-5/2013, que especifica que o trecho do sistema de cobertura deve: ser representativo; ser ensaiado conforme uso; possuir tamanho mínimo de 1m² ou maior vão entre apoios e balanço; e ter impacto na posição mais desfavorável.
Os ensaios foram executados nas telhas conforme recomendações do fabricante (declividade, apoios, etc.). Foi utilizada esfera conforme norma, com 67,5g e realizou-se impactos a 1,5m (E=1J), 2,3m (E=1,5J) e 3,8m (E=2,5J).
No tocante ao ensaio das telhas cerâmicas, os pontos definidos para os 3 (três) diferentes impactos foram definidos de forma aleatória. Para os ensaios das telhas de fibrocimento, buscou-se centralizar ao máximo os pontos de impacto. Foi definido que os impactos seriam na parte superior da 2ª onda entre a 4ª e a 5ª onda da telha, com o objetivo de comparar possíveis desempenhos diferentes, já que as telhas apresentam variações quanto à espessura. As cargas de 1 e 1,5J foram aplicadas nos pontos superior e inferior da telha, e a carga de 2,5J foi aplicada no centro, buscando-se atingir o ponto mais vulnerável com a maior carga.
Antes dos ensaios observou-se variação das espessuras de material em diferentes partes das telhas. As telhas cerâmicas apresentam maior espessura na parte alta da onda e menor espessura na parte plana. Nas telhas de fibrocimento, foi constatada maior espessura nas cristas e menor espessura na lateral da onda.

4. RESULTADOS

Os resultados registrados foram referentes à ocorrência de fissuras, lascamentos, desagregações, transpassamento ou outras avarias ocorridas nos ensaios para cada energia de impacto. O sistema de cobertura com telhas cerâmicas, quanto à resistência ao caminhamento, não apresentou falhas em nenhum dos dois pontos ensaiados até a carga de 1kN (carga exigida pela norma). Os resultados estão descritos abaixo em gráfico de carga e deformação (Figura 5).

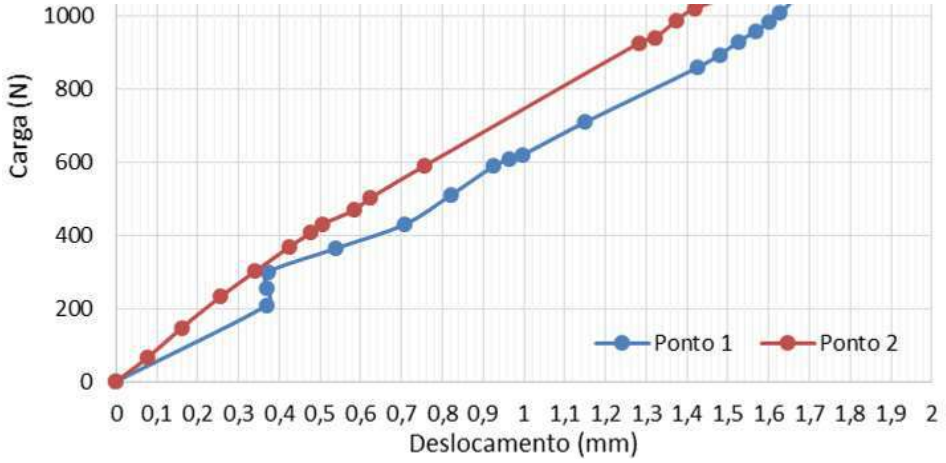


Figura 5 – Gráfico do deslocamento em função da carga

No ensaio de resistência ao caminhamento, as telhas de fibrocimento também não apresentaram nenhuma falha, mesmo aplicando cargas maiores à exigência da norma (1kN). Resistiu a carga de 4,5kN (até onde o ensaio pode ser realizado) sendo registrado na telha o deslocamento de 29mm na aplicação da carga e mantendo 8mm após a aplicação. Em ambos os casos (telhas cerâmicas e fibrocimento) conclui-se o atendimento à norma nesse requisito.
Quanto à resistência à ação de granizo, as telhas cerâmicas apresentaram falhas nos impactos de 1,5 e 2,5J, no entanto, não o suficiente para representar perda da estanqueidade, atendendo ao requisito da norma. A Figura 6 e a Tabela 1 demonstram os resultados.



Figura 6 – Imagens das amostras com marcas indicando os impactos e fissuras

Tabela 1 – Resultados do ensaio de resistência à impacto – telhas cerâmicas

Amostra	Energia (J)		
	1,0	1,5	2,5
Telha 1	Não apresentou falha	Não apresentou falha	Não apresentou falha
Telha 2	Não apresentou falha	Fissura na parte inferior da telha	Fissura na parte superior e inferior da telha
Telha 3	Não apresentou falha	Fissura na parte inferior da telha	Fissura na parte superior e inferior da telha
Telha 4	Não apresentou falha	Fissura na parte inferior da telha	Fissura somente na parte inferior da telha
Telha 5	Não apresentou falha	Fissura na parte inferior da telha	Fissura na parte superior e aumento das fissuras na parte inferior

As telhas de fibrocimento, no ensaio de resistência à ação de granizo e outras cargas acidentais, não apresentaram nenhuma fissura. No impacto de 1,5J e 2,5J, verificou-se a presença de mossa, no entanto, no impacto de 1,5J as mossas são pouco visíveis. Logo, o requisito da norma foi atendido. A Figura 7 e a Tabela 2 apresentam os resultados.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

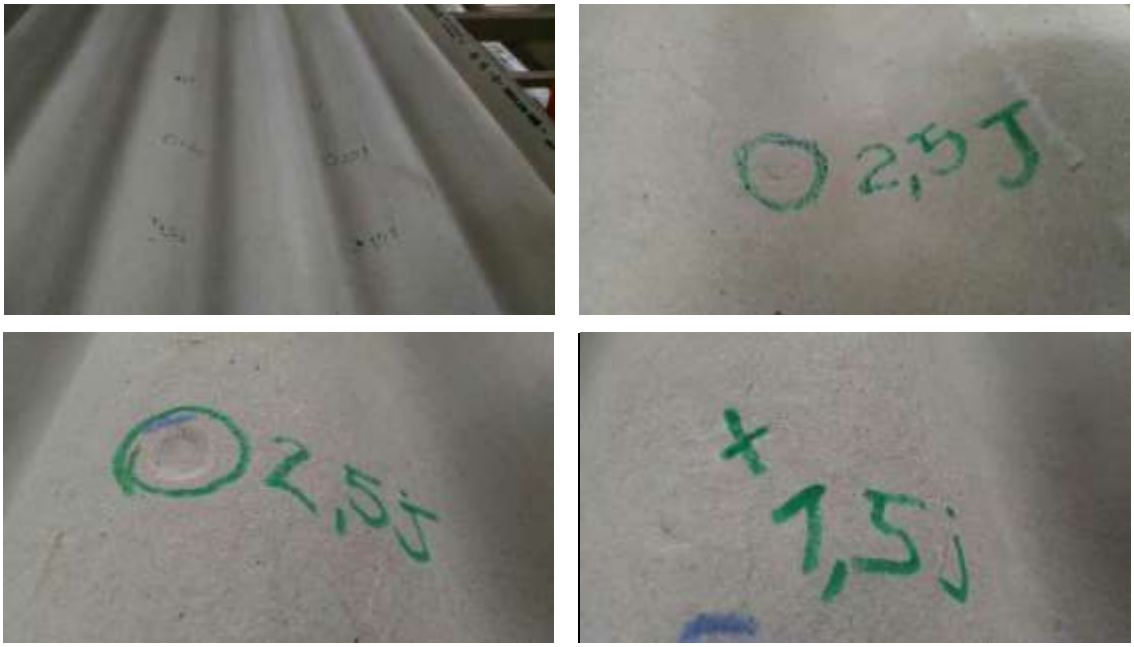


Figura 7 – Imagens das amostras com marcas indicando os impactos.

Tabela 2 – Resultados do ensaio de resistência à impacto – telhas de fibrocimento

Amostra	Energia (J)		
	1,0	1,5	2,5
Telha 1	Não apresentou falha	Mossa	Mossa
Telha 2	Não apresentou falha	Mossa	Mossa

Ao término dos ensaios, as falhas observadas nas telhas de fibrocimento foram semelhantes nos diferentes pontos de impactos (onda superior e inferior). No entanto, nas telhas cerâmicas, observou-se maior incidência de fissuras na parte plana da telha. As fissuras observadas na parte inferior da telha, apareceram somente na parte plana.

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tanto as telhas cerâmicas quanto as de fibrocimento foram aprovadas nos requisitos de resistência ao caminhamento e ação de granizo e outras cargas acidentais. No ensaio de resistência ao caminhamento não houve nenhuma falha nos dois tipos de telhas. No ensaio de resistência à ação de granizo e outras cargas acidentais nas telhas cerâmicas, apesar das fissuras, a amostra não sofreu ruptura ou traspassamento. Visualmente, não houve perda da estanqueidade. Nas telhas de fibrocimento também não houve falhas que pudessem prejudicar a estanqueidade das telhas.
Houve mais falhas nas telhas cerâmicas do que nas telhas de fibrocimento. As telhas cerâmicas, com o impacto de 2,5J, apresentaram diversas fissuras na parte superior e inferior. Já as telhas de fibrocimento não apresentaram nenhuma fissura, apenas leve mossa. Desta forma, os ensaios indicam a possibilidade das telhas de fibrocimento serem mais resistentes do que as telhas cerâmicas no requisito resistência à ação de granizo e outras cargas acidentais.
A ABNT NBR 15575-5/2013 não solicita o teste de estanqueidade, mas julga-se importante a realização desse ensaio após o ensaio de resistência à ação de granizo e outras cargas acidentais. O ensaio seria de fundamental importância para garantir que as fissuras não prejudiquem a estanqueidade das telhas.
No ensaio de caminhamento, os dois tipos de telhas não apresentaram nenhuma falha quando aplicada a carga indicada pela norma, 1 kN (100 kg). Não foi possível aumentar a carga até as telhas romperem, por limitação do equipamento. No entanto, constatou-se que as telhas suportam cargas superiores à especifica pela norma.
Observa-se a importância da realização do ensaio de resistência à flexão antes de montar as amostras. Pois, nas telhas cerâmicas, verificou-se variação das falhas em diferentes pontos das telhas. Através de verificações preliminares como a resistência à flexão e a conferência de medidas é possível analisar a uniformidade do material e se atende ao não à respectiva norma técnica.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

6. REFERÊNCIAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 15575-5: Edificações Habitacionais - Desempenho – Parte 5: Requisitos para os sistemas de cobertura. Rio de Janeiro, 2013.
[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 15310: Componentes Cerâmicos – Telhas – Terminologia, requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2009.
[3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 7581-1: Telha ondulada de fibrocimento – Parte 1: Classificação e Requisitos. Rio de Janeiro, 2012.
[4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 7581-2: Telha ondulada de fibrocimento – Parte 2: Ensaios. Rio de Janeiro, 2014.
[5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 15210-1: Telha ondulada de fibrocimento sem amianto e seus acessórios – Parte 1: Classificação e Requisitos. Rio de Janeiro, 2014.
[6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 15210-1: Telha ondulada de fibrocimento sem amianto e seus acessórios – Parte 2: Ensaios. Rio de Janeiro, 2013.
[7] JORNAL NH – Chuva e queda de granizo atingem ao menos 500 casas em Novo Hamburgo. Publicado em 17/09/2015.
[8] PORTAL G1. Chuva de granizo derruba árvores e destelha casas no Sul de Minas. Publicado em 22/10/2015.
[9] PORTAL G1. Após chuva de granizo, 43 moradores caem de telhados ao fazer consertos. Publicado em 02/12/2015.
[10] VIEIRA, C. M. F.; SOARES, T. M.; MONTEIRO, S. N. Massas cerâmicas para telhas: características e comportamento de queima (Ceramic bodies for roofing tiles: characteristics and firing behavior). Cerâmica, v. 49, p. 245-250, 2003.
[11] PORTAL ITAMBÉ. Norma melhora instalação de telhas de fibrocimento. Disponível em http://cimentoitambe.com.br/normas-instalacao-telhas-fibrocimento. Acesso em 12 dez 2015.