

ANÁLISE CRÍTICA E PROPOSIÇÕES DE INOVAÇÃO AO MÉTODO DE ENSAIO DE AÇÃO DE CALOR E CHOQUE TÉRMICO À LUZ DA ABNT NBR 15575 (2013)

LORENZI, Luciani Somensi (1); SILVA FILHO, Luiz Carlos Pinto (2)

- (1) Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, luciani.lorenzi@ufrgs.br;
(2) Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, lcarlos66@gmail.com

Resumo: O momento é de consolidação de práticas e discussões de métodos de avaliação de desempenho de edificações, com especial atenção a ensaios e parâmetros estabelecidos na ABNT NBR 15575 (2013). Muitos ensaios estabelecidos nessa norma já fazem parte do conhecimento do setor da construção civil, porém o ensaio de ação de calor e choque térmico requer uma discussão e atualização. Este trabalho objetiva apresentar uma análise crítica e proposições de avanço ao método de ensaio de ação de calor e choque térmico, que compõe a avaliação de desempenho de durabilidade para sistemas de vedações verticais externos (SVVE). O método de pesquisa utilizado neste trabalho baseou-se na meta-análise de dados do acervo técnico do Laboratório de Ensaios e Modelos Estruturais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LEME/UFRGS). Os resultados evidenciaram a necessidade de alterações no método de ensaio e ajustes nos parâmetros. Diante disso foram elaboradas proposições de inovações ao método de ensaio e ajustes dos parâmetros para o ensaio de ação de calor e choque térmico. A pesquisa concluiu-se que as proposições têm potencial para serem incorporadas à ABNT NBR 15575, promovendo o avanço no método e parâmetro do respectivo ensaio.

Palavras-chave: Ação de calor e choque térmico, avaliação de desempenho de edificação.

Área do Conhecimento: Aspectos Metodológicos de Desempenho Técnico – Características Tecnológicas de Desempenho.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil brasileira encontra-se num período de grandes transformações na área tecnológica. O aumento da incorporação de novos materiais, em especial, às edificações habitacionais, e a ABNT NBR 15575 (2013), NBR 15575, estão promovendo mudanças positivas e significativas no setor. Há um aumento do interesse, por parte do mercado da construção civil, para conhecer o comportamento em uso dos sistemas construtivos nas edificações. Isso proporciona uma demanda por ensaios e análise dos resultados, refletindo em serviços para os laboratórios e instituições de avaliações técnicas da construção civil, bem como na análise das normas envolvidas para os referidos ensaios.

As normas não são absolutas e perfeitas, precisam de atualizações para acompanhar a velocidade das mudanças tecnológicas (BORGES, 2012). Os métodos de avaliação e parâmetros estabelecidos em normas, principalmente na NBR 15575, devem ser ajustados com o tempo (THOMAZ, 2012 e 2013). Em função da pouca experiência nacional em ensaios experimentais de desempenho para caracterizar o comportamento de sistemas construtivos, foram utilizados métodos importados de países com maior volume de pesquisas realizadas no tema. Ressalta-se que, embora o método seja adequado, as condições desses países são distintas da realidade brasileira, onde se destaca a falta de infraestrutura para a realização de ensaios. Esse fato já era alertado por Mitidieri Filho (1998) ao expor que metodologias para avaliação de desempenho foram trazidas de experiências dos países desenvolvidos onde as condições são bem diferentes, originando critérios muito rigorosos para a realidade existente.

A NBR 15575 tem alguns parâmetros que podem estar dissociados da realidade brasileira e que existe a necessidade de ajustes da norma, porém é fundamental começar a implantar a norma, mesmo que para isso sejam utilizados parâmetros limitantes aquém dos mínimos internacionais, (THOMAZ, 2013). Diante desse contexto, várias instituições desenvolveram ou adaptaram procedimentos de ensaio para avaliação de desempenho, especificamente o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e alguns laboratórios de universidades. Essa atitude é incentivada por Thomaz (2013) e Borges (2013) quando expressam que há muito a ser melhorado nos requisitos, critérios, métodos de avaliação e parâmetros estabelecidos na NBR 15575, visto que muitos sistemas não estão contemplados.

Uma análise crítica dos ensaios para avaliação do desempenho de edificações, tendo como base a NBR 15575, concluiu que ensaios da área de segurança quanto ao desempenho estrutural possuem um histórico consistente, mas precisam de aprimoramento. Os demais ensaios de desempenho quanto a segurança, desempenho contra incêndio e de uso e operação se encontram numa fase de maturação aonde começam a ter o destaque merecido. Os ensaios relativos à área de habitabilidade, os ensaios de desempenho acústico e de estanqueidade à água, são realizados em maior número e possuem um histórico importante para avaliação de desempenho de edificações. Quanto aos demais ensaios de desempenho de edificações, estabelecidos na NBR 15575, não existe um histórico significativo que se destaque, principalmente, quando utilizados para avaliar os elementos que compõem os sistemas construtivos, (LORENZI, 2013).

Em vista a aproveitar a experiência acumulada ao longo dos últimos anos do LEME/UFRGS (Laboratório de Ensaios e Modelos Estruturais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul) para os ensaios de desempenho de edificações, este trabalho faz uma avaliação do ensaio de ação de calor e choque térmico para SVVE quanto ao procedimento e parâmetros, tendo como finalidade identificar possíveis ajustes e inovações ao mesmo. Dessa forma, é explorada a hipótese de o ensaio de ação de calor e choque térmico com a incorporação de avanços nos procedimentos permite resultados mais precisos do comportamento em uso das edificações e que parâmetros de aceitabilidade ajustados a composição dos SVVE propiciam uma avaliação mais coerente e justa dos sistemas.

Tendo por base o exposto foi estabelecido como objetivo principal deste trabalho realizar uma análise crítica do ensaio de ação de calor e choque térmico, estabelecido e recomendado na NBR 15575 para SVVE para avaliar o comportamento quanto a durabilidade durante a vida útil, e apresentar proposições de avanço ao procedimento e parâmetros de aceitabilidade.

2 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE EDIFICAÇÕES

A mudança de cultura da cadeia da construção civil em utilizar métodos de avaliação, mais precisamente ensaios para caracterizar o comportamento dos sistemas construtivos pode ocorrer em dois momentos distintos: o primeiro diz respeito à utilização de ensaios em edificações prontas para solucionar situações de conflito entre incorporador/construtor e usuário e o segundo quando da utilização de ensaios para caracterizar o comportamento em uso dos sistemas construtivos que são e/ou serão aplicados nas edificações, (BORGES, 2013). A experiência europeia na área indica que a cultura do conceito de desempenho de edificações provoca a prática da realização de ensaios e que esse cenário é projetado para o Brasil nos próximos anos, tendo como consequência o aumento da demanda por ensaios. Entretanto, podem ocorrer atrasos significativos nesse cenário em decorrência da limitação da capacidade laboratorial instalada no país, (LORENZI, 2013).

A avaliação de desempenho de um sistema construtivo visa identificar se o sistema pode ser usado para produzir edifícios e se são capazes de atender as exigências de desempenho. Isso só é possível quando se trabalha com uma equipe multidisciplinar e de experiência na área e se tem disponível uma infraestrutura para tal. Esse conjunto viabiliza, quando necessário, ajustar ou criar novos padrões de desempenho para os sistemas construtivos, (BECKER, 2001). Outro aspecto a ter destaque diz respeito a métodos e procedimentos padronizados que permitam a reprodutibilidade e a verificação quanto ao atendimento dos requisitos de desempenho de edificações. Isso é extremamente relevante quando se trata da análise da viabilidade da utilização de um sistema, (MITIDIERI FILHO, 2007).

2.1 Ensaio de Ação de Calor e Choque Térmico

O ensaio de ação de calor e choque térmico é apresentado NBR 15575-4, sistemas de vedações verticais internas e externas (SVVIE) de edificações habitacionais, para avaliar o requisito de durabilidade. O objetivo desse ensaio é analisar o comportamento do SVVE quanto a danos ao ser submetido a ciclos sucessivos de aquecimento por fonte de calor e resfriamento por jatos de água. A ideia é simular o estresse que as edificações sofrem durante sua vida útil por meio da variação de temperatura e umidade associada à ação das chuvas sobre o elemento (parede) aquecido.

O ensaio de ação de calor e choque térmico é um dos ensaios acelerados de envelhecimentos utilizados para avaliar o potencial comportamento do SVVE em uso. O ensaio promove o aumento da frequência da ocorrência de agentes que induzem a deterioração. Nesse caso o agente deteriorante é a variação brusca de temperatura na superfície do elemento, quando há o choque térmico. Essa situação acontece quando, após um dia com sol, a fachada da edificação é atingida por uma chuva repentina, (FONTENELLE, 2012).

Um dos aspectos importantes para o estudo da durabilidade de fachadas é seu comportamento frente a ciclos de aquecimento e resfriamentos bruscos. A diferença de temperatura entre a superfície e seu interior pode provocar tensões de elevada magnitude, deteriorando sistemas de fachadas, em particular os sistemas leves (com pequena inércia térmica) e aqueles compostos de várias camadas, com elementos não homogêneos, (OLIVEIRA, FONTENELLE & METIDIÉRI FILHO, 2014). Quando a variação de temperatura é repentina a taxa de carregamento no elemento é alta, porém a propagação das deformações de origem térmica no elemento depende da velocidade de resposta do mesmo, até atingir o equilíbrio, (ESQUIVEL, 2009).

O ensaio de ação de calor e choque térmico estabelecido na NBR 15575-4 consiste em aplicar dez ciclos sucessivos de aquecimento e resfriamento para cada corpo de prova representativo do SVVE. A superfície exposta à ação do calor deve ficar com temperaturas entre $(80^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C})$, durante uma hora. Após esse período, é realizada a aspersão de água na superfície aquecida até se atingir temperaturas na faixa de $20^{\circ}\text{C} (\pm 5^{\circ}\text{C})$. O procedimento de ensaio requer um corpo de prova com extensão variável (largura) de $1,20\text{ m} \pm 0,20\text{ m}$ e altura do pé-direito. O corpo de prova é colocado em um dispositivo de fixação que deixa o elemento simplesmente apoiado no bordo inferior e superior.

As recomendações da NBR 15575 quanto à avaliação do desempenho do SVVE levam em consideração a degradação causada pelo choque térmico, como: fissuras, falhas, descolamento, empoamento, deterioração, entre outros, decorrentes da dilatação térmica, retração e expansão. Também é considerado nessa avaliação o parâmetro de deslocamento horizontal máximo ($h/300$), onde h é a altura do elemento. Para medir o deslocamento horizontal do elemento é posicionado no centro do elemento, na face oposta a aquecida e resfriada, um defletômetro.

Entre a norma nacional e internacional, referente ao choque térmico em SVVE, constatou-se que há divergências quanto a categorias e parâmetros, por exemplo, a temperatura de aquecimento para a superfície exposta do SVVE recomendada pela NBR 15575-4 difere da diretiva ETAG 0004 (2008) que estabelece uma temperatura de $70^{\circ}\text{C} (\pm 5^{\circ}\text{C})$ e das normas ISO 8336 (2009) e ASTM C1185-8 (2012) que estabelecem a temperatura de $60^{\circ}\text{C} (\pm 5^{\circ}\text{C})$. Essas por sua vez, foram desenvolvidas para materiais específicos. Outro ponto divergente é quanto à medição das temperaturas na superfície. Na norma nacional (NBR 15575) a medição é realizada por termopares acoplados diretamente na superfície do corpo de prova e na norma americana (ASTM C1185-8) os termopares são fixados em pequenas placas metálicas pintadas de preto, onde as placas são fixadas na superfície do corpo de prova, (OLIVEIRA, FONTENELLE & METIDIÉRI FILHO, 2014). A Tabela 1 resume as diferenças de parâmetros adotados nos métodos de ensaios de normas estrangeiras e brasileiras com relação a alguns desses aspectos anteriormente explicitados.

A análise dos ensaios de desempenho de edificações estabelecidos na NBR 15575 realizado por Lorenzi (2013) originou um mapeamento com “ensaios x edificações x critérios de análise interpretativa” servindo de base para identificar os ensaios a serem analisados criticamente em relação à interpretação quanto aos procedimentos, equipamentos e parâmetros. O resultado do mapeamento identificou que um dos ensaios que precisa ser aprimorado é o ensaio de ação de calor e choque térmico. Em estudo realizado por Oliveira, Fontenelle e Mitidiéri Filho (2014) foram propostas melhorias para o ensaio de ação de calor e choque térmico para SVVE constituído de elementos leves ($\leq 60\text{ kg/m}^2$) considerando novos parâmetros, procedimentos ou condições para a realização do ensaio. A Tabela 2 apresenta um resumo das proposições de avanço ao ensaio de ação de calor e choque térmicos.

Um dos pontos importantes a ser incorporado ao ensaio é quanto a fixação do corpo de prova para a realização do ensaio em ambiente de laboratório. A contenção do corpo de prova deve restringir a expansão ou a contração do corpo de prova no sentido do comprimento, permitir a livre movimentação vertical e permitir o deslocamento transversal, ou seja, não oferecer nenhuma restrição à formação da flecha, decorrente do gradiente de temperatura na seção da parede. Essas considerações estão direcionadas para os sistemas que podem apresentar deslocamentos significativos em razão de variações dimensionais por efeito de temperatura e umidade é indicado fazer as contenções, (FONTENELLE E METIDIÉRI FILHO, 2016)

O ensaio não tem um resultado único para todos os sistemas construtivos. A resposta do elemento ao choque térmico é condicionada às suas condições de contorno. Se houver restrições externas à livre deformação do sólido, o estado de tensões é agravado; e se a exposição ao fluxo de calor é simétrica em toda a superfície do sólido, a transferência de calor ocorrerá até se atingir o equilíbrio térmico, isto é, a temperatura será a mesma em todo o sólido, (ESQUIVEL, 2009).

Tabela 1 - Diferenças de parâmetros adotados entre os métodos de ensaios de normas estrangeiras e brasileira

Categoria	Parâmetros	Detalhamento dos parâmetros		
		NBR 15575-4 (ABNT, 2013b)	C1185-8 (AMERICAN..., 2012) e ISO 8336 (INTERNATIONAL..., 2009)	ETAG 004(EUROPEAN..., 2008)
Aquecimento	Método de medição da temperatura do ensaio	Medição direta, feita por meio de termopares posicionados sobre a superfície aquecida do corpo de prova	Medição indireta – medida em corpo de prova de referência/placa metálica preta	Medição direta, feita por meio de termopares posicionados sobre a superfície aquecida do corpo de prova
	Tempo para atingir a temperatura de aquecimento máxima	Não estabelecido	Não estabelecido	1 h
	Temperatura máxima do ensaio	(80 ± 3) °C	(60 ± 5) °C	(70 ± 5) °C
	Tempo de permanência na fase aquecida	1 h	2 h 55 min.	2 h
	Variação admitida da temperatura entre centro e bordas do corpo de prova	± 3 °C	Não estabelecido	Não estabelecido
Resfriamento com água	Temperatura da água	Indefinida, porém até atingir a temperatura superficial do corpo de prova (20 ± 5) °C	≤ 30 °C	(15 ± 5) °C
	Quantidade de água	Indefinida	3,79 L/min.	≥ 1,0 L/m ² min, o que equivale a aproximadamente 6L/min
	Tempo de aspersão	Indefinido, mas até atingir a temperatura superficial de (20 ± 5) °C	2 h 55 min.	1 h
	Distribuição sobre a superfície	Uniforme	Uniforme	Uniforme
	Temperatura após resfriamento do corpo de prova	(20 ± 5) °C	Não estabelecido	Não estabelecido
Ciclos	Tempo de cada ciclo	Aproximadamente 6 h, porém depende da composição da parede	6 h	6 h
	Quantidade de ciclos	10	25	80
	Intervalo entre ciclos	Não estabelecido	5 min.	2 h
Corpos de prova	Dimensão	≥ 3,0 m ² (1,2 m x 2,5 m)	≥ 3,5 m ²	≥ 6,0 m ²
	Restrição de movimentação das bordas	Sem restrição	Com restrição	Sem restrição
	Cor da superfície	Não estabelecido	Não estabelecido, pois a medição da temperatura máxima de ensaio é feita sobre placa de referência, portanto a cor da superfície do corpo de prova não influi no ensaio.	Não estabelecido

Fonte: OLIVEIRA, FONTENELLE & METIDIARI FILHO (2014)

Tabela 2 - Proposições de avanço para o ensaio de ação de calor e choque térmico

Categoria	LORENZI (2013)	(OLIVEIRA, FONTENELLE & MITIDIERI FILHO, 2014)
Aquecimento	-	(80 ± 3)°C SVVE condições usuais (60 ± 3)°C SVVE condições especiais
	Tempo variável de acordo com a composição do SVVE	Tempo mínimo de 1h para o SVVE atingir a temperatura máxima
	-	Aumento de exposição de 1h para 2h de aquecimento
	Toda a área do corpo de prova deve ser exposta ao calor	Identificar distorções entre o centro e as bordas do corpo de prova
	Temperatura homogênea no corpo de prova	Controle de W/m²
Resfriamento com água	Manter a água resfriada na temperatura (20 ± 5)°C	Controlar a temperatura da água de resfriamento
	Tempo de resfriamento, aspersão e velocidade com que ocorre a variação de temperatura.	Tempo de aspersão, resfriamento e velocidade em que a variação de temperatura ocorre
	Água de resfriamento em temperatura constante	Forma de medição
	Aspersão de jatos de água constante e uniforme para atingir o corpo de prova, controlando a pressão da água	Distribuição superficial
	Reúso da água do ensaio	-
Ciclos	Ciclos sucessivos sem intervalo	Tempo entre ciclos para estabilização entre aquecimento e resfriamento
Corpo de Prova	Largura mínima 1,0 m a 1,40m	Largura mínima 2,40m
	Altura 2,50 m	Altura 2,50 m
	Com todos os detalhes do SVVE	Com todos os detalhes do SVVE
	Restrição lateral	Vinculação lateral
	Apoiado no inferior e restringido no superior	Apoiado no inferior e articulado no topo
	-	Cor da face externa: absorvância ≥ 0,5 para atingir 80°C em menor tempo
Equipamento do painel radiante e aspersão de água	Radiação por resistências elétricas	Radiação lâmpadas ou resistências elétricas
	Área do painel radiante = área do corpo de prova	-
	Possibilidade de inspeção a cada ciclo	-
Parâmetro de deslocamento horizontal	Diminuir em 50% o limite para o deslocamento horizontal	-
	Acrescentar o deslocamento horizontal residual (d_{hr})	-
Ensaio de Estanqueidade à água da chuva	Antes e depois do ensaio de ação de calor e choque térmico	Antes e depois do ensaio de ação de calor e choque térmico

3 MÉTODO

A estratégia experimental foi realizada com base nas proposições de avanço recomendadas por Lorenzi (2013). Os ensaios foram realizados no LEME/UFRGS no período de 2014 a 2016. Foram ensaiados 12 corpos de prova (sistema construtivos convencionais e inovadores, leves e pesados, rígidos e flexíveis) totalizando 280 ciclos, onde 220 ciclos são correspondente a 11 corpos de prova e 60 ciclos a 2 corpos de prova. A estratégia experimental buscou atender a demanda básica do trabalho: analisar criticamente as proposições de avanço para melhoria dos resultados dos ensaios. As proposições de avanço incorporadas foram:

- Tempo de aquecimento de acordo com o sistema construtivo.
- Manter a água em reservatório a (20 ± 5)°C.
- Tempo de resfriamento de acordo com o sistema construtivo.
- Água para resfriamento sempre com a temperatura no intervalo (20 ± 5)°C.
- Aspersão de água uniforme (3 litros/m²/min.), constante e com pressão sem interferência no sistema construtivo.
- Reúso da água do ensaio.
- Ciclos sucessivos, sem intervalo.
- Inspeção visual a cada ciclo.
- Largura do corpo de prova 1,20 m.

- Altura do corpo de prova 2,50 m.
- Radiação por resistências elétricas.
- Aplicação do ensaio de estanqueidade à água da chuva antes e depois do ensaio de choque térmico.

As proposições foram analisadas de acordo com os seguintes critérios para o procedimento: **aplicabilidade**: este critério diz respeito à aplicação do ensaio quanto a dimensões mínimas do corpo de prova, posição do corpo de prova e local correto da aplicação do ensaio, e, também, quanto a informação da posição exata da instrumentação no corpo de prova ou protótipo; **exequibilidade**: este critério diz respeito a execução do ensaio, possibilidade de reprodução das proposições; **fidedignidade e representabilidade dos resultados**: este critério tem como preceito reconhecer que as proposições reproduzem da melhor forma a situação real ao qual estão sujeitos os sistemas; **adequabilidade**: este critério está associado à adequação do método do ensaio a distintos sistemas construtivos.

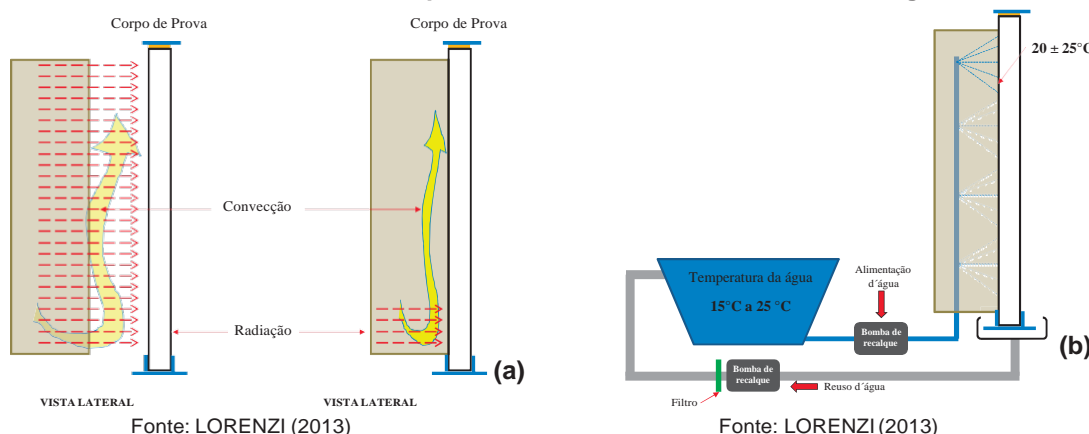
4 RESULTADOS

Com a radiação apenas na parte inferior a convecção do ar ajudou a homogeneizar as temperaturas no corpo de prova, (Figura 1a). Destaca-se que em função das distintas composições dos SVVE e espessuras do corpo de prova o aquecimento e resfriamento tem respostas diferentes para atingir a temperatura de superfície ($80^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$) e a temperatura do choque térmico ($25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$), sendo necessário o ajuste da fonte de calor. Os jatos d'água foram padronizados para proporcionar uma simulação de chuva intensa, constante e uniforme, e tiveram uma pressão que não exerceu a influência no deslocamento horizontal (d_h) no corpo de prova. A água utilizada foi mantida em temperatura controlada ($15^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$). A temperatura controlada da água permitiu que os jatos d'água tenham sempre a mesma temperatura ao atingir a superfície aquecida, fazendo com que a temperatura da superfície aquecida abaixe mais rapidamente para ($20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$).

O reúso da água utilizada para o resfriamento do corpo de prova foi importante para a economia do ensaio. Cada ensaio foi composto por 10 ciclos de aquecimento e resfriamento, tendo como estimativa um consumo de 300 litros de água/ciclo/corpo de prova, (1,20±0,20)m de largura para 2,50m de altura - totalizando 3.000 litros por ensaio. A Figura 1(b) apresenta o esquema do fluxo da água para o resfriamento do corpo de prova utilizando bomba de recalque e filtro (este para evitar o entupimento dos bicos de aspersão d'água). Os resultados estão compilados em uma matriz que possibilita entender como cada proposição de avanço ao ensaio de ação de calor e choque térmico foi incorporada e se atendeu as expectativas, conforme é apresentado na Tabela 3.

A inspeção visual nem sempre é suficiente para uma avaliação precisa quanto à degradação sofrida pelo corpo de prova. Os ensaios de ação de calor e choque térmico foram precedidos do ensaio de estanqueidade à água da chuva. Após a finalização dos 10 ciclos foi realizado novamente o ensaio de estanqueidade. O ensaio de estanqueidade à água a chuva seguiu o estabelecido na NBR 15575-4 (2103). Identificou-se ainda a necessidade de ajustes e inovações no procedimento que promovam a reprodutibilidade das condições de exposição a fim de permitir proporcionar resultados mais fidedignos com o real comportamento em uso dos sistemas. A Tabela 4 apresenta novas proposições para o ensaio de ação de calor e choque térmico

Figura 1: (a) Exemplo de radiação e convecção para ação de calor e choque térmico em SVVE e (b) Desenho esquemático do resfriamento e reúso da água.



Fonte: LORENZI (2013)

Fonte: LORENZI (2013)

Tabela 3 - Resultado da incorporação das proposições para melhoria do ensaio de ação de calor e choque térmico, (1*, 2* e 3* - Novas proposições de avanço ao ensaio).

Categoria	Proposições	Aplicabilidade	Exequibilidade	Fidedignidade e representabilidade dos resultados	Adequabilidade
Aquecimento	Tempo de aquecimento de acordo com o sistema construtivo	ok	ok	1*	1*
Resfriamento	Manter a água em reservatório a $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$.	ok	ok	ok	ok
	Tempo de resfriamento de acordo com o sistema construtivo	ok	ok	2*	2*
	Água para resfriamento sempre com a temperatura no intervalo $(15 \pm 5)^\circ\text{C}$	ok	ok	ok	ok
	Aspersão de água uniforme (3litros/m ² /min.) constante e com pressão sem interferência no sistema construtivo	ok	ok	ok	ok
	Reúso da água do ensaio	ok	ok	ok	ok
Ciclos	Ciclos sucessivos, sem intervalo	ok	ok	ok	ok
	Inspeção visual a cada ciclo	3*	3*	3*	3*
Corpo de prova	Largura do corpo de prova 1,20 m	ok	ok	ok	ok
	Altura do corpo de prova 2,50 m	ok	ok	ok	ok
Equipamento	Radiação por resistências elétricas	ok	ok	ok	ok
Estanqueidade	Aplicação do ensaio de estanqueidade à água da chuva antes e depois do ensaio de choque térmico	ok	ok	ok	ok

Tabela 4 - Novas proposições de avanço ao ensaio de ação de calor e choque térmico

ENSAIO	NOVAS PROPOSIÇÕES
Corpo de Prova	Restringir a parte superior - representar fielmente o sistema construtivo em uso.
Aquecimento	Tempo de aquecimento 15 – 20 min SVVE leve e flexível Tempo de aquecimento 35 – 40 min SVVE pesado e rígido
Resfriamento a água	Manter a água resfriada na temperatura $(15 \pm 5)^\circ\text{C}$
	Tempo de resfriamento 3min SVVE leve e flexível Tempo de resfriamento 6 min SVVE pesado e rígido
Ciclos	Manter ciclos sucessivos
Equipamento do painel radiante e aspersão de água	Radiação com resistências elétricas e lâmpadas ultravioleta UVA

5 CONCLUSÕES

A consolidação do conceito de desempenho, o estabelecimento de requisitos claros, objetivos e bem definidos e a incorporação de ensaios para o conhecimento do potencial desempenho de sistemas são exemplos de uma verdadeira revolução no setor da construção civil, que impacta diretamente na concepção de edificações. Os ensaios de desempenho de edificações se constituem em um meio rápido, preciso e confiável de prever o potencial comportamento em uso de SVVE e é relevante sua importância para a avaliação de desempenho de edificações. A realização e os resultados obtidos possibilitaram compreender melhor o que esperar como resultado em relação ao comportamento em uso de sistemas construtivos, inovadores ou não, submetidos a temperaturas ambientais extremas e resfriamento brusco com água.

Constatou-se, como esperado, que em virtude do ensaio não possuir um histórico consistente de utilização e de disseminação de resultados, é bastante impreciso na descrição do procedimento de ensaio e no detalhamento do equipamento. Embora não se tenha feito proposições quanto à inspeção visual e ao número de ciclos, observou-se a necessidade de ter critérios e parâmetros, para uma avaliação objetiva, evitando a

subjetividade da inspeção visual. Em relação às proposições de avanço no método do ensaio de ação de calor e choque térmico foi possível comprovar que são pertinentes e contribuem significativamente para uma melhor estimativa de comportamento em uso do SVVE, inovador ou não. As proposições apresentadas neste trabalho serão discutidas com outras instituições, principalmente integrantes da rede INOVATEC e da atual SIBRATEC. Conclui-se que as proposições estudadas têm potencial para serem incorporadas ao procedimento do ensaio de ação de calor e choque térmico, promovendo um resultado mais próximo da situação real.

6 REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM C 1185-8: standard test methods for sampling and testing non-asbestos fiber-cement flat sheet, roofing and siding shingles, and clapboards. Philadelphia, 2012
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15575: Edifícios Habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2013.
- _____. NBR 15575: edifícios habitacionais – desempenho – parte 2: requisitos para os sistemas de estruturais. Rio de Janeiro, 2013.
- _____. NBR 15575: edifícios habitacionais – desempenho – parte 4: requisitos para os sistemas de vedação verticais Internas e Externas – SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.
- BECKER, R. An Integrated Approach to the Development of Performance Test Methods and their Application to Evaluation and Design. The RILEM Journal Materials and Structures, 2001, Vol. 34, pp. 467 – 474.
- BORGES C. A. Desempenho Revisado. Revista Técnica, 2012, Edição 192, pp. 42 – 49.
- BORGES C. A. Norma de Desempenho entra em vigor. Disponível em: <<http://www.secovi.com.br/noticias/norma-de-desempenho-entra-em-vigor/5957>>. Acesso em: 31/01/2013.
- ESQUIVEL, T. J. F. Avaliação da Influência do Choque Térmico na Aderência dos Revestimentos de Argamassa. São Paulo, 2009. 262 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS. ETAG 004: Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems With Rendering. Brussels, 2008. Disponível em: <http://www.ue.itb.pl/files/ue/etag/etag_004.pdf>. Acesso em: 16 mai. 2017.
- FONTENELLE, J. H. Sistema de Fixação e Juntas em Vedações Verticais Constituídas Por Placas Cimentícias: estado da arte, desenvolvimento de um sistema e avaliação experimental. São Paulo, 2012. 219 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- FONTENELLE, J. H.; MITIDIERI FILHO, C. V.. Condições de contorno lateral dos corpos de prova submetidos ao ensaio de ação de calor e choque térmico. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. Anais... São Paulo: ANTAC, 2016
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 8336: fibre-cement flat sheets. Geneva, 2009.
- LORENZI, L., S. Análise Crítica e Proposições de Avanço nas Metodologias de Ensaio Experimentais de Desempenho à Luz da ABNT NBR 15575 (2013) para Edificações Habitacionais de Interesse Social Terreas. 222f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013, Porto Alegre: Brasil.
- MITIDIERI FILHO, C. V. Avaliação de desempenho de componentes e elementos construtivos inovadores destinados a habitações: proposições específicas à avaliação do desempenho estrutural. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1998, São Paulo: Brasil.
- MITIDIERI FILHO, C. V. Qualidade e Desempenho na Construção Civil. In: ISAIAS, G. C. (Org.). Materiais de Construção Civil e os Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais. 2007, v.1, pp. 37 – 73, 2007.
- OLIVEIRA, L. A.; FONTENELLE, J. H.; MITIDIERI FILHO, C. V. . Durabilidade de fachadas: método de ensaio para verificação da resistência à ação de calor e choque térmico. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 53-67, out./dez. 2014.
- THOMAZ, E. Tendências de Materiais, Tecnologias e Processos de Construção de Edifícios. In: Seminário: Tecnologia, Desempenho e Sustentabilidade na Construção Civil, 2012, Manaus: Instituto PINI Educação Profissional para Construção Civil, 2012. Disponível em: <<http://pinieventos.pini.com.br/seminarios/seminario-manaus/o-evento-244443-1.asp>>. Acesso em: 02/04/2013.
- THOMAZ, E.O que é preciso fazer para atender a norma quanto ao desempenho de pisos. In: Seminário: Projeto, Especificações e Controle de Execução para Atender a Norma de Desempenho, São Paulo: SECOVI, 2013.