COMPARAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO ARRANCAMENTO DE TELHAS DE PVC APLICANDO PRESSÃO EM DIFERENTES PONTOS DO TELHADO

COMPARISON OF RESISTANCE TO THE PULLOUT TEST OF PVC TILES APPLYING PRESSURE AT DIFFERENT POINTS OF THE ROOF

COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA AL ARRANCAMIENTO DE TEJAS DE PVC APLICANDO PRESIÓN EN DIFERENTES PUNTOS DEL TEJADO

M. J. OTT
Acadêmica de Engenharia Civil
UNISINOS/itt Performance
RS; Brasil
mairajo@unisinos.br

A. L. SIGNORI
Acadêmico de Engenharia Civil
UNISINOS/itt Performance
RS; Brasil
dedi.signori@gmail.com

J. KASPARY
Acadêmico de Engenharia Civil
UNISINOS/itt Performance
RS; Brasil
jordankaspary@hotmail.com

F. R. BELTRAME
Eng. Civil
IBELQ
SP; Brasil
fabiola@ibelq.org.br

K. RAGO
Eng. Civil
IBELQ
SP; Brasil
karina@ibelq.org.br

V. K. ORTOLAN
MSc. Engenheiro Civil
UNISINOS/itt Performance
RS; Brasil
vortolan@unisinos.br

B. F. TUTIKIAN
Prof. Dr. Engenheiro Civil
UNISINOS/itt Performance
RS; Brasil
bftutikian@unisinos.br

RESUMO

Ao se tratar de sistema de cobertura, existem ações que devem ser consideradas, como a chuva, o sol e o vento. O vento pode exercer forças em duas direções, de sobrepressões e de sucções. Para poder avaliar a influência desse fenômeno precisam ser realizados ensaios para comprovar a qualidade do sistema de cobertura. Por isso, existem normas técnicas que estabelecem os requisitos mínimos e os métodos de ensaios que devem ser adotados para garantir a qualidade aos usuários. O ensaio de arrancamento das telhas simula as ações geradas pelo vento no telhado de modo a exigi-lo sob pressão positiva. Como a telha de policloreto de vinila (PVC) é um produto inovador, buscou-se nas Diretrizes do Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SINAT) a melhor maneira de avaliar o parâmetro de resistência ao arrancamento, sendo direcionado para a norma brasileira ABNT NBR 15575 de 2013, que fornece os critérios mínimos de qualidade e segurança para imóveis residenciais. Pelo anexo L desta Norma, deve-se verificar a resistência do telhado sob ação do vento com aplicação de pressões de vento de 500 e 2300 Pa, contudo esta normativa não especifica em qual vão da telha deve-se aplicar a pressão positiva. A partir desta lacuna de informação, buscou-se testar a aplicação em diferentes vãos e em mais de um vão ao mesmo tempo. Obteve-se respostas similares, o que indica que a posição onde é aplicada a pressão não influencia nos resultados.
Palavras-chave: Sistema de cobertura. Telha de PVC. Ação do vento. Arrancamento.

ABSTRACT

On roofing systems, some actions must be considered, such as rain, the sun and wind. The wind can exert forces in two directions, overpressures and suctions. In order to evaluate the influence of this phenomenon, the roofing system must be tested to prove its quality. Therefore, there are technical standards that establish minimum requirements and testing methods to ensure quality to the users. The pullout test simulates the actions generated by the wind on the roof under positive pressure. As polyvinyl chloride (PVC) tile is an innovative product, it was sought in the Guidelines for the National System of Technical Evaluations (SINAT), the best way to evaluate the parameter of pullout resistance, being directed to the Brazilian standard ABNT NBR 15575:2013, which provides the minimum quality and safety criteria for residential buildings. According to Appendix L of this standard, the wind resistance of the roof must be verified with the application of wind pressures of 500 and 2300 Pa. However, this standard does not specify in which span of the tile the positive pressure must be applied. With this information gap, tests were made in different spans and in more than one span at the same time. Similar responses were obtained, indicating that the position where the pressure is applied does not influence the results.

Keywords: Roofing system. PVC tile. Wind action. Pullout.

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de coberturas (SC) exercem funções importantes nas edificações habitacionais, desde a contribuição para preservação da saúde dos usuários até a própria proteção do corpo da construção, interferindo diretamente na durabilidade dos demais elementos que a compõem. Por esses motivos, os SC devem ser planejados e executados de forma a proteger os demais sistemas (ABNT, 2013).

Dentre as ações atuantes no sistema de cobertura, particularmente vento, intensidade de chuvas e insolação são as que exercem a maior influência e precisam ser determinantes nos projetos.

Em termos às ações do vento sob as coberturas, deve-se ressaltar a existência de picos localizados de pressão em certos pontos da cobertura, capazes de gerar esforços de sucção em zonas restritas. Estas manifestações de sucção não ocorrem de forma simultânea em toda a cobertura, e devem ser consideradas no dimensionamento, verificações de ancoragem dos elementos de vedação e da estrutura (PITTA, et al., 2005).

Atualmente, como resultado do desenvolvimento da tecnologia dos materiais e das inovações nos projetos estruturais, as coberturas resultam mais leves, flexíveis e com vãos cada vez maiores. Isto as torna mais sensíveis às ações do vento, e consequentemente é necessário um conhecimento mais preciso do fenômeno neste tipo de estrutura (MAKOWSKI, D. G., 2004.)

A fim de promover agilidade, produtividade e ainda assim gerar economia na construção, a indústria da construção civil está focada na busca de soluções criativas e sustentáveis. A telha de PVC é um exemplar de material inovador alternativo. É uma telha plástica fabricada com PVC, sendo um material extremamente leve e versátil para a cobertura, reciclável e com boa performance de isolamento térmico e acústico, além de ser de fácil de instalação. De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Telhas de PVC (2017), entre as vantagens pode-se destacar: não retém umidade; econômica; não propaga o fogo e maior durabilidade.

As telhas de PVC diferem das telhas cerâmica em sua massa, entre 5% a 10% da massa das telhas cerâmicas e dispensam alguns elementos da estrutura suporte do telhado, gerando assim economia de material e mão de obra (PEREIRA; PAULO; MONTEIRO, 2017).

Frente a estes materiais inovadores que surgem no mercado, existem no Brasil as Diretrizes do Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SINAT), que apresentam parâmetros para avaliá-los. No caso das telhas

de PVC, a SINAT direciona para a norma brasileira ABNT NBR 15575 de 2013. No anexo L encontram-se os métodos para avaliar a ação do vento nos sistemas de cobertura.

A NBR 15575 - Parte 5 (ABNT, 2013) prescreve os métodos de avaliação de sistemas de cobertura de edificações habitacionais para que atendam aos requisitos de desempenho, a fim de proporcionar segurança e conforto para o usuário. Quando houver esforço de sucção, não pode ocorrer a ruína, danos ou deformações que prejudiquem a funcionalidade de qualquer componente do sistema de telhado (PITTA, et al., 2005).

Desta forma, objetiva-se analisar a resistência ao arrancamento de telhas em PVC utilizadas em sistemas de cobertura, investigando diversos cenários de ensaio. O trabalho foi motivado pelo fato da telha de PVC ser um material leve, inovador e de a norma ABNT NBR 15575:2013 não esclarecer os locais aplicação da pressão de sucção no ensaio.

2. METODOLOGIA

2.1 Descrição da amostra

As amostras analisadas consistem em telhas plásticas de PVC com espessura de 2 mm, do tipo ondulada, destinadas à composição de sistema de cobertura. A Figura 1 ilustra a tipologia da amostra analisada com dimensões equivalentes a 86 por 230 cm (largura x comprimento).

Figura 1 - Amostra analisada



A face superior, em contato direto com as intempéries, possui camada de *capstock* com espessura de 141,93 µm. A face oposta, não exposta às intempéries, apresenta superfície lisa. Todas as amostras analisadas representam o mesmo lote.

[mm]

2.2 Instalação das amostras

As amostras das telhas foram fixadas em uma estrutura de madeira de eucalipto formada por caibros e ripas, cujas dimensões, respectivamente de 70 x 50 mm e 50 x 50 mm, por meio de parafuso específico para telha de PVC (Figura 2). Cujas disposições e espaçamentos são ilustrados na Figura 3.
A estrutura de madeira foi instalada em um pórtico metálico de ensaio, como apresenta a Figura 5, o qual possibilitou a adoção da inclinação de 20% para a realização do estudo. A amostra de ensaio, que compõem um sistema de cobertura, possuiu a dimensão total 240 cm por 230 cm.
Para a realização dos estudos, contou-se duas tipologias de amostras, sendo uma com três telhas cobrindo todo a área do pórtico metálico, como ilustra a Figura 3. Quanto a segunda tipologia, contou-se com as mesmas três telhas, porém com comprimento de 80 cm, estas cobrindo apenas o vão central entre ripas, a Figura 4 demonstra amostra.

Figura 2 – Parafuso de fixação das telhas de PVC



Figura 3 - Posicionamento dos três exemplares de telhas para as situações 1, 2, 3, 4 e 5

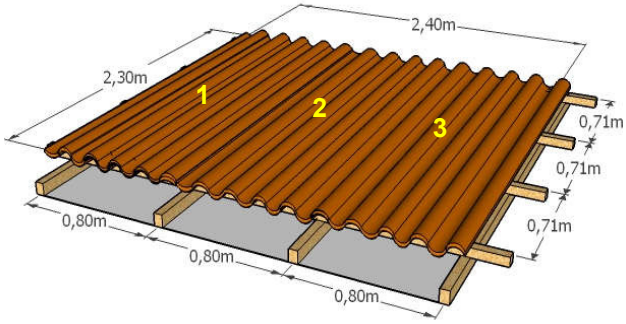


Figura 4 - Posicionamento dos três exemplares de telhas para a situação 6

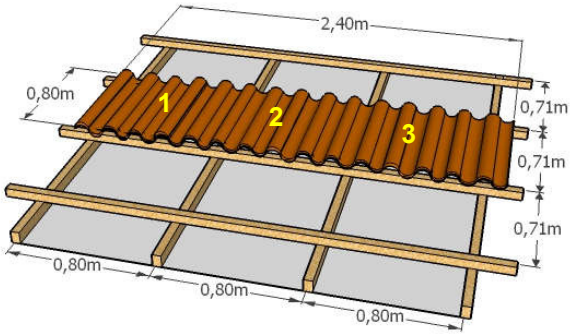


Figura 5 - Estrutura de fixação para as telhas



2.4 Método de ensaio

O método de ensaio dos elementos é regido pela norma ABNT NBR 15575-5:2013, a qual especifica no Anexo L, o procedimento simula as ações geradas pelo vento no telhado de modo a exigi-lo sob pressão negativa, que deve ser realizada com auxílio do método do balão inflável.

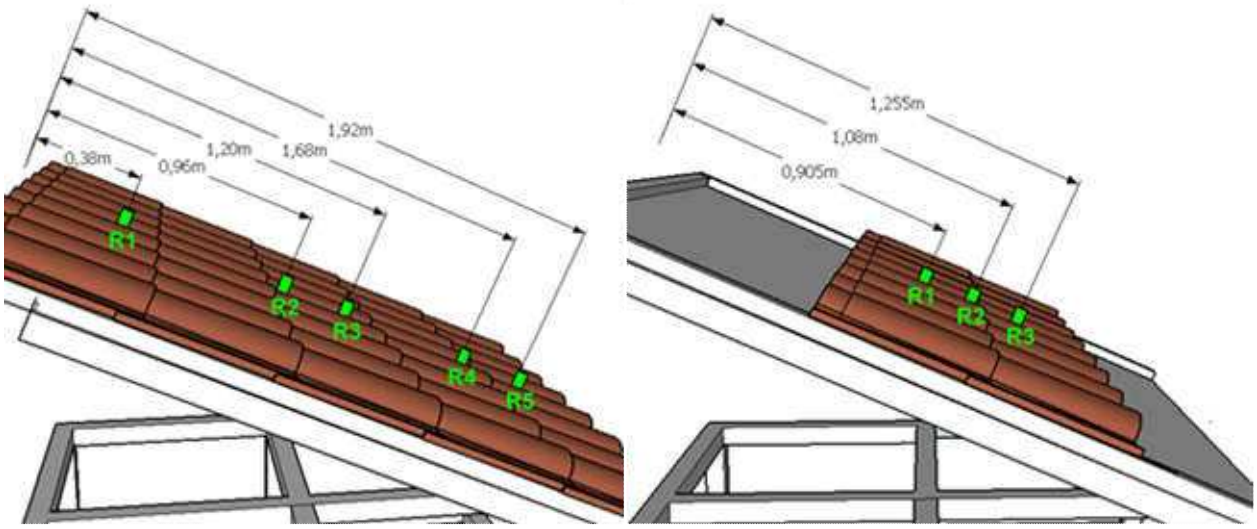
Para simular a pressão do vento, são utilizados balões infláveis responsáveis por solicitar os elementos do sistema de cobertura com diferentes pressões estáticas, os quais são posicionados abaixo das telhas. Os balões são inflados por meio de um compressor e a pressão é controlada por um manômetro. São posicionados relógios comparadores sobre as telhas, responsáveis pela medição dos deslocamentos resultantes da pressão atuante. A Figura 6 apresenta os balões infláveis dispostos sob as telhas de PVC, assim como os relógios comparadores utilizados.

Figura 6 - Instrumentação do ensaio de arrancamento das telhas



A disposições dos relógios são expostos na Figura 7, assim como suas distâncias entre si. No vão da telha central são posicionados 3 relógios comparadores, como apresentado na Figura 7b, a fim de identificar os deslocamentos do elemento quando submetido às cargas.

Figura 7 - Posição dos relógios comparadores nas diferentes situações ensaiadas, (a) amostra com telhas cobrindo todo o pórtico, (b) amostra com telhas que cobrem apenas com o vão central.

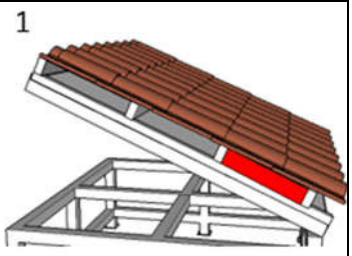
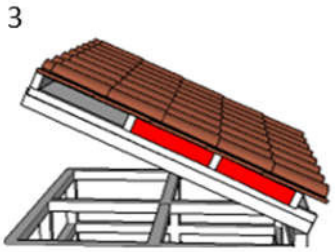
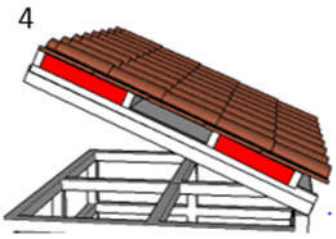
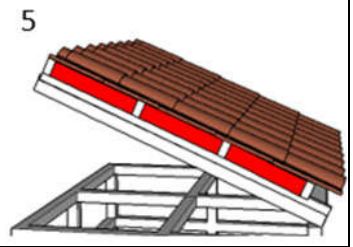
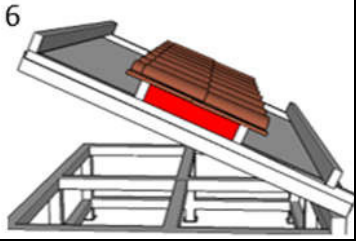


(a) (b)

Para cada pressão de ensaio, devem ser registrados os deslocamentos nas telhas resultantes da aplicação da pressão durante um período de 5 minutos. Após esse registro, 3 min após o desligamento da pressão, verifica-se o deslocamento residual da telha. Em cada pressão de ensaio, deve ser registrado o comportamento do sistema frente a ocorrência de fissura ou ruptura da telha ou se ocorre algum desprendimento das telhas no sistema de fixação.

Realizou-se então, ensaios em seis diferentes situações, como expõem a Tabela 1.

Tabela 1 - Situações de ensaio

Situação	Descrição	
1	Pressão aplicada apenas no balão do vão inferior	
2	Pressão aplicada apenas no balão do vão intermediário	
3	Pressão aplicada nos balões dos vãos inferior e intermediário	
4	Pressão aplicada nos balões dos vãos inferior e superior	
5	Pressão aplicada nos balões em todos os vãos	
6	Pressão aplicada com telha com comprimento de um vão	

3. RESULTADOS

Após os ensaios de cada situação, alcançou-se os respectivos deslocamentos, quando submetidas as amostras à pressão máxima de 2300 Pa, os resultados dos deslocamentos iniciais, instantâneos e residuais são apresentados na Tabela 2, enquanto a Figura 8 ilustra a situação 5 no instante do ensaio quando submetida a pressão máxima de ensaio.

Figura 8 – Condições da amostra submetida a uma pressão de 2300 Pa



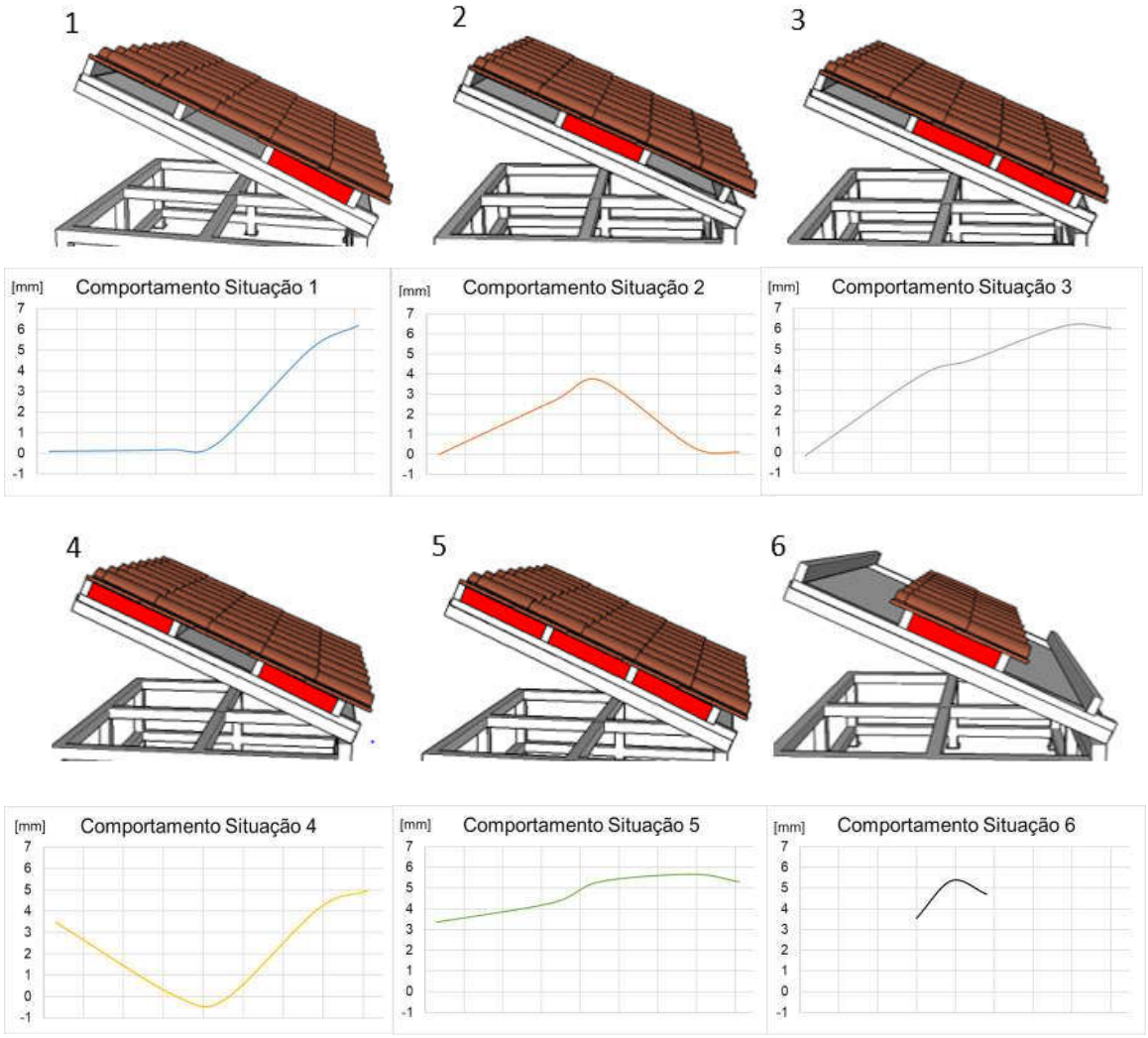
Tabela 2 – Deslocamentos nas seis situações

Situação	Pressão (Pa)	Relógios (Posição)	R1 (sup.) (mm)	R2 (mm)	R3 (mm)	R4 (mm)	R5 (inf.) (mm)
1	2300	d0	0	0	0	0	0
		dh	0,095	0,171	0,4165	5,0515	6,186
		dr	0,05	0,013	0,0705	0,3405	0,444
2	2300	d0	0,049	0,021	0	0	0
		dh	-0,024	2,681	3,6945	0,3535	0,099
		dr	0,017	0,184	0,2055	-0,6	-0,043
3	2300	d0	0,024	0,135	0	0	0
		dh	-0,164	3,786	4,4632	6,1323	6,0351
		dr	0,05	0,194	0,047	0,1485	0,1465
4	2300	d0	0,088	0,207	0	0	0
		dh	3,482	0,031	-0,1805	4,1528	4,9603
		dr	0,215	0,103	-0,0435	0,129	0,129
5	2300	d0	0	0	0		
		dh	3,347	4,296	5,301	5,6625	5,3
		dr	-0,38	0.2070	0,179	0,1565	0,0055
6	2300	d0	0	0	0	-	-
		dh	3,55	5,3585	4,715		
		dr	0,21	0,6635	0,285		

Legenda:
d0: deslocamento inicial
dh: deslocamento instantâneo
dr: deslocamento residual

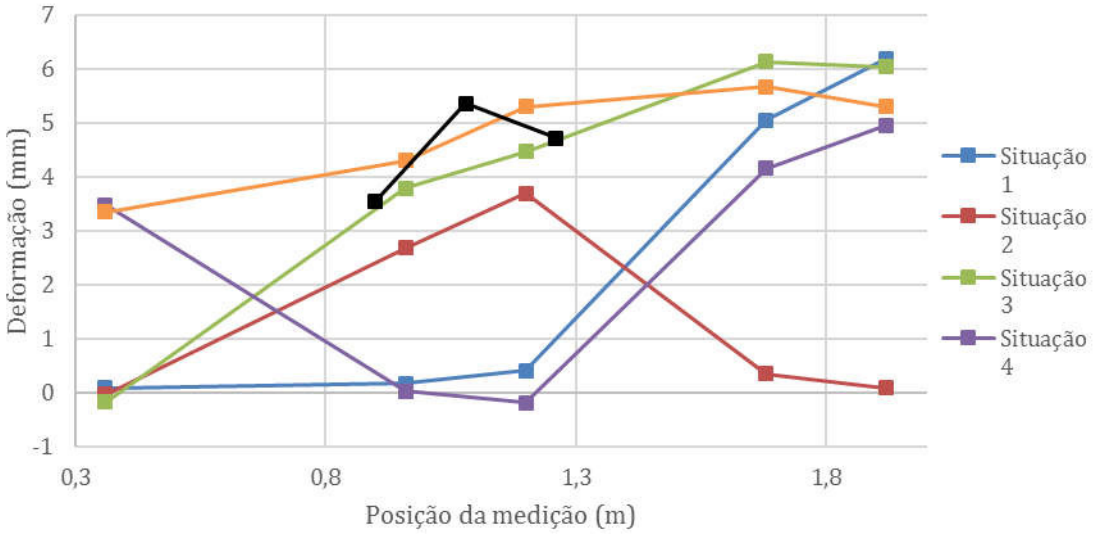
A Figura 9 ilustra o comportamento das deformações do telhado nas diversas situações de aplicação de pressão no instante onde são submetidos à pressão de 2300 Pa.

Figura 9 – Comportamento das deformações em cada situação



A Gráfico 1 representa de maneira comparativa as deformações para as situações ensaiadas, o qual observa-se comportamentos similares, pois como o esperado, o local de incidência da aplicação da pressão manifesta deslocamento máximo para todas as situações analisadas. Destaca-se ainda que o deslocamento máximo excedeu os 6 mm, porém não desenvolvendo quaisquer danos, como fissuras, desprendimentos das fixações e ruptura das partes.

Gráfico 1 - Representação das deformações



4. CONCLUSÃO

Durante o ensaio não foram constatadas quaisquer anomalias, pois o método de fixação utilizado manteve-se íntegro e sem prejudicar o desempenho do sistema. Portanto, destaca-se que o comportamento é satisfatório no ensaio de resistência ao arrancamento de acordo com a norma ABNT NBR 15575-5:2013 para qualquer situação ensaiada.

A situação 6 apresenta um cenário equivalente ao que é ilustrado pela Figura L.2 do anexo L da NBR 15575, podendo seu comportamento assemelhar ao encontrado na situação 2, porém com deslocamento máximo 44% maior quando comparado com a situação 2. Com isto, denota-se que na situação 6 de ensaio o comportamento se dissemelha aos comportamentos das demais situações, onde há um sistema global de telhado.

O deslocamento máximo registrado para a situação 5 é equivalente à situação 6, porém ao analisar globalmente o sistema, a situação 5 responde de maneira correlacionada ao comportamento real de um telhado, quando submetido a uma pressão negativa de vento, em razão de a sucção ocorrer em toda a área e não em apenas um trecho. Entretanto, essa situação não favorece a segurança, pois a situação 3, apesar de possuir apenas um balão exercendo pressão, foi o cenário que apresentou o maior deslocamento de todas as situações analisadas. O que indica um resultado mais seguro e então indicar a situação 3 como adequado quando almeja-se exercer esforço máximo nas telhas. Porém quando se procura o comportamento homogêneo do sistema de cobertura, a situação 5 é recomendada.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecimento especial à Associação Brasileira da Indústria de Telhas de PVC (Abitelha), pela colaboração com a doação de materiais e auxílio na pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações Habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

PITTA, João Alfredo Azzi et al. **Efeitos da Ação do Vento na Cobertura da UHE Sobradinho**. In: Seminário Nacional de Grandes Barragens, 26., 2005, Goiânia. Anais… Rio de Janeiro: Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB), 2005.

MAKOWSKI, D. G. **Ação do vento em coberturas isoladas**. 2004. 112 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TELHAS DE PVC (ABITELHA). **10 vantagens para se utilizar telhas de PVC.** São Paulo, [2017?]. Disponível em: <http://www.abitelha.org.br/vantagens>. Acesso em: 7 nov. 2017.

PEREIRA, Michael C.; PAULO, Andrea Barbosa Delfini de; MONTEIRO, Mara Rúbia Muniz. Telhas em PVC uma questão de sustentabilidade e responsabilidade social. **G&P Revista de Gestão e Práxis**, Salvador, v.2, n.1, p. 28-34 , jan/jun. 2017.

MINISTÉRIO DAS CIDADES (MC). PBQP-H – Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat. SINAT – Sistema Nacional de Avaliação Técnica. **Diretriz SINAT Nº 007**: Revisão 1 – Diretriz para avaliação técnica de telhas plásticas para telhados. Brasília, julho 2014.