

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**JOSIANE MANINI DA SILVA**

**IMPACTO DA CONFIGURAÇÃO DO PEITORIL NA  
EXPOSIÇÃO DE FACHADAS FRENTE À CHUVA  
DIRIGIDA**

Porto Alegre  
janeiro 2020

**JOSIANE MANINI DA SILVA**

**IMPACTO DA CONFIGURAÇÃO DO PEITORIL NA  
EXPOSIÇÃO DE FACHADAS FRENTE À CHUVA  
DIRIGIDA**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

**Orientadoras:  
Angela Borges Masuero  
Laís Zucchetti**

Porto Alegre  
janeiro 2020

**JOSIANE MANINI DA SILVA**

**IMPACTO DA CONFIGURAÇÃO DO PEITORIL NA  
EXPOSIÇÃO DE FACHADAS FRENTE À CHUVA  
DIRIGIDA**

Este Trabalho de Conclusão foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do  
título de ENGENHEIRO CIVIL

Porto Alegre, janeiro de 2020.

Prof.<sup>a</sup> Angela Borges Masuero  
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande  
do Sul  
Orientadora

Prof.<sup>a</sup> Laís Zucchetti  
Dra. pela Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul  
Orientadora

**BANCA EXAMINADORA**

**Caroline Giordani**  
Msc. pela Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul

**Rafaela Falcão Socoloski**  
Msc. pela Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul

## RESUMO

O presente trabalho buscou avaliar, de forma experimental, como diferentes configurações de peitoris influenciam na exposição das superfícies de modelos de fachada com esquadrias frente à chuva dirigida. Com a pretensão de encontrar um projeto de peitoril que possa diminuir o surgimento de manifestações patológicas na fachada, deixando a superfície mais protegida, buscou-se identificar a influência do molhamento nas proximidades das esquadrias.

Para avaliar o comportamento do fluxo de água sobre a fachada, foram desenvolvidos projetos de quatro diferentes modelos de peitoril, mantendo fixas as características de engaste lateral de 100mm, projeção frontal de 50mm, inclinação de 12% e lacrimal na parte inferior do elemento, sendo produzido em rocha do tipo granito. Os ensaios foram realizados a partir da emissão da chuva dirigida – simulação do conjunto água e vento - sobre os protótipos de paredes com uma janela e peitoril, possibilitando a quantificação de áreas molhadas e testando novas configurações de elementos de fachada. A metodologia de análise levou em consideração a coleta de água durante quatro ciclos de 15 minutos de ensaio de chuva dirigida, o dimensionamento da área protegida da parede por meio de registros fotográficos, a medição da temperatura superficial das paredes com o uso de uma câmera termográfica e a observação do fluxo de escoamento da água através da demarcação na parede pela chuva colorida.

Ao analisar os resultados do trabalho, entende-se que o modelo que coleta a menor quantidade de água e apresenta a maior área protegida tem como característica o maior afastamento da água do entorno da esquadria, o que pode proteger melhor a superfície das paredes. O peitoril referência (elemento de rocha do tipo granito sem cortes ou elementos sobrepostos), que é a base dos demais modelos, e o peitoril P2 (elemento com corte de indução da água para o centro da janela) desenvolveram resultados muito parecidos, quanto à medição de área protegida e a quantificação de água coletada, apresentando resultados considerados intermediários entre os demais modelos. Nas considerações dos ensaios com o peitoril P3 (elemento com corte de indução da água para as laterais da janela) obteve resultados como a menor quantidade de água coletada e maior área protegida, ao longo de boa parte do ensaio de chuva dirigida, porém sobrecarregando as laterais da parede com água de escoamento. O peitoril P4 (peitoril que recebe um elemento de indução da água para o centro da parede) apresentou a maior quantidade de água coletada nos ensaios, mas com distribuição mais gradativa de água entre as bombonas.

## 1 INTRODUÇÃO

É notória a quantidade de manifestações patológicas que ocorrem cada vez mais prematuramente nas construções, trazendo aos usuários não somente problemas estéticos, mas também técnicos, de difícil e dispendiosa resolução. A Norma de Desempenho NBR 15.575-4 (ABNT, 2013) classifica os revestimentos de fachada como sendo itens duráveis, porém com necessidade de manutenção periódica, os quais se enquadram como sendo de médio a alto custo de manutenção ou reparo. Desta maneira, estudos que contribuam com a fase de projetos são de extrema importância.

Melo Junior (2010) cita que a deterioração das características da fachada do edifício e sua durabilidade são muito afetadas pelos elementos climáticos como a precipitação, a radiação solar, a umidade relativa e a temperatura. Segundo Choi (1999), as manifestações patológicas causadas pela água da chuva são um dos principais problemas de manutenção das edificações. Alguns trabalhos demonstram que a precipitação, ao atuar isoladamente, teria um sentido vertical; entretanto, seu comportamento natural não é isolado, sendo que a chuva atua com o vento, o qual intrinsecamente possui uma direção horizontal, e tem como consequência atingir as edificações de forma desigual (GIONGO; PADARATZ; LAMBERTS, 2011; SILVA; GIRALT, 1995).

A fachada está exposta à deposição de partículas atmosféricas, as quais, adicionadas à incidência de chuva, causam o manchamento do revestimento externo (ROBINSON; BAKER, 1975; VALEJO, 1990; POYASTRO, 2011; MELO JUNIOR; CARASEK, 2011). De acordo com Petrucci (2000), o manchamento do envelope da edificação resulta da aderência de partículas no revestimento de fachada, caracterizando, desta forma, um tipo de manifestação patológica das construções. O autor ainda evidencia que a orientação da fachada e a exposição ao conjunto vento e água caracterizam a incidência da chuva dirigida e da contaminação, sendo que os elementos que recebem a chuva diretamente são fatores de importante decisão de projeto, já que podem atuar protegendo superfícies próximas ao seu entorno.

A Norma de Desempenho NBR 15.575-4 (ABNT, 2013) ainda cita que deve-se prever a estanqueidade às águas e umidades provenientes de fontes externas, tomando medidas como a inserção de detalhes construtivos para as interfaces e juntas entre componentes, os quais possam promover a dissipação ou afastamento do fluxo de água das superfícies da fachada. Segundo Moch (2009) muitas manifestações patológicas que ocorrem nas edificações localizam-se na interface entre a alvenaria e as esquadrias, apresentando um percentual de 24% das ocorrências em edificações referentes ao manchamento e também a entrada de umidade para o interior da edificação. Neste mesmo sentido, Melo Junior e Carasek (2011) demonstram que o umedecimento das fachadas

é mais concentrado em regiões próximas aos peitoris de janela, o que pode causar o manchamento do tipo escorrimento nas laterais deste. Corroborando com esse assunto, autores como Silva e Torres (2003), Robinson e Baker (1975) e Vieira (2005) desenvolveram trabalhos de análise dos detalhes construtivos e sua interação com a chuva dirigida, percebendo a necessidade de estudos mais aprofundados sobre a influência das características, geometrias, dimensões e posicionamentos dos detalhes na fachada. Vieira (2005) constatou que as construções com melhor aspecto de conservação da fachada utilizavam peitoril abaixo da esquadria e as geometrias dos detalhes construtivos proporcionam uma lavagem mais adequada dos locais com a chuva, não permitindo o acúmulo de partículas de sujeira e posterior manchamento. Silva e Torres (2003) salientam que os peitoris podem se tornar pontos de fragilidade causando infiltrações ou caminhos preferenciais para água, se inadequadamente projetados ou executados, salientando, desta forma, a necessidade de estudos sobre o assunto.

Sendo assim, esta pesquisa pretende analisar de que forma as características do peitoril influenciam na fachada, tomando como base um peitoril comercializado e que atenda os requisitos propostos, levando a ensaio novas configurações, com o objetivo de avaliar a incidência de molhamento, por meio de modificações que podem atuar no controle e direcionamento da água da chuva que incide sobre as fachadas das edificações, evitando o surgimento de manifestações patológicas

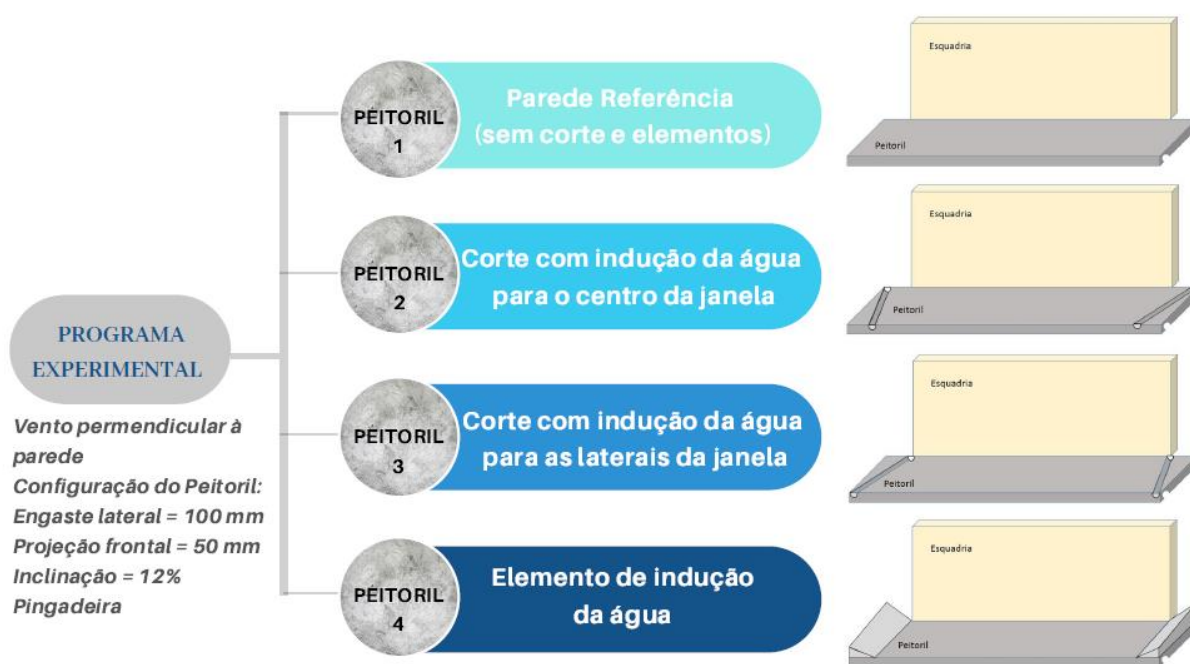
## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo é apresentado o programa experimental do estudo, a caracterização do sistema e os métodos de avaliação utilizados para obtenção de resultados dos modelos que foram ensaiados.

### 2.1 Programa Experimental

O programa experimental buscou avaliar a influência que a mudança de geometria dos peitoris ocasiona nas fachadas de edificações, do ponto de vista de molhamento. Foram confeccionados modelos com uma esquadria, os quais foram submetidos a testes de chuva dirigida. Foram analisados quatro diferentes configurações de peitoris, sem alterações da estrutura básica de engaste lateral de 100mm, projeção frontal de 50mm, com uma inclinação de 12% e lacrimal na parte inferior do elemento, produzido em rocha do tipo granito com 20 mm de espessura, sendo escolhida a configuração que apresentou menos percolação pela face inferior dos peitoris e uma inclinação intermediária aos modelos estudados por Zucchetti (2016). Desta forma, os quatro sistemas simulados estão representados na figura 1 e detalhados na figura 2.

Figura 1 – Representação do programa experimental proposto

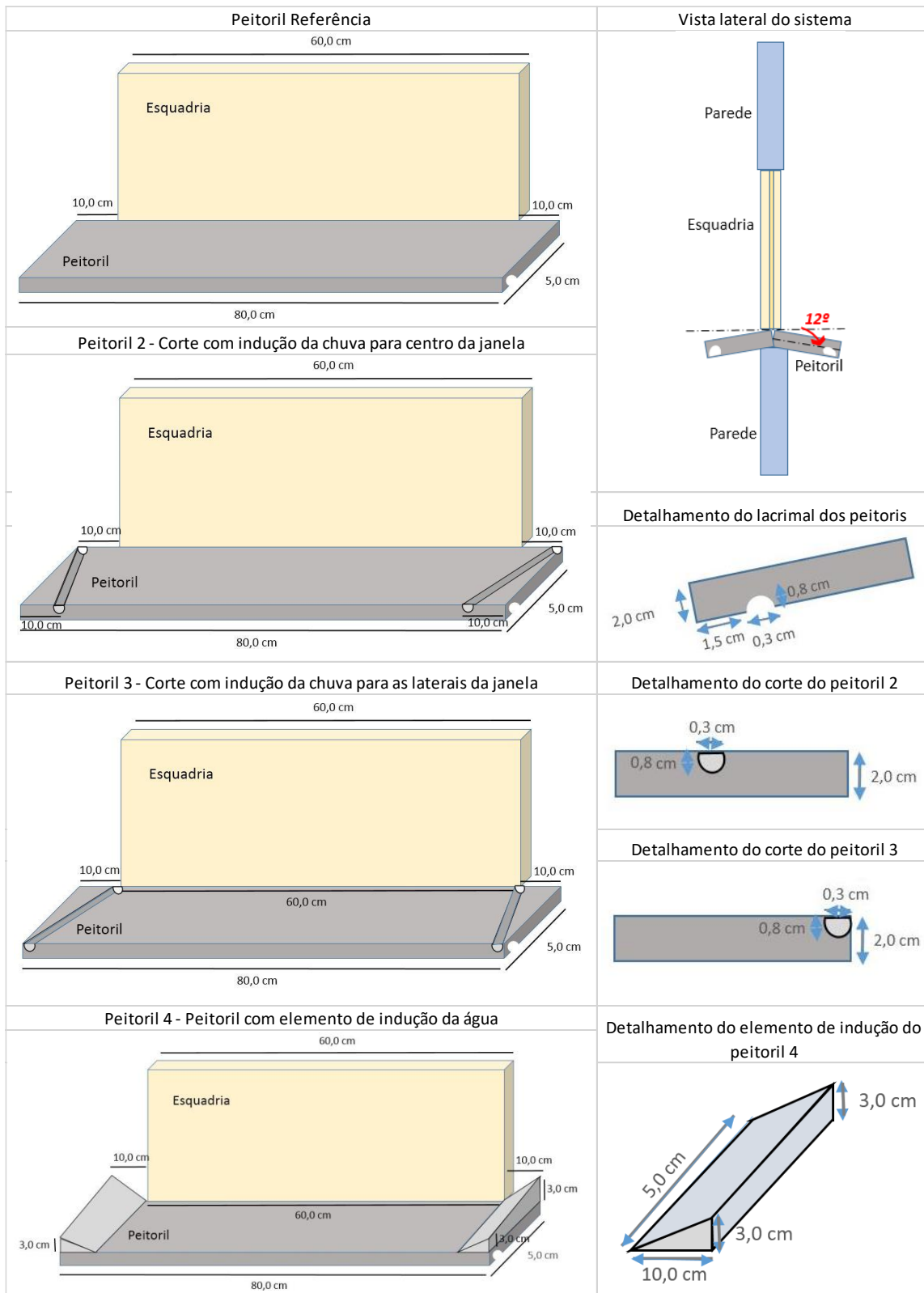


(Fonte: autora)

Na figura 2 são apresentados os projetos dos peitoris desenvolvidos para avaliação neste artigo e suas especificações. Tem-se uma parede referência, com um peitoril sem nenhum corte ou adição de elementos em sua face superior, com o propósito de não induzir a água em nenhuma direção, tendo assim um modelo do comportamento da água em edificações comuns, sendo este o modelo

mais utilizado nas construções. Posteriormente, foram feitas variações na forma da rocha, utilizada como peitoril no protótipo, para avaliar a influência do direcionamento da água no manchamento por umidade da fachada.

Figura 2 – Projeto das diferentes configurações dos peitoris



(Fonte: autora)



No peitoril da parede 2 e 3 foram feitos cortes superficiais de, no máximo, 8mm de profundidade, com o objetivo de induzir a água para o centro do peitoril ou para os cantos, o corte foi feito de forma similar ao lacrimal que localiza-se na parte de baixo do peitoril. O peitoril da parede 4 recebeu um elemento triangular de indução da água que foi adicionado a face superior do peitoril, objetivando conduzir à água para o centro do elemento, o qual foi produzido em madeira, pintado de tinta esmalte branca e colado ao peitoril com selante à base de poliuretano.

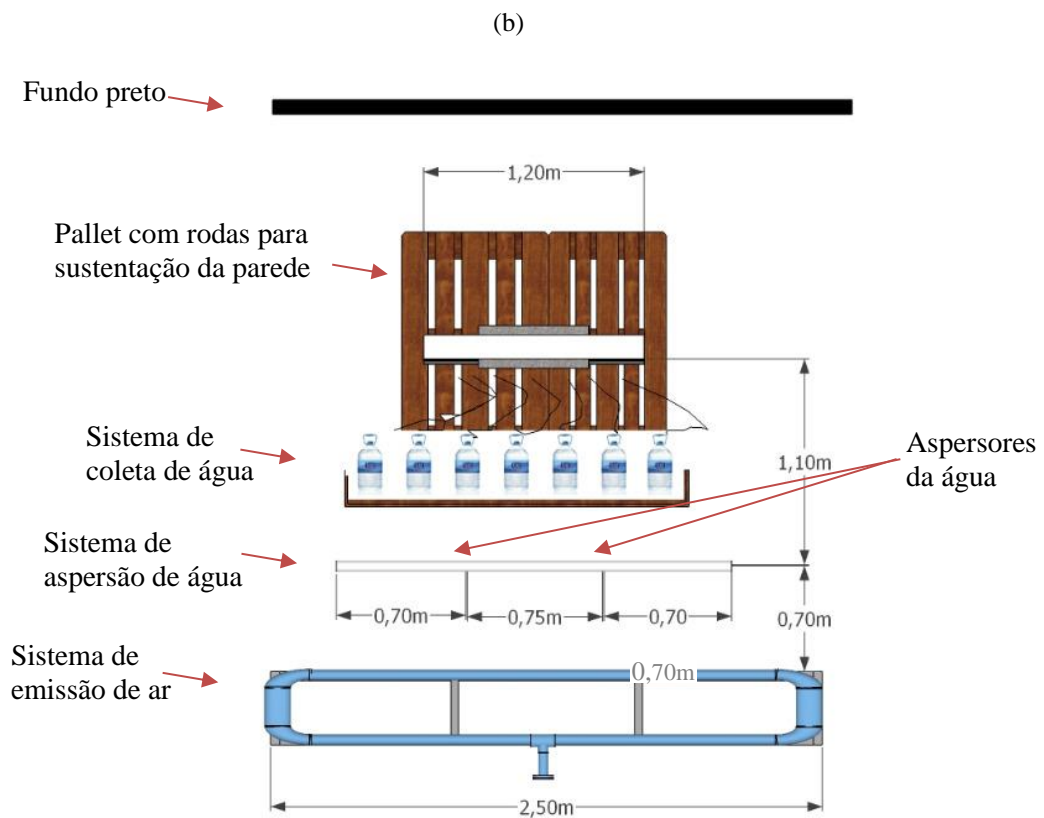
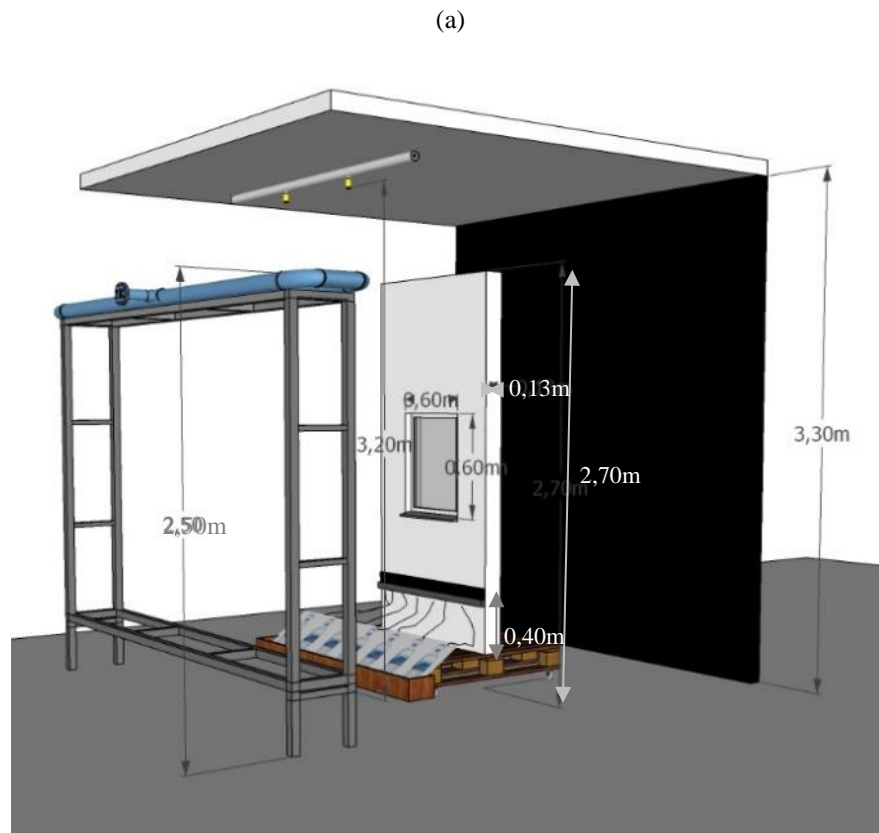
## **2.2 Definição e caracterização dos sistemas**

A metodologia para realização dos ensaios compreende a utilização do protótipo de uma parede com uma esquadria que será avaliada por meio de ensaios com a utilização do sistema de aspersão de água e emissão de ar simultaneamente. Os ensaios foram realizados nas instalações do Laboratório de Materiais e Tecnologia do Ambiente Construído do Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação da UFRGS (LAMTAC/NORIE/ UFRGS).

### *a) Modelo experimental*

Para o desenvolvimento do trabalho, foram utilizadas como base as paredes já empregadas por Zucchetti (2016), buscando dar continuidade aos ensaios modificando apenas os modelos de configuração de peitoril para avaliação mais ampla do molhamento de fachada. Conforme figura 3 (a) e (b), pode-se observar uma ilustração 3D de todo sistema empregado nesta pesquisa.

Figura 3 – Modelo experimental para ensaio de chuva dirigida  
 (a) Vista em perspectiva frontal da simulação de chuva; (b) Representação da vista superior do modelo experimental.



(Fonte: autora)

O modelo experimental foi concebido com um fundo preto e, na parte superior, por chapas de isolamento térmico, com o objetivo de padronizar os registros fotográficos e termográficos e diminuir ao máximo interferências externas.

*b) Protótipos dos ensaios*

As paredes foram construídas com o sistema de Drywall, que constituíam uma estrutura de perfis metálicos que sustentam placas de gesso sendo, neste caso, utilizadas placas de gesso acartonado com característica antiumidade. As paredes receberam acabamento com massa corrida própria para gesso acartonado, e foram pintadas com tinta acrílica. Com o objetivo de movimentar com facilidade o conjunto, elas foram fixadas em suportes com rodas, pois foi empregado 1 configuração de peitoril em cada lado da parede, totalizando 2 peitoris/parede. No total, foram construídas duas paredes para realização dos testes de quatro configurações de peitoris diferentes. A cada ensaio era ajustado todo o sistema, feita a revisão do prumo e nível da parede, verificadas as distâncias da parede até o sistema de emissão de ar e o sistema de aspersão de água, e realizada a verificação da estanqueidade do coletor de chuva, de forma a manter a padronização dos ensaios. A esquadria de alumínio de dimensões 60x60 cm foi instalada e vedada com selante base silicone transparente, impedindo a passagem de água pela interface dos materiais. Parte da preparação do modelo e o ensaio pronto para ser executado podem ser observados na figura 4.

Figura 4 – Modelo empregado nos ensaios



(Fonte: autora)

c) *Sistema de aspersão de água*

A simulação de chuva foi feita por meio de um sistema de aspersão de água. Manteve-se constante durante os ensaios os tipos de aspersores e as distâncias dos aspersores até as paredes. Era revisado o prumo e o nível da parede, a altura e o alinhamento entre os sistemas de aspersão de água e o modelo nos ensaios. O sistema de aspersão localizava-se a uma distância de 1,10m do modelo, 0,70m à frente da fonte emissora de vento e a uma distância de 3,20m do nível do piso, conforme apresentado na figura 5.

Figura 5 – Sistema de aspersão de água



(Fonte: autora)

Os aspersores são do tipo 1/8HH 6SQ, com bico fulljet e produzido em latão. Em todos os ensaios realizados foram medidas as vazões, por meio da coleta e pesagem de água na saída de cada aspersor durante 1 minuto. A vazão encontrada foi de, aproximadamente, 4 L/min em cada aspersor, portanto, aproximadamente, 8L/min de vazão no sistema, considerando que são utilizados no ensaio 2 aspersores. Segundo o quadro 1, indicado pelo fabricante com as características de diâmetro de gota correspondente à vazão do aspersor, os testes empregaram pingos de chuva com diâmetro que variam de 0,78 mm à 1,39 mm com a vazão de 4L/min em cada aspersor.

Quadro 1 – Diâmetros característicos das gotas correspondentes aos aspersores empregados na pesquisa

<b>Vazão (l/min)</b>	<b>Diâmetro (mm)</b>
2	0,9 - 1,5
3	0,86 - 1,45
<b>4</b>	<b>0,78 - 1,39</b>
5	0,68 - 1,25
6	0,60 - 1,0
7	0,54 - 0,94
8	0,47 - 0,89
9	0,37 - 0,75

(Fonte: Spraying Systems (2019))

d) *Sistema de emissão de ar*

Com o objetivo de direcionar as gotas de água que saem do sistema de aspersão, foi necessário criar um sistema de emissão de ar, que é constituído por um ventilador centrífugo conectado a uma mangueira flexível e uma tubulação que faz a distribuição do ar pela parede. O sistema é constituído pela tubulação de PVC de diâmetro  $\varnothing = 0,075\text{m}$ , localizado a uma altura do piso de 2,50m e distância até o modelo de 1,80m. Há uma quantidade de 97 furos, com diâmetro de  $\varnothing = 0,008\text{m}$  distribuídos a cada 0,025m ao longo do tubo. O vento era direcionado perpendicularmente à parede. O modelo pode ser visualizado na figura 6 (a) e (b).

Figura 6 – Tubulação empregada no sistema de dispersão do ar



(Fonte: Zucchetti (2016))

### 2.3 Definição e caracterização dos métodos de ensaio e avaliação

A avaliação dos modelos experimentais é baseada no ensaio de chuva dirigida, em que simultaneamente são obtidos os registros fotográficos e termográficos necessários para posterior verificação dos modelos, após é feito o ensaio de chuva colorida para visualização de fluxos de escoamento.

a) *Metodologia de ensaio de chuva dirigida*

O ensaio tinha início com o acionamento do sistema de emissão de ar e posterior ligação do sistema de aspersão de água, já que o sistema de ventilação direciona a água que sai do aspersor para a parede. Os ensaios foram realizados em ciclos de 15 minutos, totalizando 4 ciclos para avaliação do modelo com a chuva dirigida, e mais um ciclo de ensaio de 1 minuto e 30 segundos com a utilização de Anil Imperial – tempo de ensaio que a coloração do produto está mais intensa - para avaliação da chuva colorida. Cada configuração de peitoril foi avaliada por meio de 2 ensaios. Na figura 7, pode ser visualizado o esquema de desenvolvimento do ensaio de chuva dirigida.

Figura 7- Método do ensaio de chuva dirigida e avaliação



(Fonte: autora)

#### b) Quantificação da água pelo coletor de chuva

Para quantificar a água de escoamento que atingia a superfície dos modelos, foi fixado um coletor aderido à parede, que possui 12 compartimentos estanques, interligados por mangueiras de plástico a 12 recipientes de armazenamento, utilizados para a pesagem da água coletada. Coletores aderidos já foram utilizados em outras pesquisas como Baheru *et al.* (2014b) e Baheru, Chowdhury e Pinelli (2015) e Zucchetti (2016), e servem como bom parâmetro de comparação e entendimento do sistema, por retratarem de forma quantitativa o volume de água que atinge os modelos.

O material do coletor utilizado é aço inoxidável, o qual foi fixado na parede com selante impermeável de cor transparente, de forma que fosse garantida a vedação entre o coletor e a parede, de forma que a água que escorre pela parede é coletada pelo sistema. O coletor tem 1,20 m – que é a largura da parede - uma altura de 0,2 m e apenas 0,015m de profundidade. O coletor foi fixado na parte inferior do modelo à 0,40m da base de apoio da parede, local que já tem parte da superfície da parede com escoamento de água e logo abaixo do coletor as mangueiras não ficam comprimidas. As mangueiras possuem um diâmetro de  $\varnothing = 0,006$  m e os recipientes possuem a capacidade máxima de 5L cada, e podem ser observados na Figura 8. A cada ciclo de 15 minutos os recipientes de armazenamento da água eram pesados. Dessa medição foi extraído um gráfico de quantidade de água por tempo, o qual fornece parâmetros de comparação sobre a diferença da quantidade de água coletada e torna possível a análise do deslocamento da água na superfície da parede.

Figura 8 - Sistema de coleta de água, com as mangueiras desconectadas dos recipientes



(Fonte: autora)

*c) Forma visual do fluxo de água por meio da chuva colorida*

Trata-se de um método com a finalidade de apresentar de forma visual o fluxo de escoamento da água nas paredes, pensado por Zucchetti (2016) como uma forma de colorir a água do ensaio de chuva dirigida. Portanto, em adição à água na tubulação, foi colocado anil em barra, que é um material que libera a coloração azul quando diluído. Após os quatro ciclos de 15 minutos nos ensaios de chuva dirigida, foram adicionadas, em um recipiente polimérico específico, 6 barras de anil à tubulação de água, por onde a água passa e dilui o material. Este processo tem duração aproximada de 1 minuto e 30 segundos, que é o tempo onde consegue-se observar com maior nitidez a coloração diferenciada da água. Na figura 9 pode ser visualizada uma parede após a aspersão de chuva colorida.

Figura 9 - Parede após ensaio de chuva colorida



(Fonte: autora)

*d) Análise por registros fotográficos*

O molhamento das paredes foi identificado pela análise de imagens que foram tiradas no desenvolvimento do ensaio de chuva dirigida. Antes e após cada ciclo de teste foram registradas imagens, de modo que é possível uma análise da demarcação de umidade no revestimento da parede. Para avaliação foi utilizado o software AutoCAD (AUTODESK, 2017), onde as fotos eram anexadas e colocadas em escala. Por meio da ferramenta polilinha era desenhado o contorno das áreas não atingidas pelo molhamento, permitindo a medição, desta forma, da área protegida de cada configuração de peitoril. Tendo como base a dimensão da esquadria (0,6mx0,6m), foi possível deixar a imagem em escala tornando viável o dimensionamento da área protegida. Na figura 10 (a) e (b) tem-se uma foto antes do início do ensaio e uma foto ao final dos quatro ciclos, sendo notório o contorno da incidência da água.

Figura 10 - Registro fotográfico após ensaio de chuva dirigida



(Fonte: autora)

Para identificar melhor o fluxo de escoamento de água, também foram registradas fotos da lateral da parede, como pode-se observar na figura 11:



Figura 11 - Fluxo de chuva observado pela lateral da parede no ensaio de chuva dirigida



(Fonte: autora)

*e) Análise por termografia de infravermelho*

A utilização de uma câmera de termografia de infravermelho nos ensaios tem como objetivo a identificação mais precisa de pontos com diferença de temperatura superficial. A câmera capta a intensidade de radiação infravermelha que é emitida pela superfície do objeto em análise e converte a informação em um sinal elétrico, que é quantificado como temperatura com o uso da câmera termográfica. A técnica é não destrutiva e tem como objetivo auxiliar a investigação, diagnóstico e mapeamento de patologias, que permite análises sobre causas, desempenho e anomalias que a estrutura possa apresentar (BAUER; PAVÓN, 2015). Para desenvolvimento deste trabalho foi utilizado o termógrafo FLIR T400, com as características descritas no quadro 2:

Quadro 2 – Característica da câmera termográfica FLIR T400 que foi utilizada na pesquisa

Variação de temperatura	- 20°C a 1200 °C
Precisão	± 2 %
Faixa Espectral	7,5µm a 13,0µm
Resolução de imagem	320x240 pixels
Lentes	25°
Foco do registro fotográfico	Manual ou Automático
Sensibilidade térmica	<0,05°C a 30°C
Emissividade	Faixa de 0,1 a 1,0

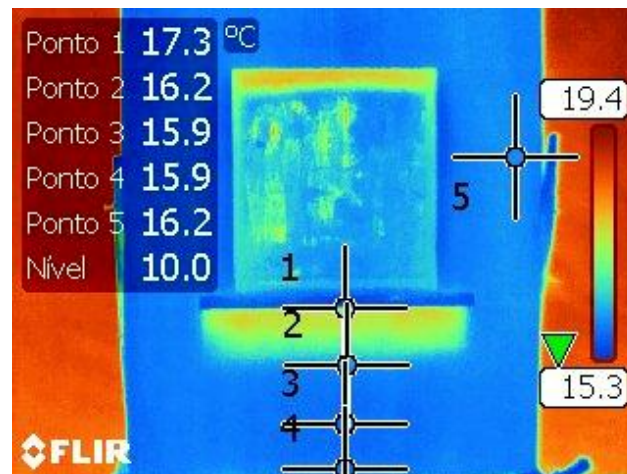
(Fonte: Catálogo FLIR)

A câmera termográfica era calibrada a cada teste, ajustando foco e as margens de temperatura para que ficassem em uma escala de 4°C de variação em relação a temperatura do ar, sendo utilizada no modo manual. Nos ensaios, utilizou-se como parâmetro do sistema a emissividade

(capacidade de emissão de energia por radiação), de valor 0,92, que foi definida para materiais da construção civil. A temperatura ambiente e a umidade foram medidas no início do ensaio e a distância até a parede do ensaio foi revisada para manter alinhamentos, dados que foram utilizados para configuração do sistema da câmera. O termógrafo foi posicionado a uma distância de 4,10m da parede, de forma a ficar ortogonal ao modelo a ser ensaiado, e com a lente elevada a 1,60m do nível do piso.

A câmera foi configurada para os testes com a marcação de 5 pontos específicos de obtenção da temperatura, sendo 4 logo abaixo do peitoril e um quinto ao lado da janela, à direita, para se ter uma referência de temperatura superficial em outro local. A configuração da câmera pode ser verificada na figura 12.

Figura 12 - Configuração da câmera termográfica nos ensaios de chuva dirigida



(Fonte: autora)

Com a medição de pontos de temperatura superficial das paredes, utilizando a câmera termográfica, é possível observar a influência que a duração da chuva dirigida produz na superfície de área seca da parede ao longo do tempo. Desta observação foi montado um gráfico de temperatura superficial por tempo para ser analisado. Em todos os ensaios foi mediada a temperatura ambiente e da água no início do ensaio, e os pontos de medição de temperatura na câmera termográfica foram colocados aproximadamente no mesmo local, possibilitando assim a análise e comparação entre peitoris de áreas expostas e protegidas mais precisamente. Na imagem as áreas que podem ser visualizadas com coloração mais fria são as que possuem uma temperatura mais baixa devida ao molhamento da superfície.

### 3 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A seguir serão apresentados os resultados dos ensaios comparatórios entre os modelos.

#### 3.1 Análise global de desempenho

Foram feitos 2 ensaios com cada protótipo, totalizando 8 ensaios. Contudo foi identificado falhas nos primeiros testes, como vedação inadequada da janela, infiltrações por fissuras nas paredes, vazamento de água nos coletores, desalinhamento do modelo, imagens termográficas de má qualidade, entre outros problemas no decorrer dos ensaios. Portanto, neste capítulo são apresentados os resultados dos segundos testes, em que os modelos estavam mais ajustados. No apêndice A são apresentados os resultados dos ensaios de chuva dirigida e colorida de cada peitoril de forma mais detalhada. No quadro 3 estão as informações climáticas do dia de realização de cada ensaio:

Quadro 3 - Condições climáticas do dia da realização dos ensaios

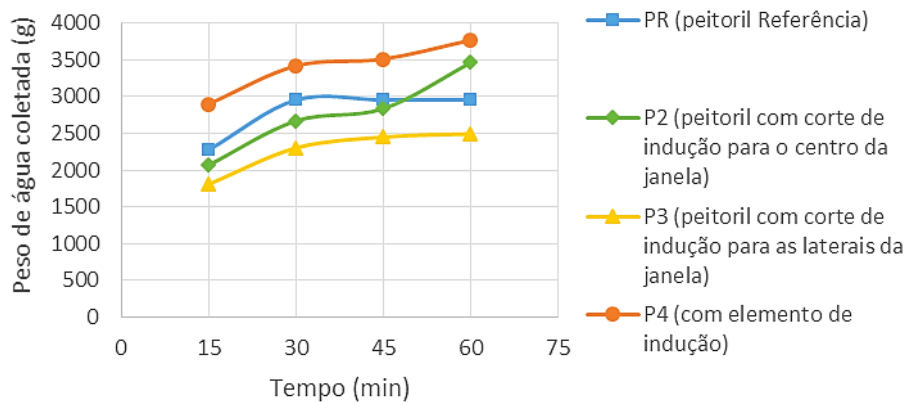
<b>Modelo</b>	<b>Data</b>	<b>Horário de Início do ensaio</b>	<b>Temperatura ambiente* (°C)</b>	<b>Umidade* (%)</b>	<b>Temperatura água* (°C)</b>
			<b>*Medidas no início do ensaio</b>		
<b>Peitoril Referência</b>	16/ago	15:49	20,3	61	17,9
<b>Peitoril 2</b>	05/ago	16:19	18,1	60	17,2
<b>Peitoril 3</b>	16/set	15:51	22,7	65	21,3
<b>Peitoril 4</b>	07/out	15:35	24,3	56	21,6

(Fonte: autora)

##### a) Análise da quantidade de água coletada

Ao analisar os dados das coletas de água, apresentados na figura 13, notam-se comportamentos similares para os modelos avaliados, com crescimento gradativo na quantidade total coletada ao longo dos ciclos de ensaio. O que caracteriza que o revestimento da parede absorve certa quantidade de água, principalmente no primeiro ciclo de 15 minutos. Em relação a quantidade total de água coletada por cada modelo, entende-se que um peitoril que protege mais a superfície da parede vai produzir maior descolamento da água do entorno da esquadria e, desta maneira, o coletor recebe menor quantidade de água.

Figura 13 - Quantidade total de água coletada ao longo dos ciclos de ensaio de chuva dirigida nos modelos



(Fonte: autora)

Ao observar os resultados do peitoril 2 (com corte de indução para o centro da janela), o último ciclo de ensaio apresentou um comportamento diferenciado, com aumento da quantidade de água mais acentuado do que os demais. Isso pode ser explicado por alguma variação da vazão de água no momento de abertura do registro, já que não havia um mecanismo de controle preciso, sendo executado através de marcação de giros na manopla de abertura, e o sistema era desligado nos intervalos entre os ciclos para medição da quantidade de água coletada nas bombonas. Os modelos com peitoris P2 e PR obtiveram comportamentos intermediários entre as configurações.

O modelo com peitoril 4 (com elemento de indução da água) teve a maior quantidade de água coletada no ensaio, o que pode ser explicado pelo elemento utilizado no modelo, já que a água está em maior quantidade no centro do peitoril devido à indução do mesmo. Na análise da figura 14 (d), a distribuição de água em cada bombona teve um comportamento caracterizado pela bombona do meio, número 7 (central), obteve o maior percentual de recebimento de água considerando apenas os frascos abaixo do peitoril e as bombonas logo abaixo do elemento, (3 - 4 e 9 - 10), com a menor quantidade de água coletada, nota-se uma distribuição gradativa da água, entendendo-se que o elemento efetivamente direciona a água.

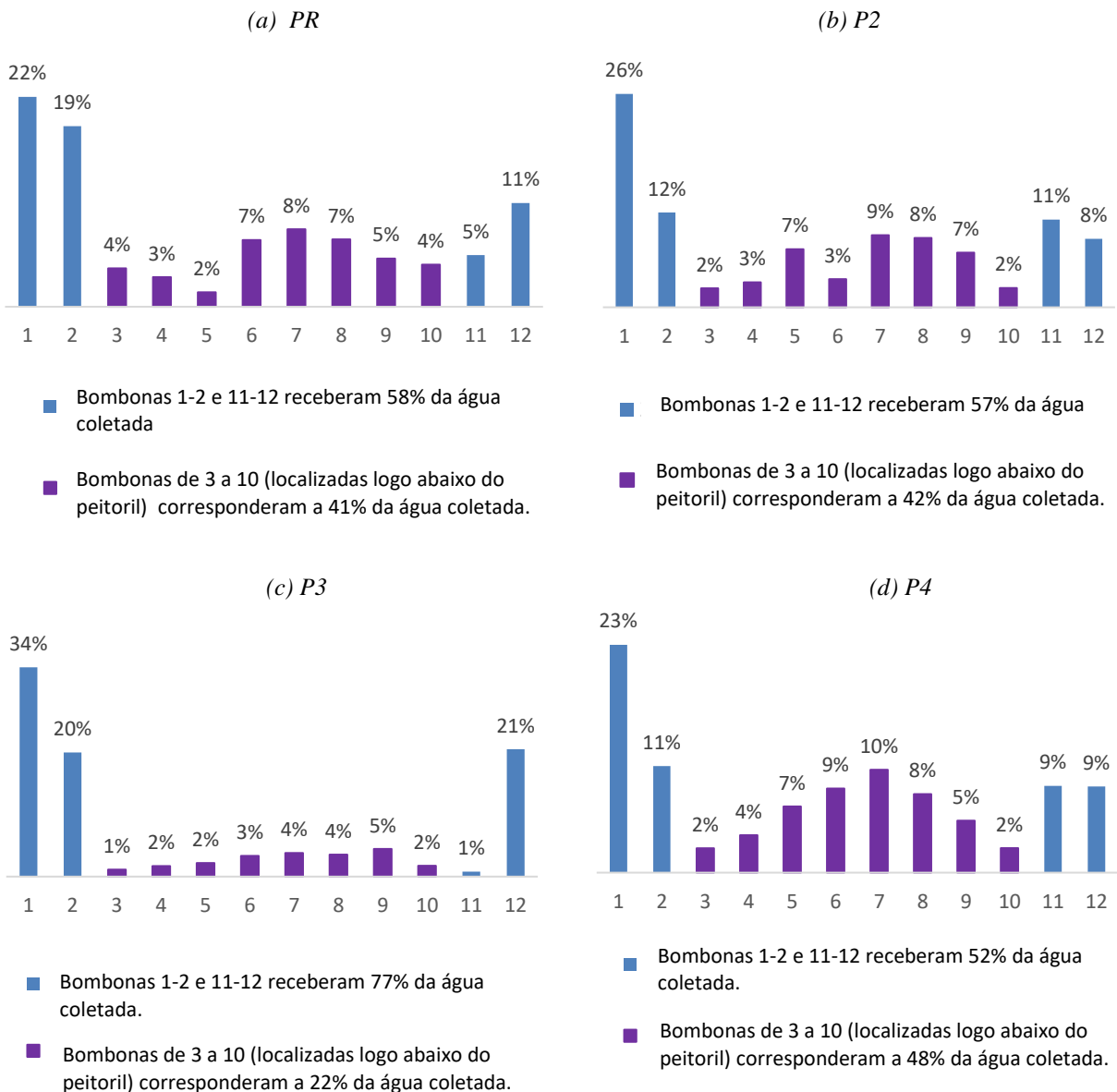
O peitoril P3 (com corte de indução da água para as laterais da janela) teve a menor quantidade de água coletada e, conforme pode-se analisar pela figura 14 (c), obteve uma distribuição mais uniforme de coleta, em comparação com os demais ensaios, contudo sobrecarregando as laterais da parede com água de escoamento, já que as bombonas 1-2 e 11-12 foram responsáveis pelo recebimento de aproximadamente 78% da água de escoamento.

Conforme pode ser analisado na figura 14 (a) e (b), os peitoris referência e 2 (parede com corte de indução da chuva para o centro da janela) obtiveram comportamentos parecidos também na distribuição de água coletada, onde aproximadamente 40% da água do ensaio foi verificadas nas bombonas logo abaixo do peitoril.

Os dados plotados na figura 14 consistem na porcentagem de água coletada por cada bombona ao longo dos 4 ciclos de ensaio de chuva dirigida em relação à quantidade total de água coletada. Ao observar os gráficos de barras dos protótipos, percebe-se que em todos houve um fluxo de água mais efetivo na lateral esquerda, o qual pode ser justificado por algum desvio no alinhamento do sistema do modelo, de um dos aspersores de água ou vento, possível entupimento, do duto de água, o que é considerado uma dificuldade dos ensaios, mesmo que em todos os ensaios os alinhamentos eram revisados.

Figura 14 - Quantificação do percentual de água coletada em cada recipiente ao longo dos ciclos de ensaio de chuva dirigida nos modelos com:

(a) Parede com Peitoril de Referência; (b) Parede com Peitoril 2 (parede com corte de indução da chuva para o centro da janela); (c) Parede com Peitoril 3 (parede com corte de indução da chuva para as laterais da janela); (d) Parede com Peitoril 4 (parede com elemento de indução da água da chuva)

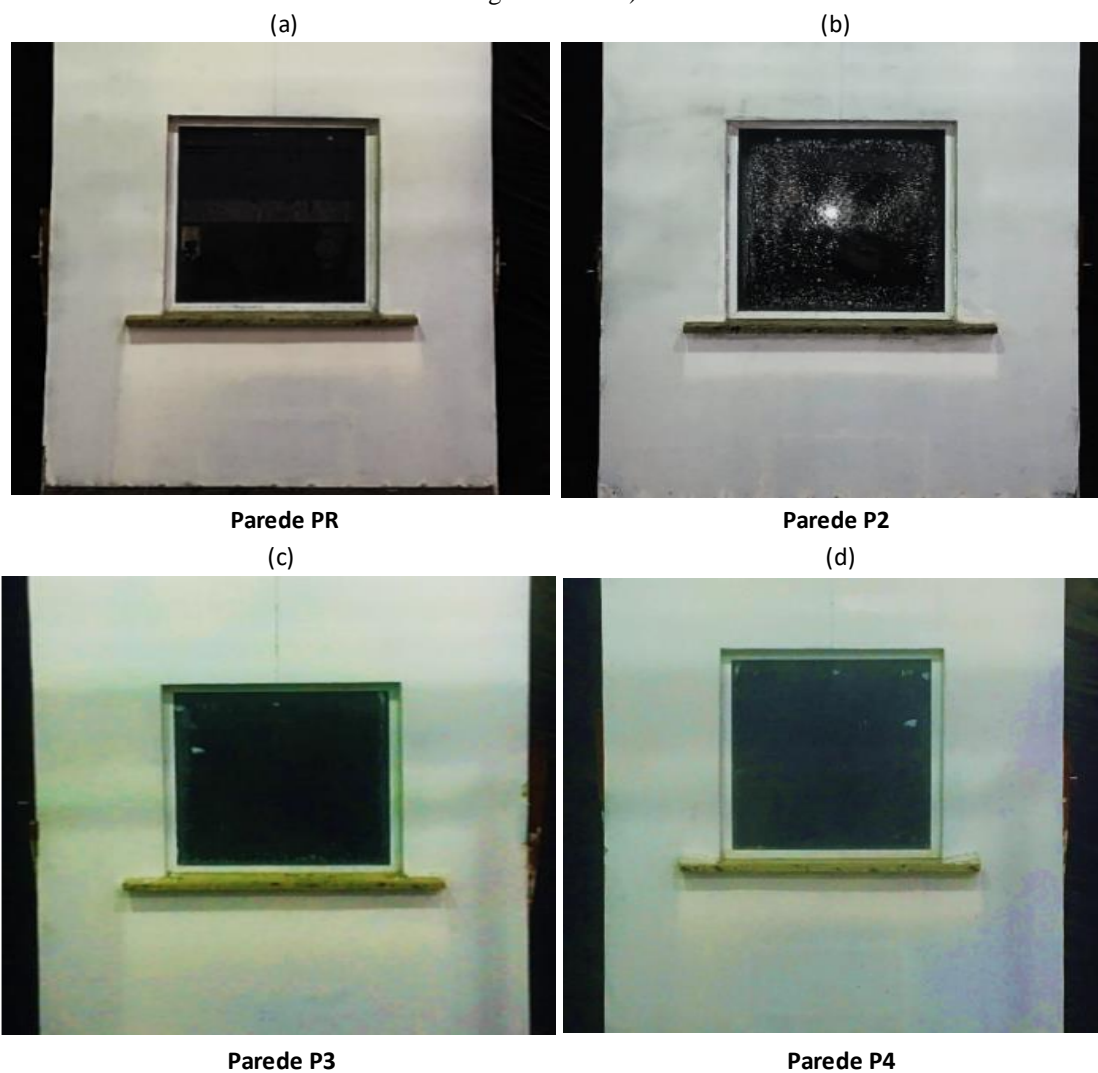


(Fonte: autora)

*b) Análise da área protegida pelos peitoris na superfície do modelo*

Considerando os resultados obtidos dos registros fotográficos com câmera digital dos fluxos de chuva colorida sobre as paredes nos ensaios, como pode ser visualizado na figura 15, nota-se que a parede PR e P3 tem comportamentos semelhantes, e a parede P4, de forma menos acentuada, segue o mesmo fluxo de escoamento, caracterizado por uma área protegida maior nas laterais do peitoril. A parede P2 teve uma área protegida nas laterais levemente maior que no centro do peitoril, tendo uma área protegida mais uniforme. Na análise do resultado do escoamento da chuva colorida, percebe-se que, em geral, as configurações de peitoril tiveram uma espessura menor de área protegida na parte mais central logo abaixo do peitoril, o que pode ser explicado pelo fluxo de água maior devido à esquadria ter escoamento da água diferente do revestimento da parede.

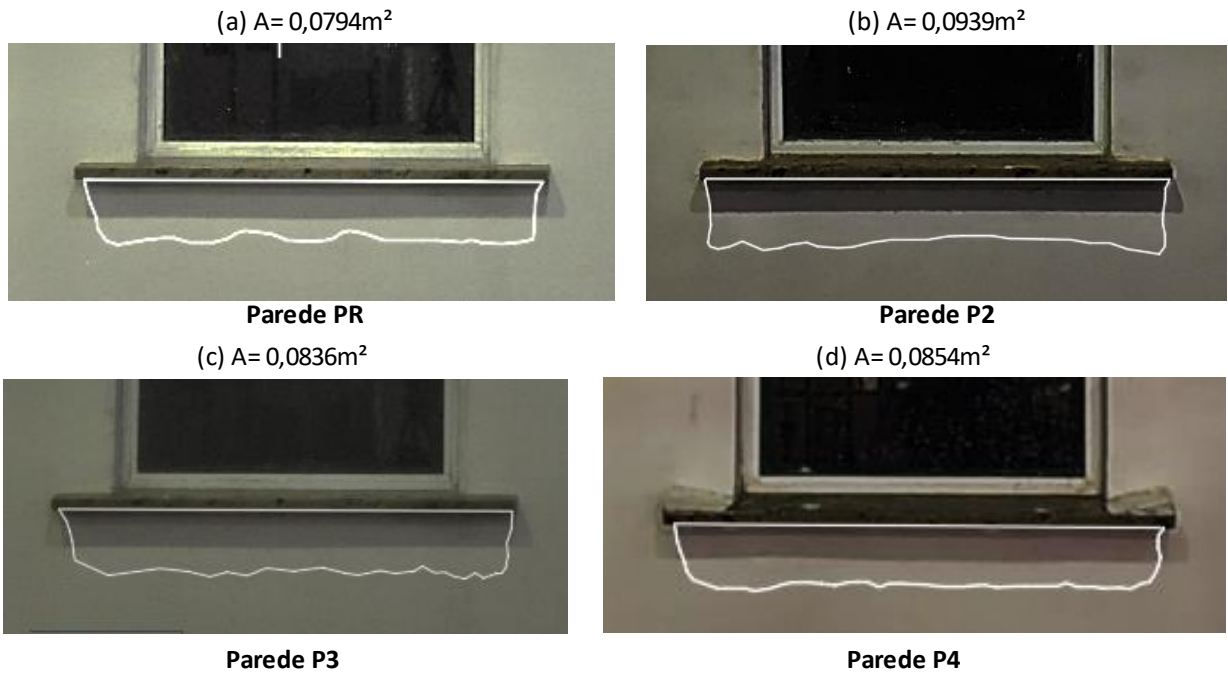
Figura 15 - Registros fotográficos após ensaio de chuva colorida nos modelos com:  
(a) Peitoril de Referência; (b) Peitoril 2 (parede com corte de indução da chuva para o centro da janela); (c) Peitoril 3 (parede com corte de indução da chuva para as laterais da janela); (d) Peitoril 4 (parede com elemento de indução da água da chuva).



(Fonte: autora)

Conforme pode ser visto na figura 16, após o ensaio completo de chuva dirigida, as características de área protegida são muito similares; portanto, o comportamento evidenciado no ensaio de chuva colorida pode não representar todo ensaio, pois, após 60 minutos, a área protegida torna-se mais uniforme, tendo espessuras mais parecidas em toda extensão logo abaixo do peitoril.

Figura 16 - Registros fotográficos após 60 minutos do ensaio de chuva dirigida nos modelos com: (a) Peitoril de Referência; (b) Peitoril 2 (parede com corte de indução da chuva para o centro da janela); (c) Peitoril 3 (parede com corte de indução da chuva para as laterais da janela); (d) Peitoril 4 (parede com elemento de indução da água da chuva).



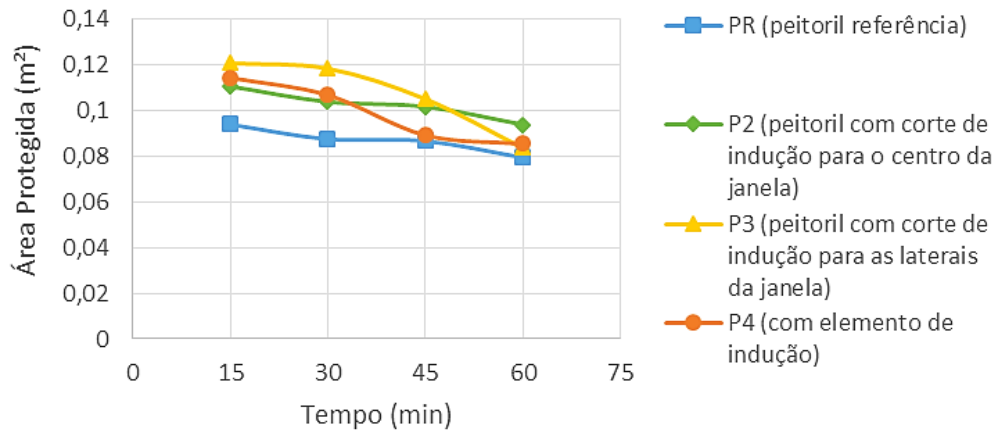
(Fonte: autora)

Em relação à quantificação da área protegida durante todo ensaio nas paredes, pode-se verificar na figura 17, que os modelos tiveram uma diminuição da área protegida, já que há uma frente de umidade que tende a reduzir a área protegida, avançando, por vezes, sobre pontos que nos primeiros ciclos estavam protegidos.

A parede referência obteve os menores valores de área protegida. A parede com peitoril P3 (com corte de indução da água para as laterais da janela) apresentou maior área protegida durante os 3 primeiros ciclos, porém, no desenvolvimento do ensaio, apresenta uma diminuição da área protegida, sendo que, no último ciclo, apresenta uma área protegida menor que da parede P2.

As paredes com peitoril 2 e 4 apresentaram um comportamento mais próximo e intermediário quando comparado aos demais. Deve-se observar que a parede de peitoril 4, com elemento de indução, obteve a maior quantidade de água coletada e teve comportamento intermediário quanto à área protegida, o que justifica-se pelo escoamento do fluxo de água pelas paredes mais próximas do coletor.

Figura 17 - Quantificação da área protegida durante todo ensaio de chuva dirigida nos modelos



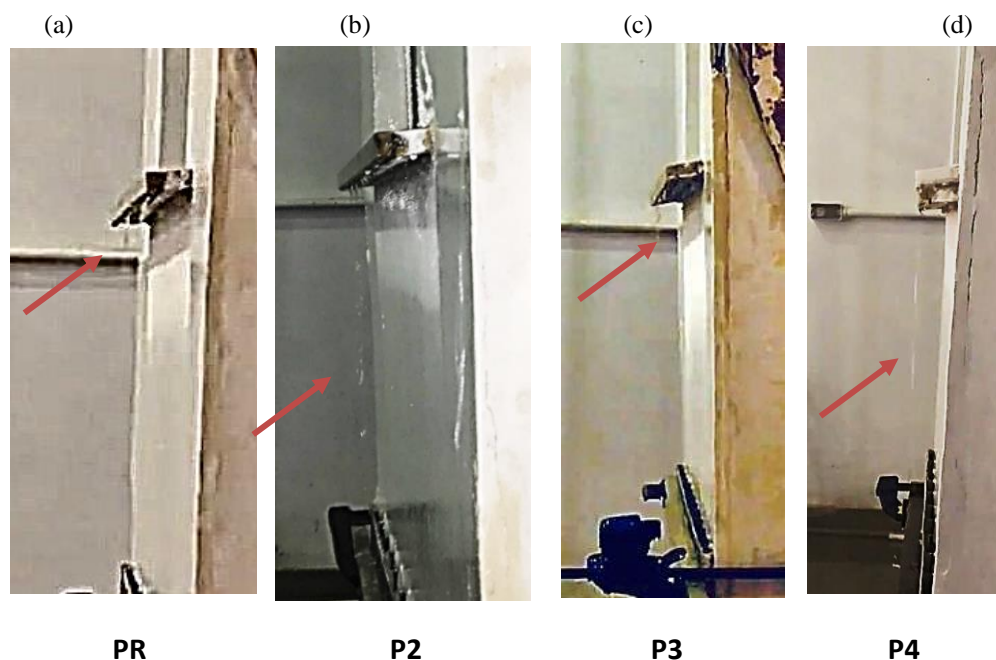
(Fonte: autora)

No decorrer do ensaio de chuva dirigida, observou-se que o fluxo de água não tem como característica a percolação pela face inferior do peitoril, sendo direcionado verticalmente pela face frontal do elemento, garantido o escoamento pelo lacrimal da pedra. Esse comportamento justifica a área protegida logo abaixo do peitoril, característica em todas as paredes. Analisando a fotografia lateral de cada parede, verifica-se que o comportamento do fluxo de água da chuva dirigida é muito semelhante nos quatro modelos, pois os peitoris estão sob a mesma vazão e todos tem a mesma inclinação, conforme pode ser observado na figura 18.



Figura 18 - Comportamento do fluxo de água observado pela lateral da parede como:

(a) Peitoril de Referência; (b) Peitoril 2 (parede com corte de indução da chuva para o centro da janela); (c) Peitoril 3 (parede com corte de indução da chuva para as laterais da janela); (d) Peitoril 4 (parede com elemento de indução da água da chuva).



(Fonte: autora)

Ao longo do ensaio de chuva dirigida, foi percebido que o fluxo de água tem escorrimento pela aresta do peitoril, não tendo retorno direcionado à parede, o que pode ser explicada pela vazão total do ensaio ser grande. Quanto maior a vazão que passa pelo aspersor, menor é o diâmetro das gotas de água, e, portanto, a chuva tende a dispersar com mais facilidade com a influência do vento.

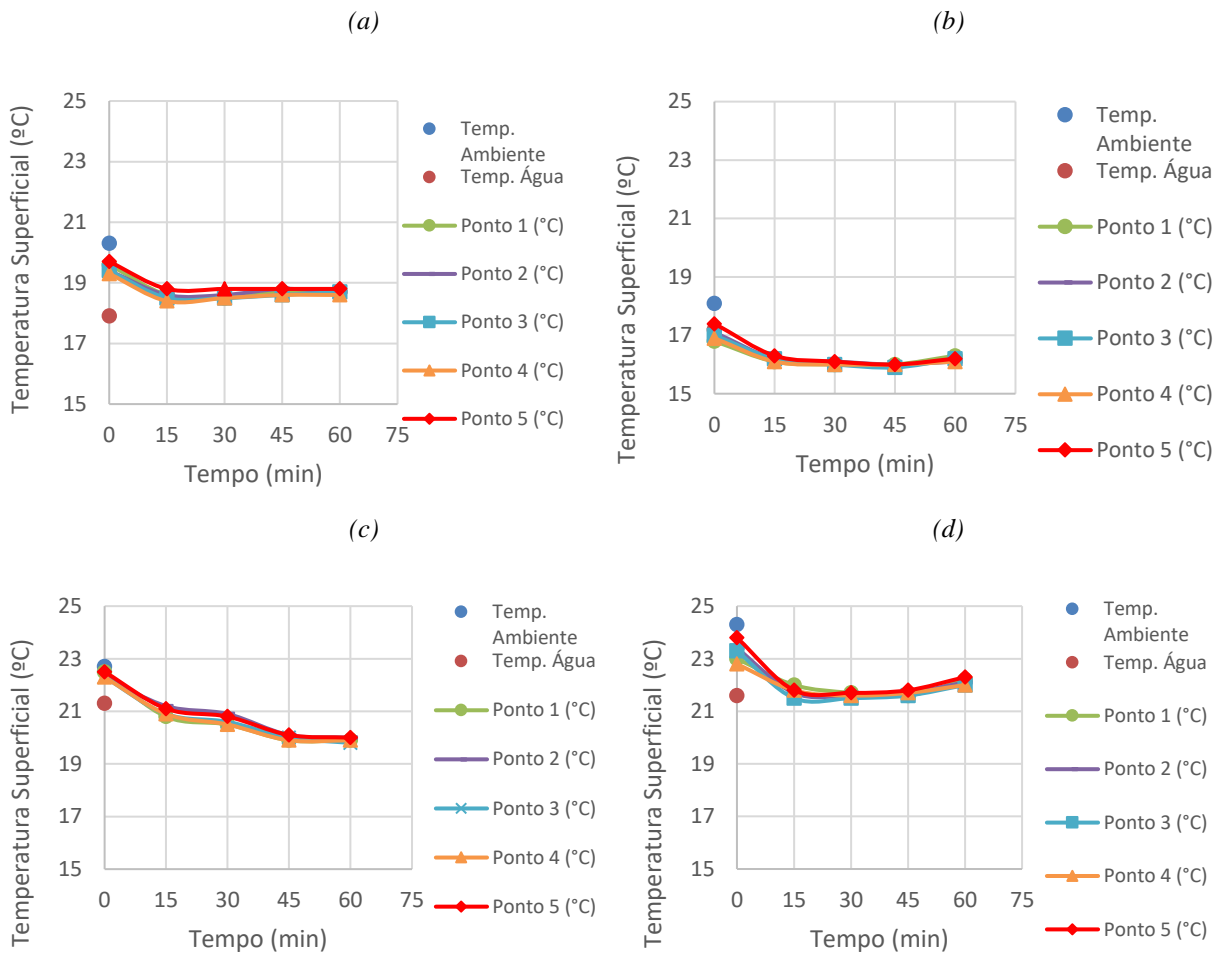
### c) Termografia infravermelho

Por meio da quantificação das temperaturas registradas pela câmera termográfica, que estão representadas na figura 19, observa-se que o comportamento das paredes é semelhante. Todas as paredes apresentaram uma queda mais brusca na temperatura após primeiro ciclo de 15 minutos de ensaio de chuva dirigida. No início do ensaio foi medida a temperatura da água e a temperatura ambiente. Cada ponto de medição da temperatura da câmera termográfica foi nomeado como Ponto e numerado de 1 a 5, sendo os numeros 1 a 4 pontos logo abaixo do peitoril e o ponto 5 localiza-se na parede lateral ao lado direito da esquadria; o ponto 5 foi utilizado apenas para observação do comportamento. Ao analisar a curva de temperaturas, observa-se que, ao final do primeiro ciclo de ensaio houve uma queda mais brusca de temperatura, pois a mesma tende a buscar um equilíbrio entre a temperatura ambiente e da água. Nos dados do ponto 5 não foram observadas diferenciações. O modelo P2 e P4 foi observada um aumento de temperatura no ultimo ciclo, que pode ser entendido

como uma busca do sistema de ajuste de temperatura do meio ambiente com a temperatura da água. Indica-se que para trabalhos futuros seja feita a medição da temperatura da água e do ambiente em todos os ciclos para melhor acompanhamento de resultados, devido a variações de temperatura serem grandes no clima da região.

Figura 19 - Quantificação das temperaturas ao longo dos ciclos de ensaio de chuva dirigida nos modelos:

(a) Peitoril de Referência; (b) Peitoril 2 (com corte de indução da chuva para o centro da janela); (c) Peitoril 3 (com corte de indução da chuva para as laterais da janela); (d) Peitoril 4 ( com elemento de indução da água da chuva).

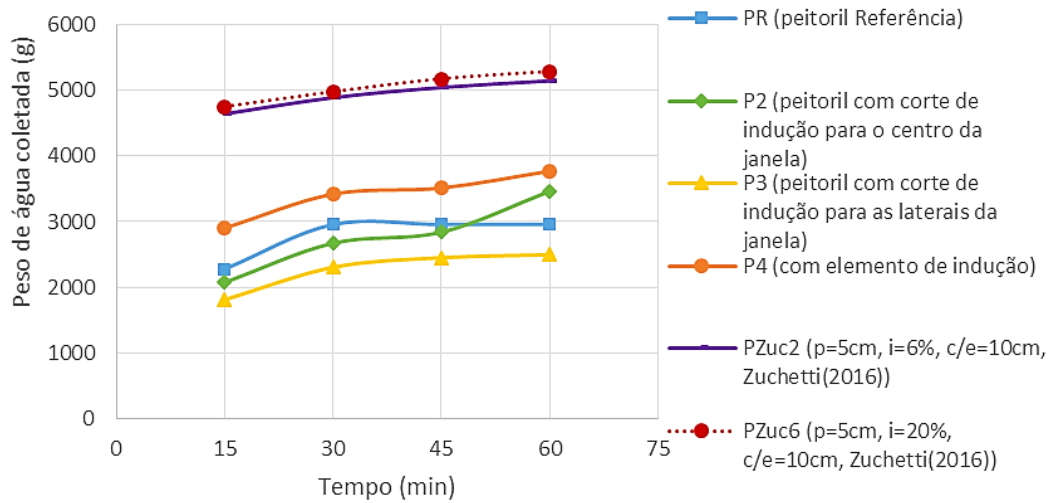


(Fonte: autora)

d) *Análise comparatória com os resultados apresentados por Zucchetti (2016)*

A parede de referência ensaiada por Zucchetti (2016) apresenta configurações similares de engaste lateral de 100mm e projeção frontal de 50mm, diferenciando-se na inclinação do peitoril, que a autora estudou modelos com inclinação de 6% (PZuc2) e 20% (PZuc6), e neste trabalho foi estudada a configuração de inclinação intermediária de 12%, de maneira a complementar estudos sobre peitoril de fachada.

Figura 20 - Quantidade total de água coletada ao longo dos ciclos de ensaio de chuva dirigida nos modelos comparando os resultados encontrados neste trabalho com o estudo de Zucchetti (2016)

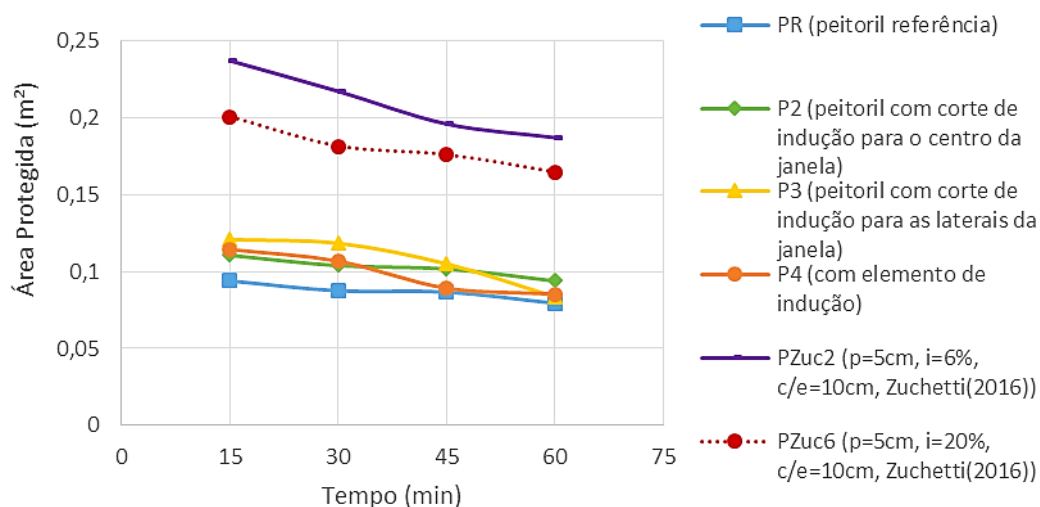


(Fonte: elaborada pela autora com dados de Zucchetti (2016))

Pela figura 20, nota-se que PZuc2 e PZuc6, estudados por Zucchetti (2016), tiveram comportamentos muito similares, e não muito diferentes da parede PR estudada por este trabalho, diferenciando-se na quantidade de água coletada, que nos modelos estudados por Zucchetti(2016) apresentaram um valor bem mais elevado. Ao analisar os dois trabalhos, além da inclinação do peitoril, a vazão do sistema foi modificada: o trabalho de Zucchetti (2016) apresentou uma vazão total de 6L/min, sendo que neste trabalho o valor da vazão foi de 8L/min.

Ao analisar a figura 21, conclui-se que, tanto a parede PZuc2 e PZuc6 quanto a parede PR, possuem curvas semelhantes de área protegida, porém a parede PR apresenta um resultado com área protegida bem menor do que as paredes estudadas com inclinação de 6% e 20%. A diferenciação nos valores de vazão acarreta em uma mudança nos diâmetros de gota dos aspersores e abertura maior do esguicho de água no sistema. Isto explica a diferença na quantidade de água coletada pelo sistema e a diferenciação na área protegida encontrada para cada modelo, como pode ser visualizado na figura 21.

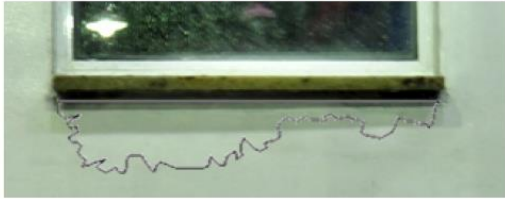

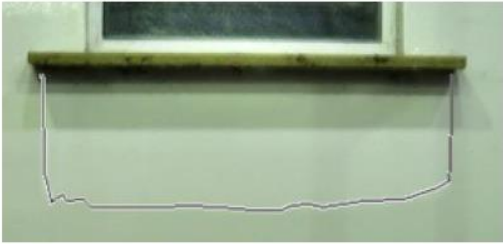

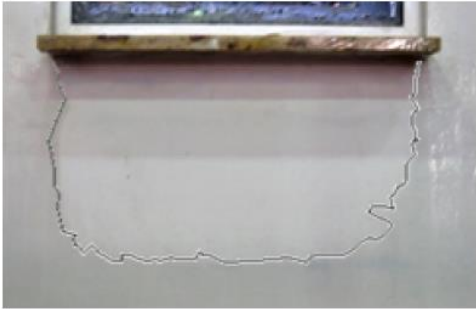
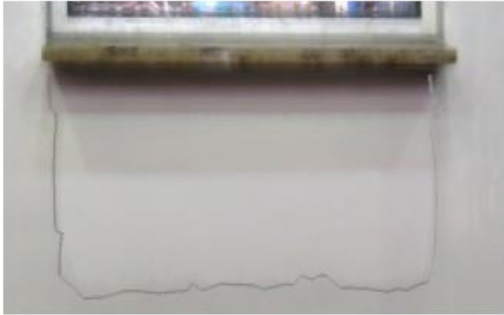
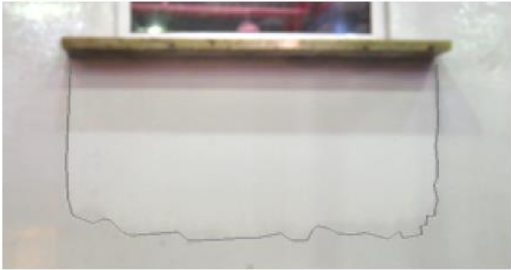
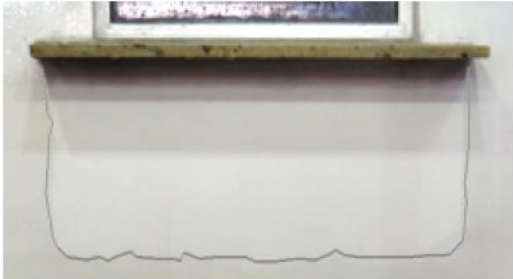
Figura 21 - Quantificação de área protegida ao longo dos ciclos de ensaio de chuva dirigida nos modelos comparando os resultados encontrados neste trabalho com o estudo de Zucchetti(2016)



(Fonte: elaborada pela autora com dados de Zucchetti (2016))

Pode-se observar, na figura 22, um resumo das configurações das áreas protegidas encontradas por Zucchetti (2016). Em comparação com a figura 16 – configuração das áreas protegidas encontradas nesse estudo – é notável que os padrões de molhamento do trabalho de Zucchetti são mais irregulares. Isto pode ter relação com a menor percolação de água pela face inferior do peitoril, que neste trabalho atribuímos às características do elemento, pois, ao analisar os padrões de molhamento dos peitoris de referência (Pzuc2, Pzuc6 e PR), nota-se que são semelhantes nos dois estudos. Visivelmente existe um fluxo menos concentrado de água na superfície do modelo de Zucchetti(2016) ao longo do ensaio, o que pode ser explicado pela menor vazão, característica que influencia no diâmetro da gota, a qual acaba por se espalhar de forma diferente, pois a velocidade do vento permanece constante e é a mesma nos dois estudos.

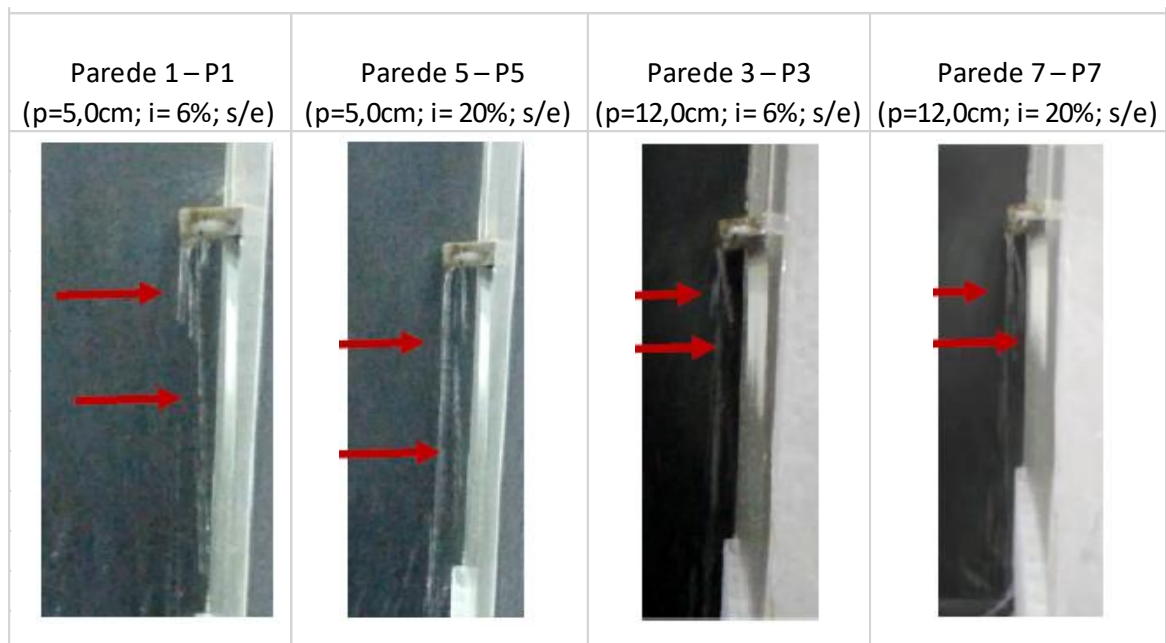
Figura 22 - Quantificação de área protegida ao longo dos ciclos de ensaio de chuva dirigida nos modelos estudados por Zucchetti(2016)

Quantificação da área protegida estudada por Zucchetti (2016)	
<p>Parede 1 – P1 (p=5,0cm; i= 6%; s/e)</p> <p>Área = 0,0384 m<sup>2</sup></p> 	<p>Parede 5 – P5 (p=5,0cm; i= 20%; s/e)</p> <p>Área= 0,0420m<sup>2</sup></p> 
<p>Parede 2 - P2 (p= 5,0cm; i= 6%; c/e=10,0cm)</p> <p>Área= 0,1872m<sup>2</sup></p> 	<p>Parede 6 – P6 (p=5,0cm; i= 20%; c/e=10,0cm)</p> <p>Área= 0,1646m<sup>2</sup></p> 
<p>Parede 3 – P3 (p=12,0cm; i= 6%; s/e)</p> <p>Área= 0,1693m<sup>2</sup></p> 	<p>Parede 7 – P7 (p=12,0cm; i= 20%; s/e)</p> <p>Área: 0,1920m<sup>2</sup></p> 
<p>Parede 4 – P4 (p=12,0cm; i= 6%; c/e=10,0cm)</p> <p>Área= 0,3002m<sup>2</sup></p> 	<p>Parede 8 – P8 (p=12,0cm; i=20%; c/e=10,0cm)</p> <p>Área: 0,2730m<sup>2</sup></p> 

Fonte: adaptado de Zucchetti (2016)

Comparando a figura 23 - análise do comportamento do fluxo de água pela lateral do peitoril - com a figura 18 deste trabalho, percebe-se que o fluxo de água dos ensaios de Zucchetti (2016) são mais concentrados, além de apresentarem um escoamento que retorna para a parede. Esta característica também é atribuída à diferença de vazão encontrada em cada trabalho. Neste trabalho entende-se que a vazão maior faz as gotas de chuva terem menor diâmetro e, com a velocidade do vento - que é constante e a mesma nos dois trabalhos - dispersam com mais facilidade e, desta forma, tornam o escoamento da água que passa pela esquadria mais fraco e a água praticamente não é direcionada de volta para a parede em sua trajetória.

Figura 23 – Comportamento do fluxo de água no sentido transversal nos modelos estudados por Zucchetti(2016)



Fonte: adaptado de Zucchetti (2016)

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entende-se que o ideal é que o método de pesquisa contemple repetições de, no mínimo, 3 vezes cada ensaio, porém, estes ocorrem uma vez por semana, para que a parede tenha o tempo necessário de secagem e não comprometa o ensaio com umidade de ensaios anteriores; portanto, é necessário mais tempo de pesquisa para que se possa fazer ensaios mais completos. Ao avaliar as paredes foi observado que as mesmas podem ter uma variação de inclinação, pois estão apoiadas em um estrado de madeira, dessa forma é indicado que os próximos estudos possam reavaliar o suporte das mesmas. Indica-se que para melhores registros fotográficos a câmera lateral possa ser fixada direcionada a parede e possa ser colocado um quadro preto na lateral do sistema, assim como foi utilizado no fundo dos ensaios. Uma particularidade do modelo experimental é que a ligação de água é feito por um registro de pressão de forma manual, o que pode ocasionar diferentes vazões de água em um mesmo ensaio, causando variabilidade nos resultados. Portanto, indica-se que, para trabalhos futuros, possa ser utilizado um mecanismo com mais precisão, idealmente ajustando a vazão de forma que seja sempre a mesma. E para os ensaios com consideração da temperatura, indica-se que seja medida a temperatura da água e ambiente durante toda realização de ensaios, como a cada ciclo conforme é retirada a fotografia na câmera termográfica.

Na análise de resultados conclui-se que o peitoril P3 (com corte de indução da água para as laterais da janela) obteve resultados mais satisfatórios, já que apresentou a maior área protegida e a menor quantidade total de água coletada, assim como uma distribuição mais uniforme do percentual de água nos recipientes localizados abaixo do peitoril. Porém, vale ressaltar que as laterais da parede receberam a maior quantidade de água de todo o sistema, assim como um percentual maior do que nas outras configurações ou, aproximadamente, 80%. Portanto, é necessário uma análise mais detalhada de outras consequências que possam existir desse fluxo mais contínuo de água na parede abaixo do peitoril, mas descontínuo nas laterais.

O peitoril P4 (com elemento de indução da água) foi diferenciado, com a maior quantidade de água total coletada no ensaio. A água foi distribuída em, aproximadamente, 50% nos coletores logo abaixo do peitoril e o restante nas laterais.

Os ensaios com os peitoris PR (peitoril de referência) e P2 (com corte de indução da água para o centro da janela) desenvolveram resultados muito parecidos, sendo a quantidade de água total coletada durante o ensaio de chuva dirigida com curvas parecidas e intermediário aos ensaios P3 e P4, assim como a distribuição dos percentuais coletados pelas bombonas logo abaixo do peitoril (numero 3 a 10) de, aproximadamente, 40%. Em relação à área protegida, as paredes apresentaram comportamentos muito semelhantes, sendo a de referência com a menor área protegida de todos os



protótipos. Portanto, pode-se concluir que a presença de detalhes na superfície do peitoril pode contribuir, comparativamente, para a redução da presença de água na superfície do modelo.

Analisando-se a distribuição da chuva ao longo da dimensão da parede, percebe-se que em todos os ensaios houve um fluxo de água mais efetivo na lateral esquerda, o qual pode ser justificado por algum desvio no alinhamento do sistema, (do modelo, do aspersor de água ou do aspersor de vento), o que é considerada uma dificuldade do ensaio, pois, para todos eram refeitos os alinhamentos. O sistema de aspersão de água, por exemplo, que é composto de 2 aspersores, poderia não só estar desalinhado, como também com algum entupimento da tubulação ou de frestas dos jatos.

Considerando os resultados encontrados por Zucchetti (2016) – os quais diferenciam-se devido à inclinação do peitoril e à vazão total do sistema - a parede de referência deste trabalho apresentou curva similar quanto à área protegida e quanto à água coletada. Porém, neste estudo, com o peitoril de inclinação de 12% e vazão de aspersão maior, de 8L/min, os resultados apresentam menor área protegida e menor quantidade de água coletada. Identifica-se que a mudança de vazão possivelmente ocasiona a redução do diâmetro da gota da chuva nos aspersores, provocando possíveis mudança no direcionamento da chuva pelo vento e, conseqüentemente, há mudanças na quantidade de água coletada e nas características de área protegida. Como as características de vazão e inclinação são muito importantes neste estudo, há uma dificuldade de comparação abrangente com outros trabalhos, pois os resultados são dependentes destas especificações.

Como sugestão para trabalhos futuros, a análise da dispersão da água influenciada pelo vento, pois quanto maior a vazão que passa pelo aspersor, menor é o diâmetro das gotas de água. É necessário ainda, uma avaliação de durabilidade dos cortes dos peitoris, neste estudo não foram observadas fragilidades, já que a profundidade do corte era pequena em relação a espessura do peitoril. Aprofundar conhecimentos sobre outras possibilidades de análise como o uso de sensoriamento remoto é uma interessante possibilidade de pesquisa também.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4**. Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE Rio de Janeiro: ABNT, 2013

BAHERU, T. A.; CHOWDHURY, A. G.; PINELLI, J. P.; BITSUAMLAK, G. **Distribution of wind-driven rain deposition on low-rise buildings: Direct impinging raindrops versus surface runoff**. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, v. 133, nov. 2014, pg. 27–38.

BAUER, E.; PAVÓN, E. (2015). **Termografia de infravermelho na identificação e avaliação de manifestações patológicas em edifícios**. Concreto & Construções 1809-7197. 79. 93.

CHOI, E. C. C. **Wind-Driven Rain on Building Faces and The Driving-Rain Index**. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, v. 79, n. 1/2, p.105-122, jan. 1999.

GIONGO, M.; PADARATZ, I. J.; LAMBERTS, R. **Determinacao da exposicao a chuva dirigida em Florianopolis, SC: indices de chuva dirigida e metodos semi-empiricos**. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 11, n. 1, p. 7-23, jan./mar. 2011.

MELO JUNIOR, C. M. **Influencia da Chuva Dirigida e dos Detalhes Arquitetonicos na Durabilidade de Revestimentos de Fachada**. 204 f. Dissertacao (Mestrado em Geotecnia - Programa de Pos-Graduacao em Geotecnia, Construcao Civil e Mecanica das Estruturas, Universidade Federal de Goias, Goiânia, 2010.

MELO JUNIOR, C. M.; CARASEK, H. **Indices de chuva dirigida direcional e analise do nível de umedecimento em fachadas de edificio multipavimentos em Goiania, GO**. Revista Ambiente Construido, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 23-37, jul./set. 2011.

MOCH, T. **Estudo da interface janela/ alvenaria: proposta de componente de conectividade**. 2009. 178f. Dissertacao (Mestrado em Engenharia Civil). Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

PETRUCCI, H. M. C. **A alteracao da aparencia das fachadas dos edificios: Interacao entre as condicoes ambientais e a forma construida**. Dissertacao (Mestrado em Engenharia Civil) 172 – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

POYASTRO, P. C. **Influencia da volumetria e das condicoes de entorno da edificacão no manchamento e infiltracao de agua em fachadas por acao de chuva dirigida**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

ROBINSON G.; BAKER M.C. **Wind-driven rain and buildings**. Technical Paper n. 445, Division of Building Research, National Research Council, Ottawa, Canada, 1975.

SILVA, J. M.; TORRES, M. I. **Deficiencias do desempenho dos peitoris na protecao das fachadas contra a accao da agua**. In: 1o Encontro Nacional sobre Patologia e Reabilitacao de Edifícios – PATORREB. FEUP, Porto, 2003.

SILVA, A. C. S. B.; GIRALT, R. P. **Estabelecimento de um Índice de Chuva Dirigida para Porto Alegre.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 95, Rio de Janeiro, 1995. Rio de Janeiro: ANTAC, 1995.

T. A.; CHOWDHURY, A. G.; BITSUAMLAK, G., MASTERS, F. J., TOKAY, A. **Simulation of wind-driven rain associated with tropical storms and hurricanes using the 12- fan Wall of Wind.** Building and Environment, v.76, jun. 2014, pg. 18–29.

VALLEJO, F. J. L. **Ensuciamiento de fachadas petreas por la contaminacion atmosferica. El caso de La ciudad de Valladolid: Universidad, Espana.** Informes de La Construccion, Madrid, Instituto Eduardo Torroja, v.41, n. 405, p. 45-72, 1990.

VIEIRA, A. A. **Influencia dos detalhes arquitetonicos no estado de conservacao das fachadas de edificacoes do patrimonio cultural do centro historico de Porto Alegre – Estudo de caso.** Dissertacao (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

ZUCCHETTI, L. **Influência das características do peitoril no molhamento dos paramentos próximos às janelas frente a chuva dirigida.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

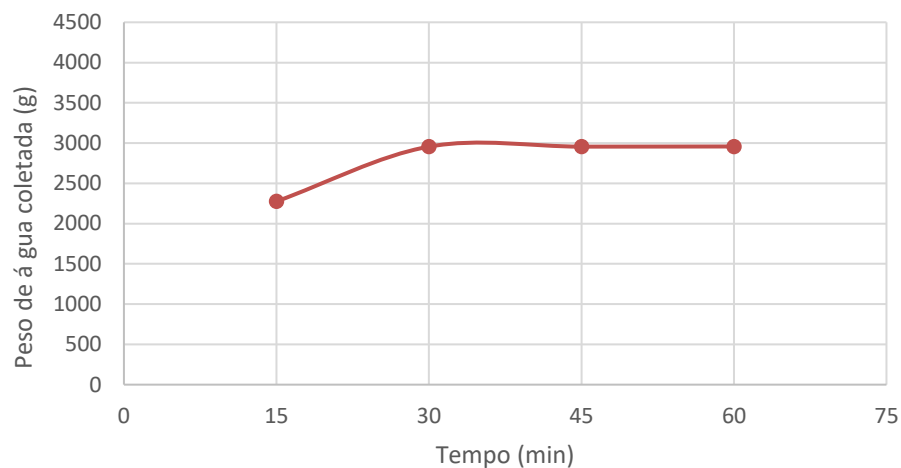
## APÊNDICE A - Resultados experimentais

### a) Parede de referência – PR

A parede com o peitoril de referência foi implementada como sendo a base dos demais ensaios, onde a configuração escolhida permanece como padrão de todos. Os demais diferenciam-se por cortes ou sobreposições de elementos. O peitoril de referência possui um formato que já é utilizado com frequência na construção de edificações.

Ao longo do ensaio de chuva dirigida, foi coletada a quantidade de água que escorria, por meio de bombonas interligadas ao coletor fixado na parede. Na figura 1 é apresentado o gráfico que demonstra a quantidade de água coletada ao longo do tempo de ensaio da parede de referência. A pesagem da água é feita ao final de cada ciclo de 15 minutos de ensaio.

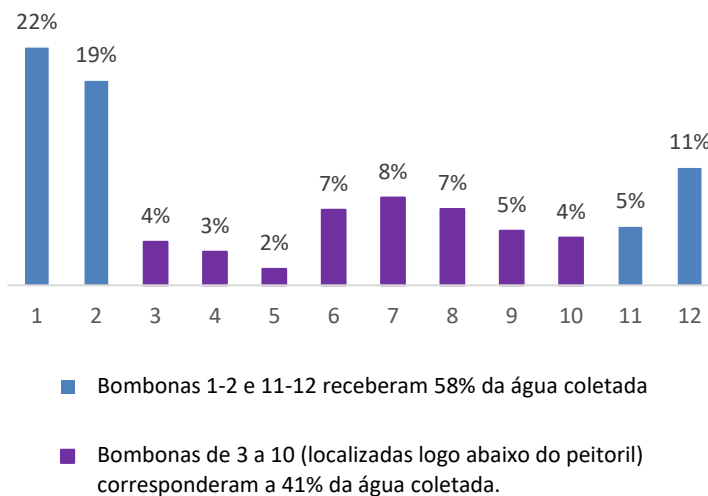
Figura 1 - Quantidade de água coletada ao longo dos ciclos do ensaio de chuva dirigida da Parede de Referência (PR)



(Fonte: autora)

O gráfico demonstra que teve aumento ao longo do tempo na quantidade de água coletada, principalmente no primeiro ciclo, o que confirma que o revestimento da parede absorve certa quantidade, principalmente no primeiro ciclo de 15 minutos. Posterior ao ciclo inicial a quantidade de água coletada permanece sendo praticamente a mesma. Na análise da quantidade de água armazenada nos coletores bem abaixo do peitoril, os recipientes 3 a 10 receberam cerca de 40% da água que escorreu pela parede, sendo, então, as laterais do peitoril e da parede os pontos que receberam o maior escoamento da água, de 60% de toda água coletada no ensaio, conforme pode ser visualizado na figura 2.

Figura 2 - Percentual da quantidade de água coletada em cada bombona ao logo dos ciclos do ensaio de chuva dirigida da Parede de Referência (PR)



(Fonte: autora)

Considerando os registros fotográficos de chuva colorida durante o período de 1 minuto e 30 segundos – após este tempo o anil na água começa a perder a coloração - pode-se identificar, na figura 3, que a parede de referência apresenta um comportamento de molhamento, onde as laterais embaixo do peitoril apresentam maior área protegida e a menor área protegida acontece mais no centro da parede. Deve-se lembrar que, conforme Petrucci (2000) afirma, a esquadria apresenta grande quantidade de água de escoamento, já que os materiais não absorvem a água como os demais revestimentos da fachada. Portanto, no centro da janela, o fluxo de água mais intenso ocasiona uma menor área protegida abaixo do peitoril.

Figura 3 - Ensaio de chuva colorida na Parede de Referência (PR)

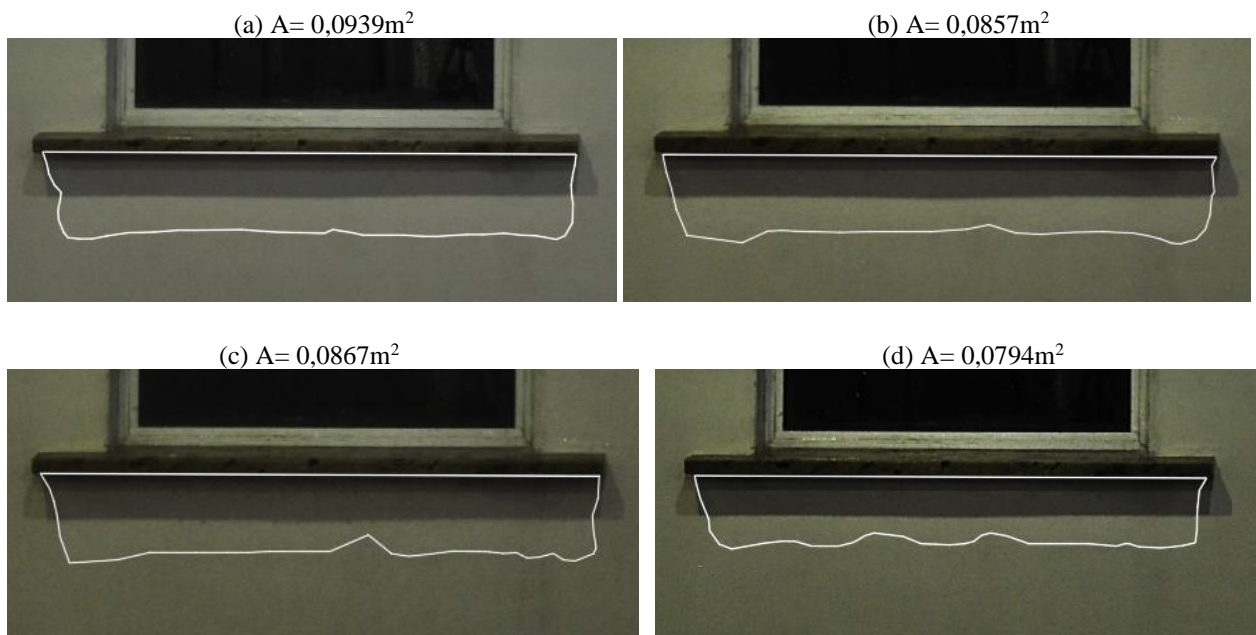


(Fonte: autora)

Na figura 4, pode-se visualizar o aspecto final da evolução do molhamento da parede. No decorrer do ensaio de chuva dirigida, a área protegida nas laterais vai diminuindo, devido ao fluxo de água que vai aumentando ao longo do tempo, pois a maior absorção de água do revestimento acontece no início do molhamento da parede.

Figura 4 - Área protegida ao longo dos ciclos do ensaio de chuva dirigida da Parede de Referência (PR)

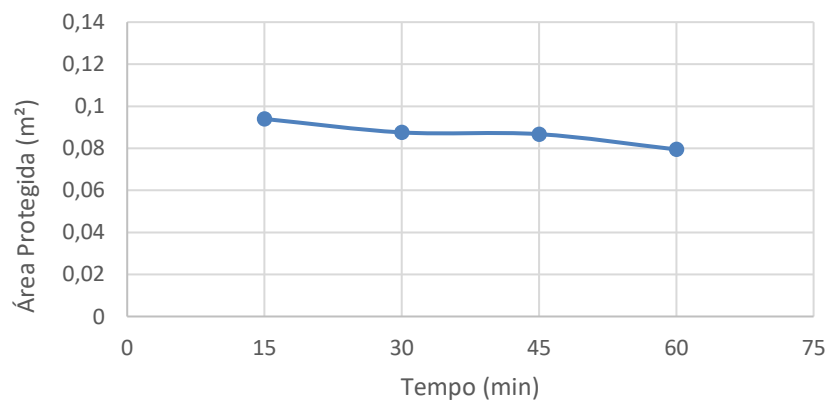
(a) Após ciclo 1 (15 minutos de ensaio); (b) Após ciclo 2 (30 minutos de ensaio); (c) Após ciclo 3 (45 minutos de ensaio); (d) Após ciclo 4 (60 minutos de ensaio).



(Fonte: autora)

Com os dados extraídos das fotografias, foi plotado o gráfico da área protegida ao longo do tempo, mostrado na figura 5. A área protegida da parede de referência foi diminuindo ao longo do ensaio devido à frente de umidade, que vai molhando o revestimento da parede.

Figura 5 - Quantificação da área protegida ao longo dos ciclos do ensaio de chuva dirigida da Parede de Referência (PR)



(Fonte: autora)

Na figura 6, pode-se visualizar o escoamento da água da chuva pelo peitoril referênci. Ao longo do ensaio, a água tem escoamento direto da aresta do peitoril, sem retornar para parede.

Figura 6 – Foto do fluxo de escoamento da chuva observado pela lateral da parede no ensaio de chuva dirigida

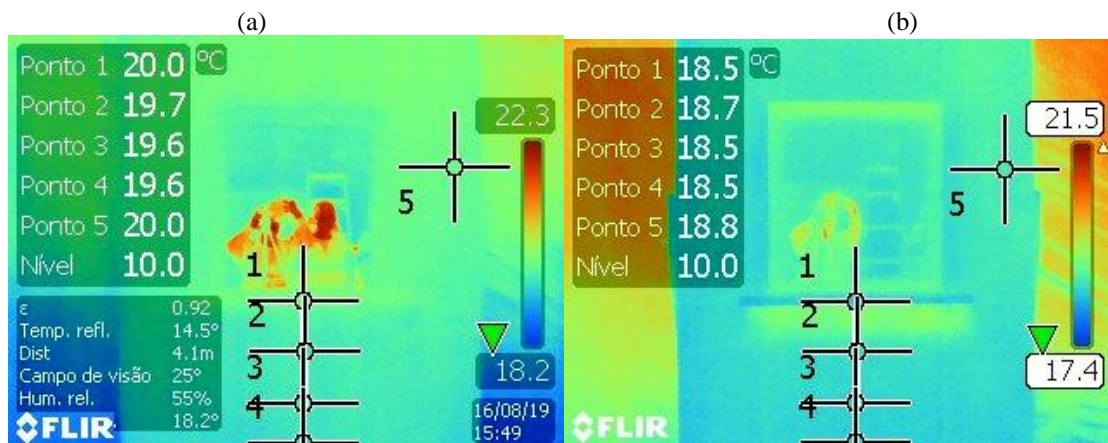


(Fonte: autora)

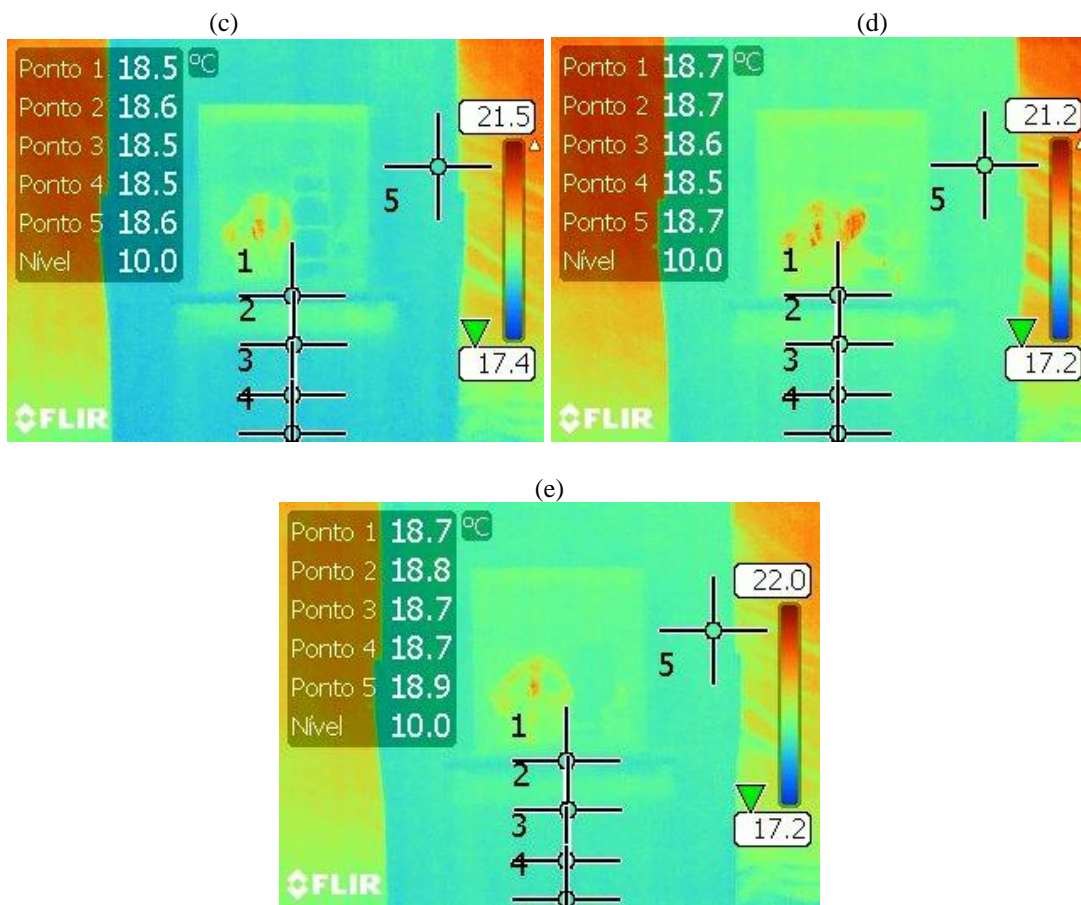
Diferentemente da demarcação do ensaio de chuva colorida, que acontece por 1 minuto e 30 segundos, na análise de registros com a câmera termográfica nota-se que ao final do primeiro ciclo de 15 minutos a parede já não apresenta tanta diferença do molhamento das laterais para o centro, conforme pode ser visualizado na figura 7.

Figura 7 - Registros da câmera termográfica ao longo do ensaio de chuva dirigida na Parede de Referência (PR)

(a) Antes do início do ensaio; (b) Após ciclo 1 (15 minutos de ensaio); (c) Após ciclo 2 (30 minutos de ensaio); (d) Após ciclo 3 (45 minutos de ensaio); (e) Após ciclo 4 (60 minutos de ensaio)



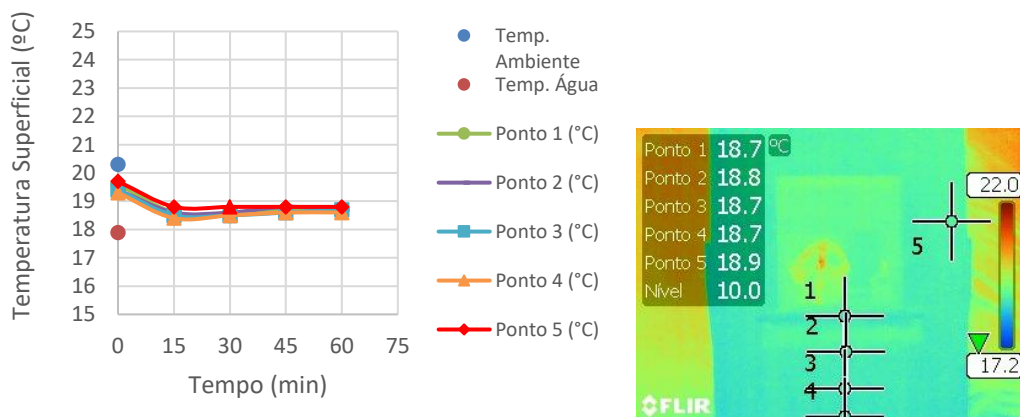




(Fonte: autora)

Ao observar os registros de termografia, percebe-se uma mancha com coloração pouco mais azulada logo abaixo do peitoril no canto direito. Essa característica é explicada possivelmente pela existência de algum ponto de infiltração de água na parede, o qual não foi encontrado na realização do teste. As temperaturas ao longo do tempo apresentadas nas fotos com a câmera termográfica, foram inseridas em um gráfico para serem analisadas, como pode-se verificar na figura 8:

Figura 8 - Temperatura superficial da parede ao longo dos ciclos do ensaio de chuva dirigida na Parede de Referência (PR)



(Fonte: autora)



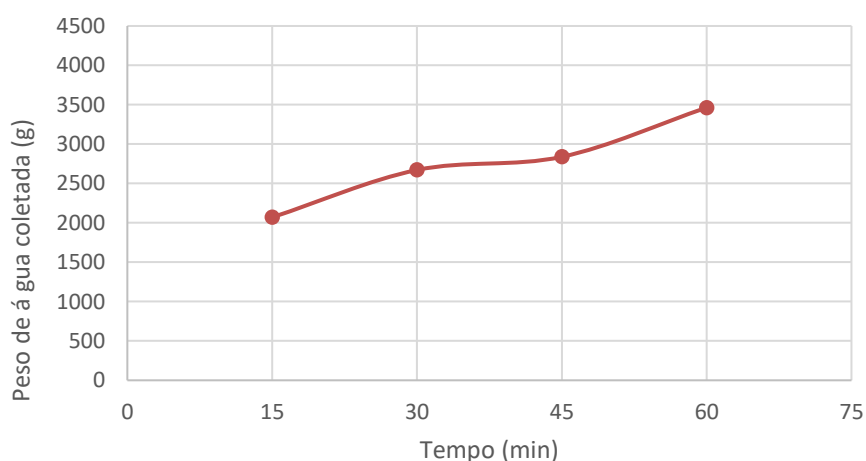
Ao analisar a curva das temperaturas no gráfico, identifica-se que, ao final do primeiro ciclo de ensaio houve a queda mais brusca de temperatura, pois a mesma tende a buscar um equilíbrio entre a temperatura ambiente e a da água. A temperatura ambiente antes do início do ensaio estava em 20,3°C e a temperatura da água em 17,9°C. Ao analisar as temperaturas ao final dos 60 minutos de ensaio, a temperatura dos pontos está, aproximadamente, em 18,5°C. As curvas não se sobrepõem, pois os pontos não estão sob as mesmas condições de molhamento, devido a configuração do peitoril, mas seguem o mesmo padrão.

a) *Parede com peitoril com corte de indução da chuva para o centro da janela – P2*

O peitoril P2 com um corte de indução da chuva para o centro da janela, teve como objetivo direcionar a água para o centro da parede e possibilitar a análise de resultados de molhamento da fachada em comparação com o peitoril que recebeu o corte de indução da chuva para as laterais da parede.

Ao analisar a quantidade de água da chuva captada pelos coletores ao longo do ensaio, foi plotado o gráfico mostrado na figura 9. A curva do gráfico demonstra que, ao longo do tempo, a coleta de água nas bombonas foi aumentando, justificado pela menor absorção de água das paredes ao longo do ensaio.

Figura 9 - Quantidade de água coletada ao longo dos ciclos do ensaio de chuva dirigida da Parede 2 (P2)

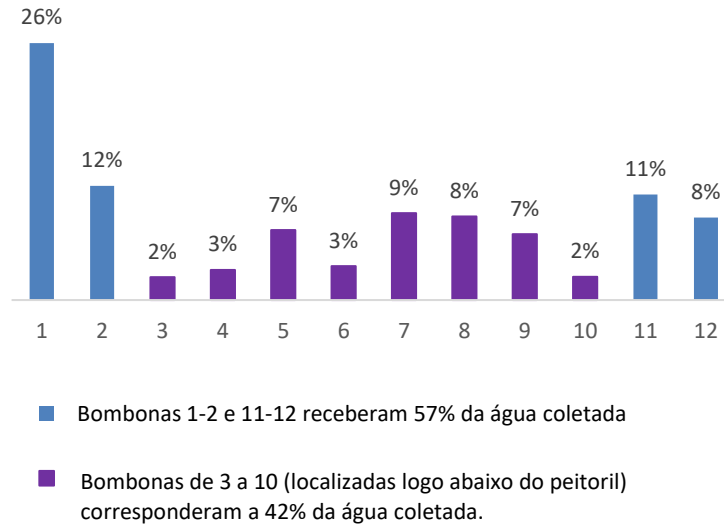


(Fonte: autora)

Da mesma forma que o ensaio da parede de referência, a análise da quantidade de água armazenada nos coletores bem abaixo do peitoril, do 3 ao 10, receberam aproximadamente 42% da água que escorreu pela parede, sendo que as laterais do peitoril e da parede recebem o maior escoamento, armazenando uma quantidade de 60% de toda água coletada no ensaio, conforme pode ser

visualizado pela figura 10.

Figura 10 - Percentual da quantidade de água coletada em cada bombona ao logo dos ciclos do ensaio de chuva dirigida da Parede com Peitoril 2 (com corte de indução da água para o centro da esquadria)



(Fonte: autora)

Considerando os registros fotográficos do ensaio de chuva colorida, após 1 minuto e 30 segundos de chuva, pode-se observar pela, figura 11, que a demarcação de área protegida foi mais uniforme, tendo mais ou menos a mesma altura nas laterais e no centro da parede.

Figura 11 - Ensaio de chuva colorida na Parede 2 (parede com corte de indução da chuva para o centro da janela)

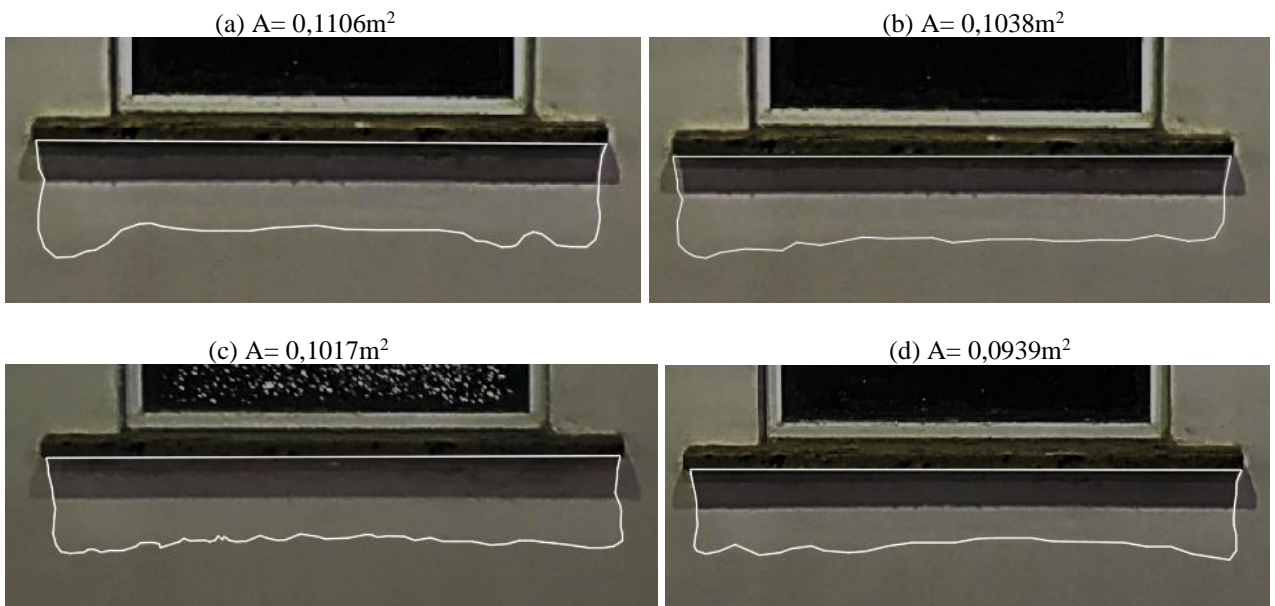


(Fonte: autora)

Os registros da chuva colorida apresentados na figura 11 estão semelhantes à foto final do ensaio de chuva dirigida, como pode ser visualizado na figura 12. Portanto, o aspecto final da evolução do molhamento da parede no ensaio de chuva dirigida não é muito diferente do início do ensaio. Ainda assim, a área protegida nas laterais continua sendo um pouco maior do que no centro na parede, explicado pelo fluxo mais intenso de água no centro da janela.

Figura 12 - Área protegida ao longo dos ciclos do ensaio de chuva dirigida da Parede 2 (P2)

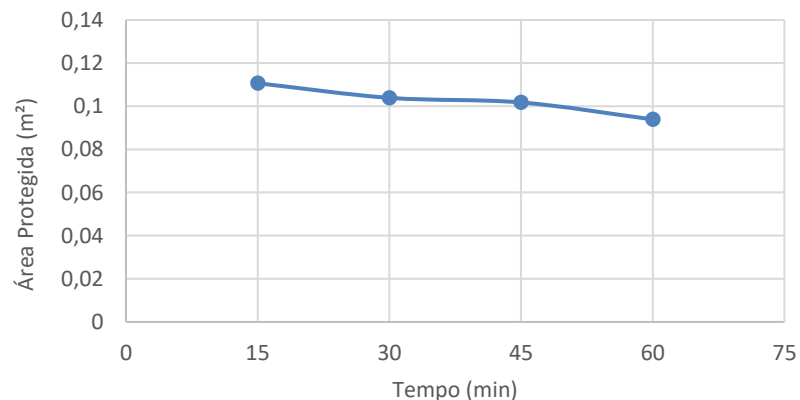
(a) Após ciclo 1 (15 minutos de ensaio); (b) Após ciclo 2 (30 minutos de ensaio); (c) Após ciclo 3 (45 minutos de ensaio); (d) Após ciclo 4 (60 minutos de ensaio).



(Fonte: autora)

A partir dos dados das áreas protegidas verificadas com as fotografias, foi plotado o gráfico observado na figura 13, de quantificação da área protegida de chuva na parede. Observa-se que a área diminui ao longo do tempo, que é explicado pela frente de umidade no ensaio.

Figura 13 - Quantificação da área protegida ao longo dos ciclos do ensaio de chuva dirigida da Parede 2 (P2)



(Fonte: autora)

Na figura 14, pode-se visualizar o escoamento lateral da água da chuva pelo peitoril 2 (com corte de indução da água para o centro da parede). Assim como na parede de referência, a água tem escoamento direto da aresta do peitoril sem retornar para parede.

Figura 14 – Foto do fluxo de escoamento da chuva observado pela lateral da parede no ensaio de chuva dirigida

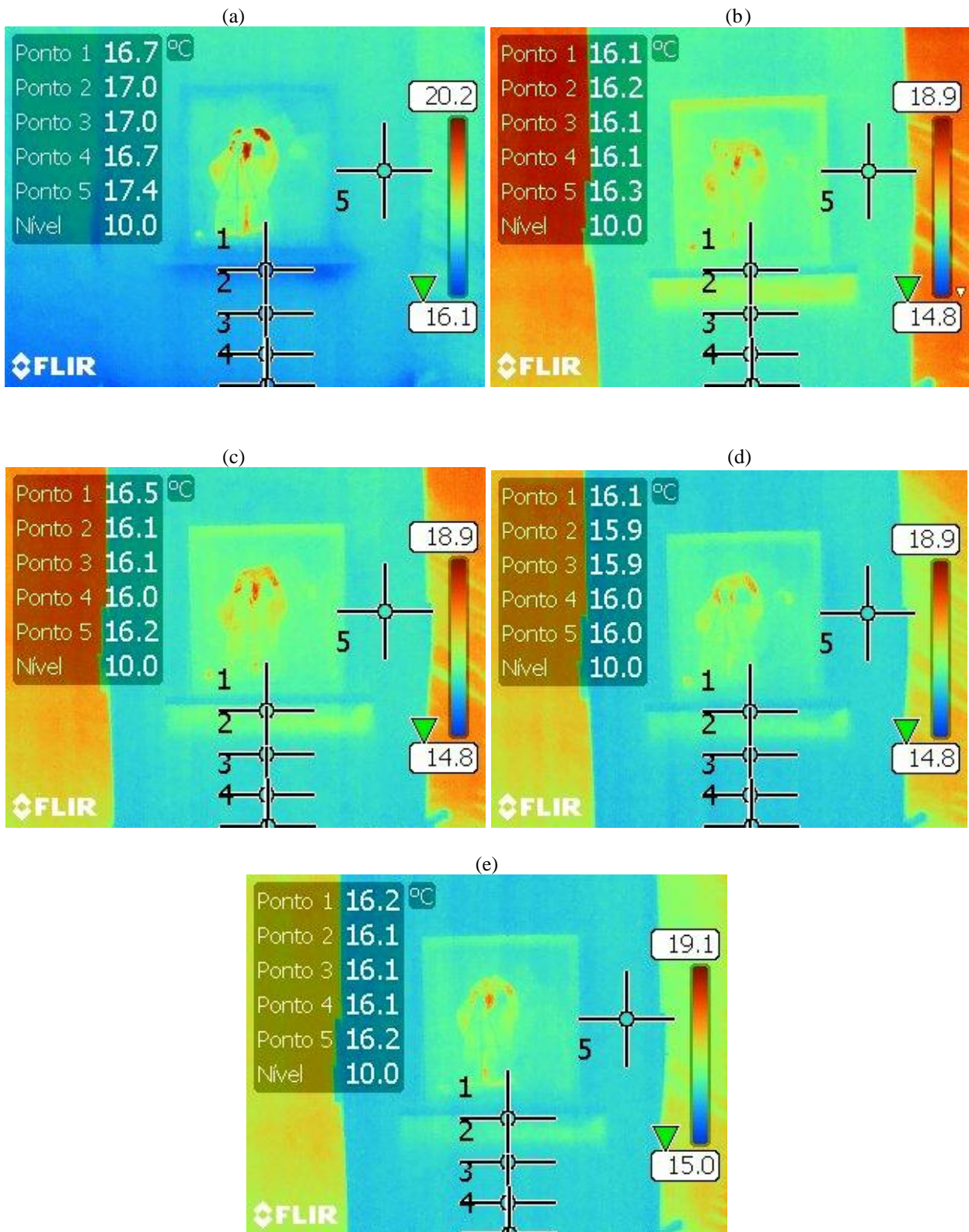


(Fonte: autora)

Com os registros da câmera termográfica, pode-se observar pontos de mesma temperatura e com valores muito próximos, principalmente na área embaixo do peitoril, como pode ser identificado na figura 15.

Figura 15 - Registros da câmera termográfica ao longo do ensaio de chuva dirigida na Parede 2 (P2)

(a) Antes do início do ensaio; (b) Após ciclo 1 (15 minutos de ensaio); (c) Após ciclo 2 (30 minutos de ensaio); (d) Após ciclo 3 (45 minutos de ensaio); (e) Após ciclo 4 (60 minutos de ensaio)



(Fonte: autora)

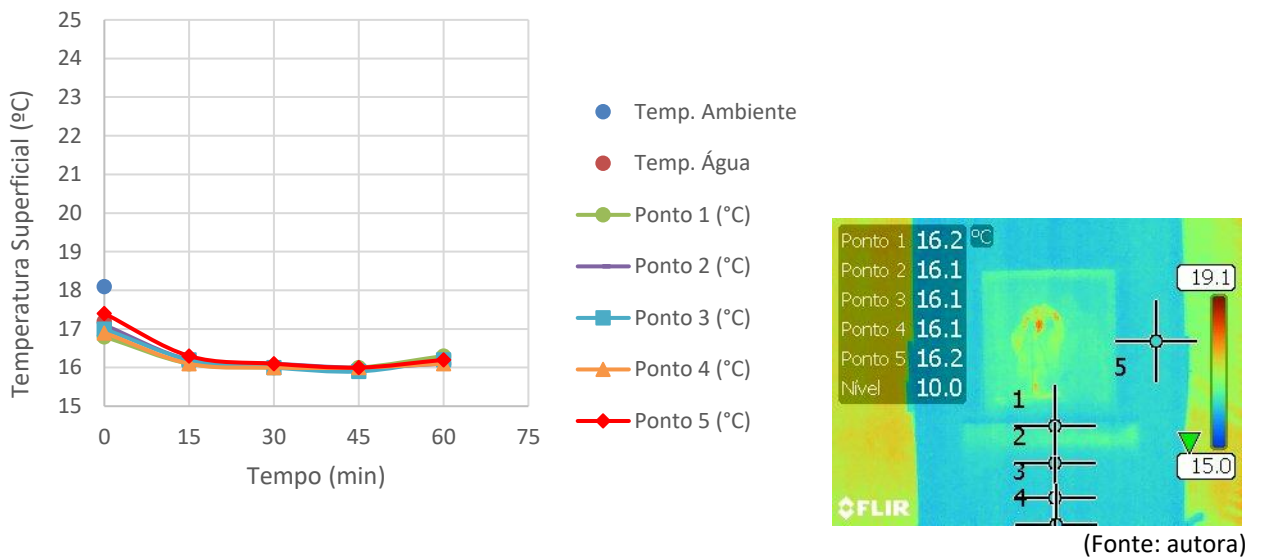
Ao analisar as imagens da câmera termográfica após o ciclo 2, no intervalo entre 15 e 30 minutos,



teve início uma mancha de umidade na lateral direita abaixo do peitoril, mas o ponto de infiltração não foi encontrado. Pela análise do fluxo lateral de escoamento da água é observado que esta não retorna do peitoril, sendo então, uma infiltração na parede do ensaio.

A partir das imagens da câmera termográfica, foi plotado o gráfico das temperaturas da parede ao longo do tempo (figura 16). Semelhante ao ensaio da parede de referência, após o primeiro ciclo de ensaio ocorreu a queda mais brusca de temperatura, momento o contato da água com o revestimento da parede.

Figura 16 - Temperatura superficial da parede ao longo dos ciclos do ensaio de chuva dirigida na Parede 2 (P2)

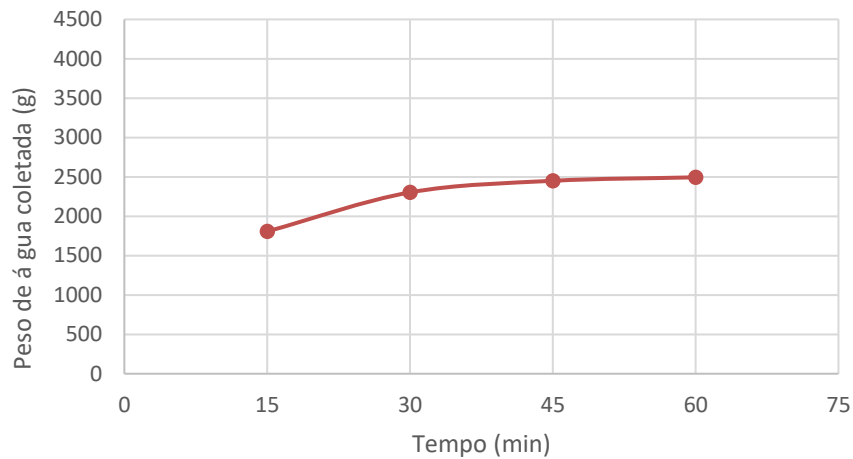


*b) Parede com corte de indução da chuva para as laterais da janela – P3*

Na parede P3, o peitoril recebeu um corte de indução da água da chuva para as laterais da janela, o que teve como objetivo verificar possíveis diferenças nos resultados em uma comparação com as demais paredes.

Na figura 17 é mostrado o gráfico da quantidade de água total coletada durante o ensaio de chuva dirigida. Da mesma maneira que nos demais ensaios, a curva do gráfico mostra que a coleta de água vai aumentando ao longo do ensaio, justificado pela maior absorção de água inicial pelo revestimento.

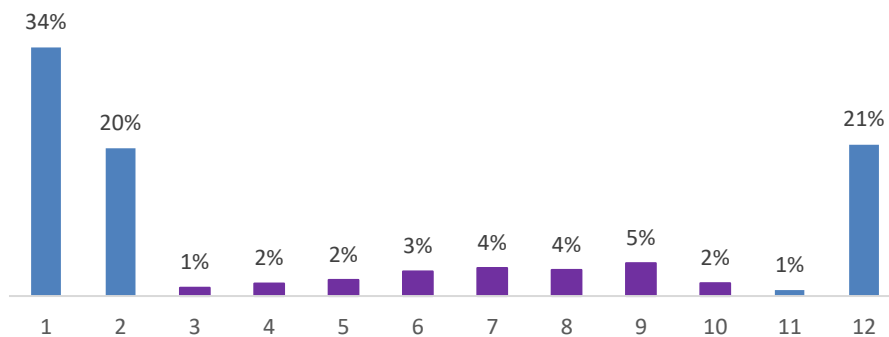
Figura 17 - Quantidade de água coletada ao longo dos ciclos do ensaio de chuva dirigida da Parede 3 (P3)



(Fonte: autora)

Em uma análise individual da quantidade de água que cada coletor armazenou ao longo do ensaio, diferentemente das paredes anteriores, os coletores de 3 a 10 foram responsáveis pela coleta de somente 20% da água retida no ensaio, sendo 80% do escoamento da água nas laterais da parede e peitoril, como pode ser observado na figura 18.

Figura 18 - Percentual da quantidade de água coletada em cada bombona ao longo dos ciclos do ensaio de chuva dirigida da Parede 3 (com corte de indução da água para as laterais da esquadria)



- Bombonas 1-2 e 11-12 receberam 77% da água coletada.
- Bombonas de 3 a 10 (localizadas logo abaixo do peitoril) corresponderam a 22% da água coletada.

(Fonte: autora)

Ao analisar os registros fotográficos do ensaio de chuva colorida, após 1 minuto e 30 segundos de chuva, pode-se observar, pela figura 19, que a demarcação da área protegida é mais parecida com o resultado da parede de referência, mostrado na figura 3, tendo como característica uma área protegida maior nas laterais do peitoril.

Figura 19: Ensaio de chuva colorida na Parede 3 (parede com corte de indução da chuva para as laterais da janela)



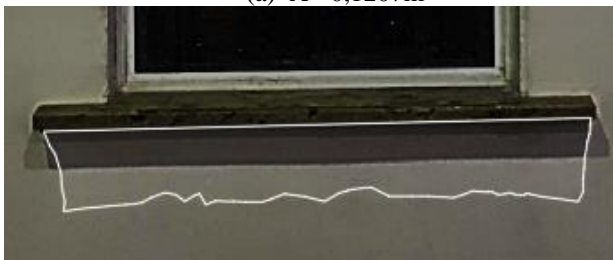
(Fonte: autora)

Ao analisar as imagens da figura 20, percebe-se que as áreas protegidas da parede ao longo do ensaio de chuva dirigida seguem o comportamento de molhamento semelhante ao encontrado nas demais configurações, em que o formato da área tende a ficar mais uniforme ao longo do ensaio, diferentemente da demarcação da chuva colorida, em que a área protegida nas laterais ficou bem acentuada.

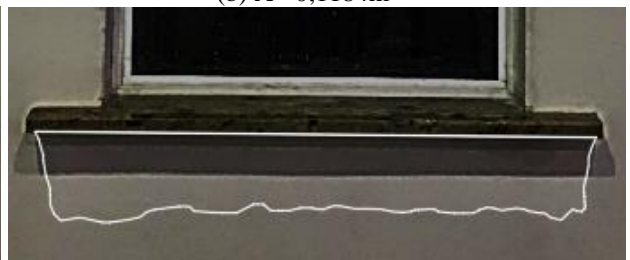
Figura 20: Área protegida ao longo dos ciclos do ensaio de chuva dirigida da Parede 3 (P3)

(a) Após ciclo 1 (15 minutos de ensaio); (b) Após ciclo 2 (30 minutos de ensaio); (c) Após ciclo 3 (45 minutos de ensaio); (d) Após ciclo 4 (60 minutos de ensaio)

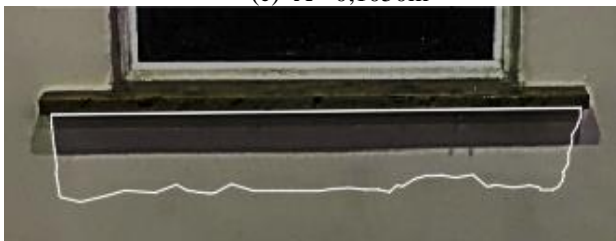
(a)  $A = 0,1207\text{m}^2$



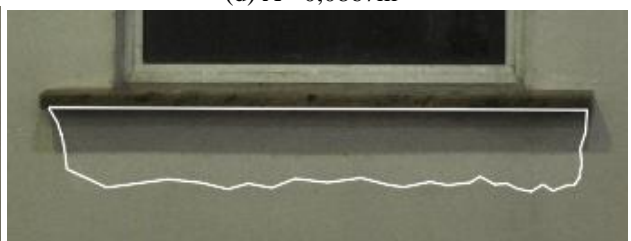
(b)  $A = 0,1184\text{m}^2$



(c)  $A = 0,1050\text{m}^2$



(d)  $A = 0,0867\text{m}^2$

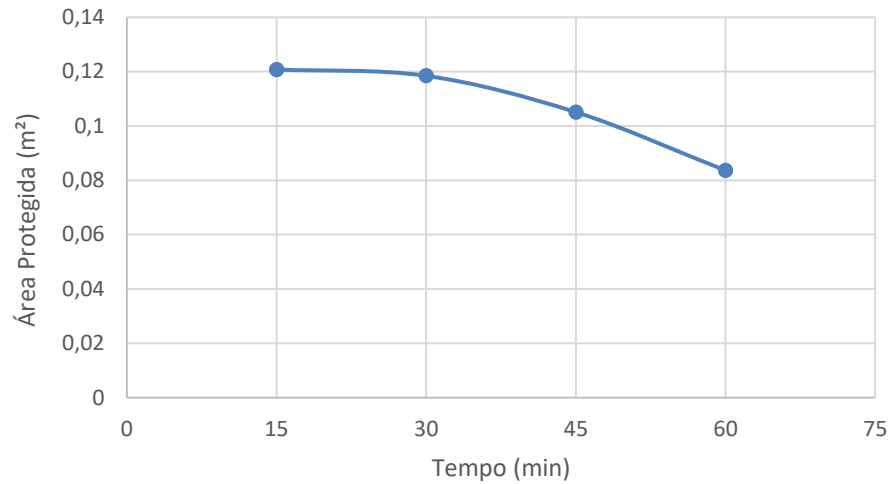


(Fonte: autora)



Por meio dos dados das áreas protegidas medidas com o software através das fotografias, foi plotado um gráfico, como pode ser observado na figura 21.

Figura 21 - Quantificação da área protegida ao longo dos ciclos do ensaio de chuva dirigida da Parede 3 (P3)



(Fonte: autora)

Na figura 22, visualizamos uma foto da lateral da parede P3, com o fluxo de água que escorre pelo peitoril. Podemos observar que a água escoou junto à porção frontal do elemento e não volta para próximo à parede ou coletor.

Figura 22 – Foto do fluxo de escoamento da chuva observado pela lateral da parede no ensaio de chuva dirigida

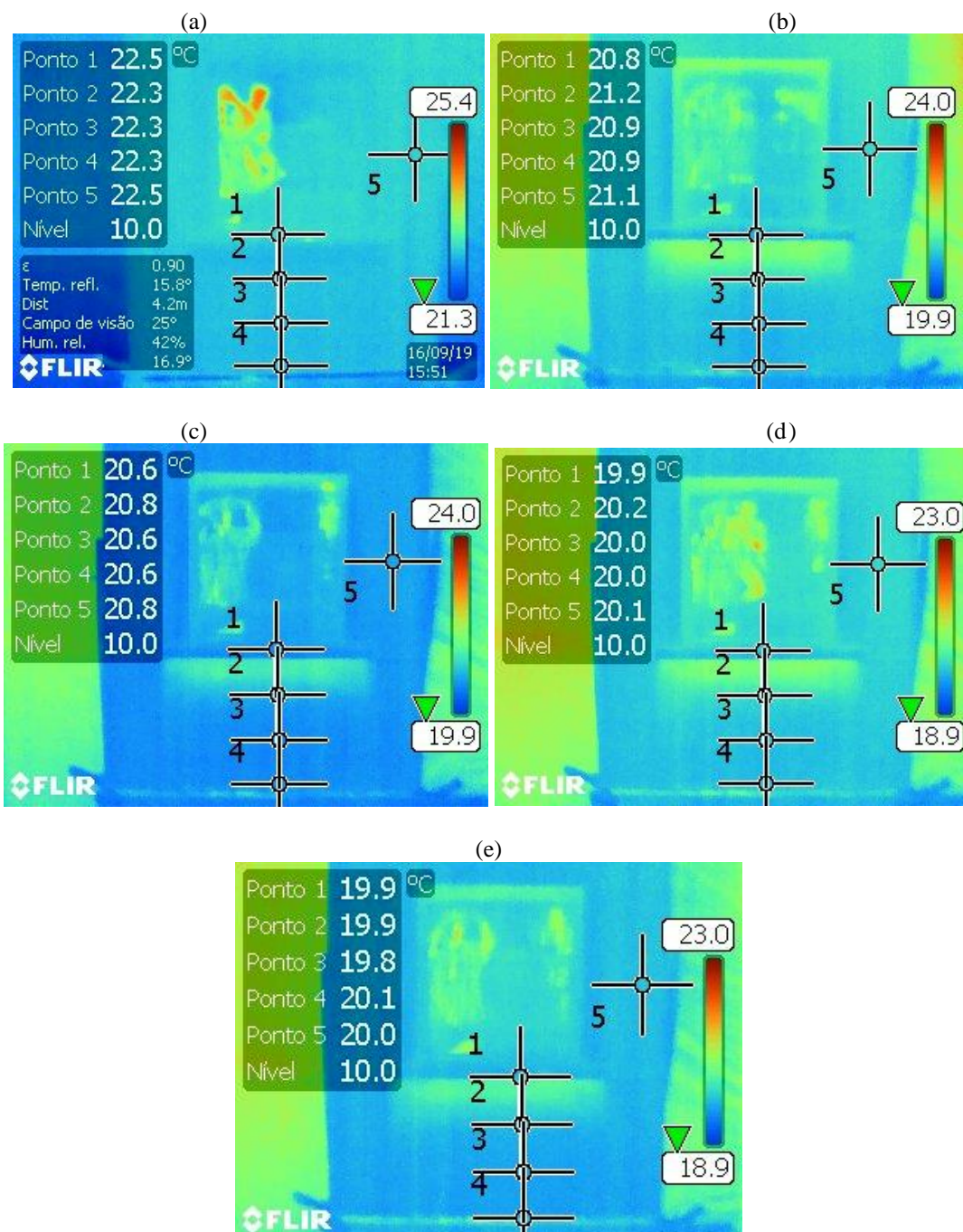


(Fonte: autora)

Na figura 23 podemos verificar o comportamento das temperaturas da parede ao longo do ensaio de chuva dirigida. Pode-se observar o avanço da frente de umidade, principalmente considerando o ponto 2, que, a partir do primeiro ciclo, encontra-se na interface entre área com diferentes temperaturas superficiais, e, ao final dos testes, localiza-se na área com menor temperatura superficial.

Figura 23 - Registros da câmera termográfica ao longo do ensaio de chuva dirigida na Parede 3 (P3)

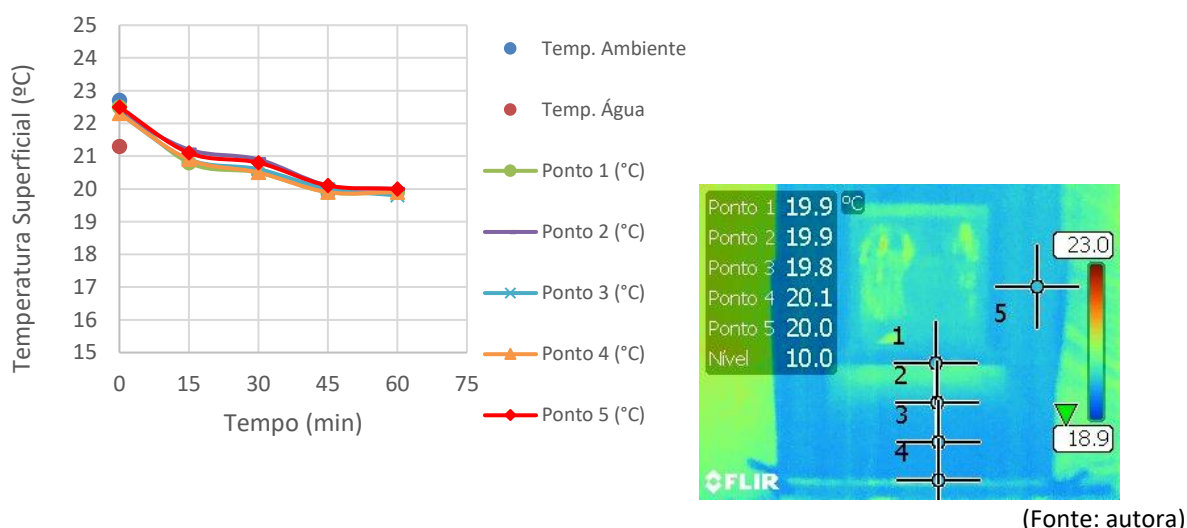
(a) Antes do início do ensaio; (b) Após ciclo 1 (15 minutos de ensaio); (c) Após ciclo 2 (30 minutos de ensaio); (d) Após ciclo 3 (45 minutos de ensaio); (e) Após ciclo 4 (60 minutos de ensaio)



(Fonte: autora)

Por meio dos dados da câmera termográfica, foi plotado o gráfico das temperaturas da parede ao longo do tempo, como pode-se verificar na figura 24. Na análise da curva do gráfico identifica-se que há uma queda de temperatura da parede ao longo dos ciclos de ensaio. Após primeiro ciclo, ocorre uma queda mais rápida da temperatura, da mesma forma que ocorreu nos demais ensaios, justificado por se tratar de um momento em que ocorre o contato da água com o revestimento da parede e quando o revestimento tem a maior absorção da umidade. Os ensaios aconteceram em tardes do mês de setembro, o que também explica a queda de temperatura ao longo do tempo.

Figura 24 - Temperatura superficial da parede ao longo dos ciclos do ensaio de chuva dirigida na Parede 3 (P3)

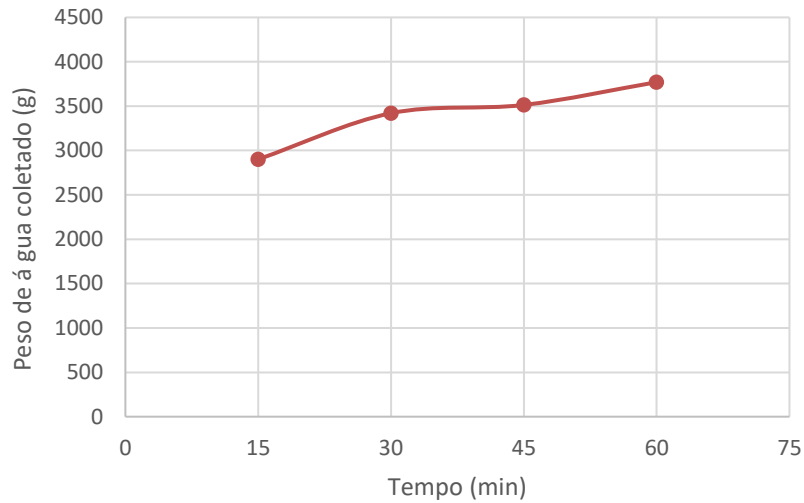


c) *Parede com elemento de indução da água – P4*

O peitoril da parede P4 recebeu um elemento de indução da água da chuva para o centro da janela, e teve como objetivo verificar possíveis diferenças nos resultados em uma comparação com as demais.

Com a quantificação da água da chuva coletada ao longo do ensaio foi plotado o gráfico da figura 25. É notável pelo gráfico que a quantidade de água nas bombonas foi aumentando ao longo do tempo, da mesma forma que ocorreu em todos os ensaios de chuva dirigida, característica que é explicada pela absorção de água do revestimento.

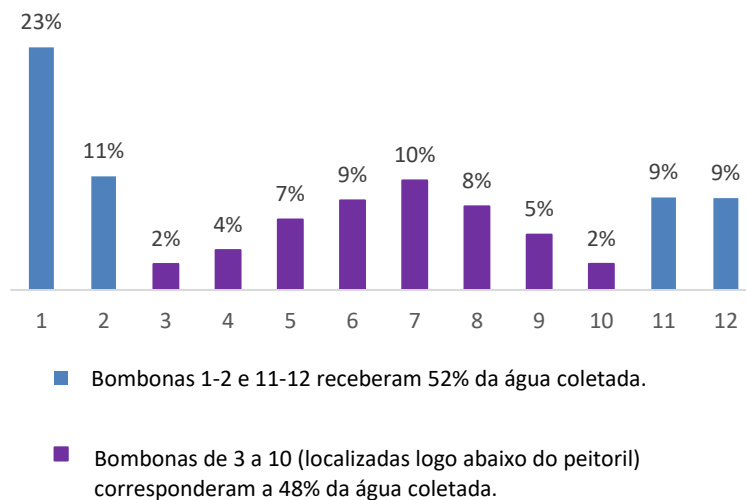
Figura 25 - Quantidade de água coletada ao longo dos ciclos do ensaio de chuva dirigida da Parede 4 (P4)



(Fonte: autora)

Na análise da figura 26, é observado que 48% da água coletada foi recebida pelas bombonas logo abaixo do peitoril (3 ao 10). A bombona do meio, número 7, recebeu a maior quantidade de água e as demais bombonas coletaram uma quantidade decrescente do centro xaté as laterais do peitoril. A bombonas que não estão concentradas abaixo do peitoril receberam pouco mais que 50% da água coletada.

Figura 26 - Percentual da quantidade de água coletada em cada bombona ao longo dos ciclos do ensaio de chuva dirigida da Parede 4 (com elemento de indução)



(Fonte: autora)

Na figura 27 verifica-se o manchamento da parede após ensaio de chuva colorida. A configuração do escoamento apresentou um formato intermediário entre a parede P2 e P3.

Figura 27 - Ensaio de chuva colorida na Parede 4 (parede com elemento de indução da água)

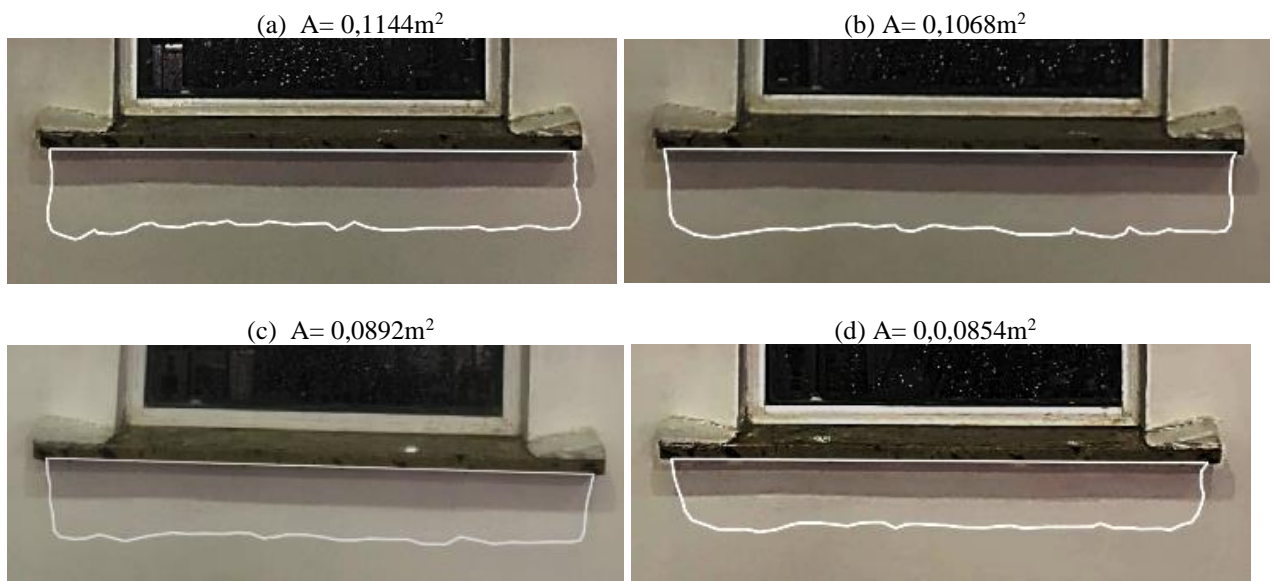


(Fonte: autora)

Podemos analisar na, figura 28, a demarcação das áreas protegidas de chuva, a qual vai diminuindo ao longo do ensaio.

Figura 28 - Área protegida ao logo dos ciclos do ensaio de chuva dirigida da Parede 4 (P4)

(a) Após ciclo 1 (15 minutos de ensaio); (b) Após ciclo 2 (30 minutos de ensaio); (c) Após ciclo 3 (45 minutos de ensaio); (d) Após ciclo 4 (60 minutos de ensaio)



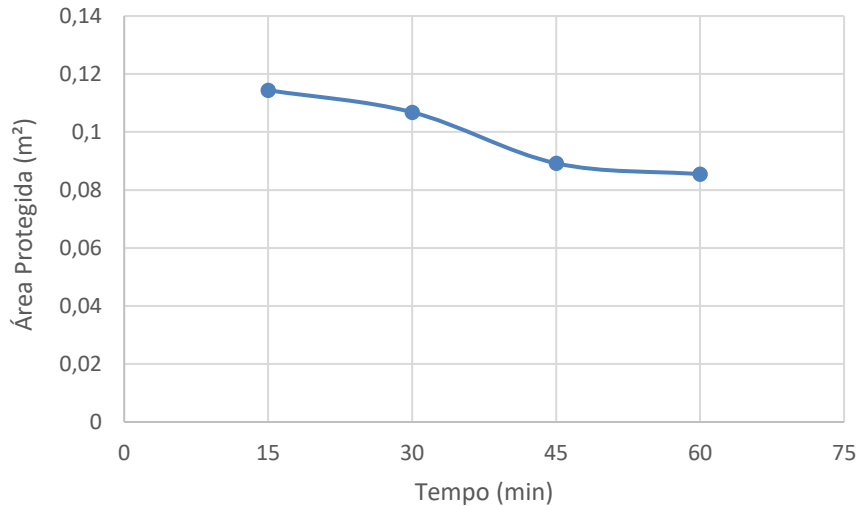
(Fonte: autora)

As áreas foram inseridas em um gráfico e pode-se visualizar, pela figura 29, que o comportamento



da área protegida de chuva é ter uma diminuição ao longo do tempo, pois o revestimento da parede absorve a umidade mais inicialmente e, após, apresenta-se saturado.

Figura 29 - Quantificação da área protegida ao longo dos ciclos do ensaio de chuva dirigida da Parede 4 (P4)



(Fonte: autora)

Visualizamos na figura 30, uma foto da lateral da parede P4, em que podemos observar o fluxo de água que escorre pelo peitoril. A água escoou rente a frente do elemento e não retorna para a parede ou coletor.

Figura 30 – Foto do fluxo de escoamento da chuva observado pela lateral da parede no ensaio de chuva dirigida



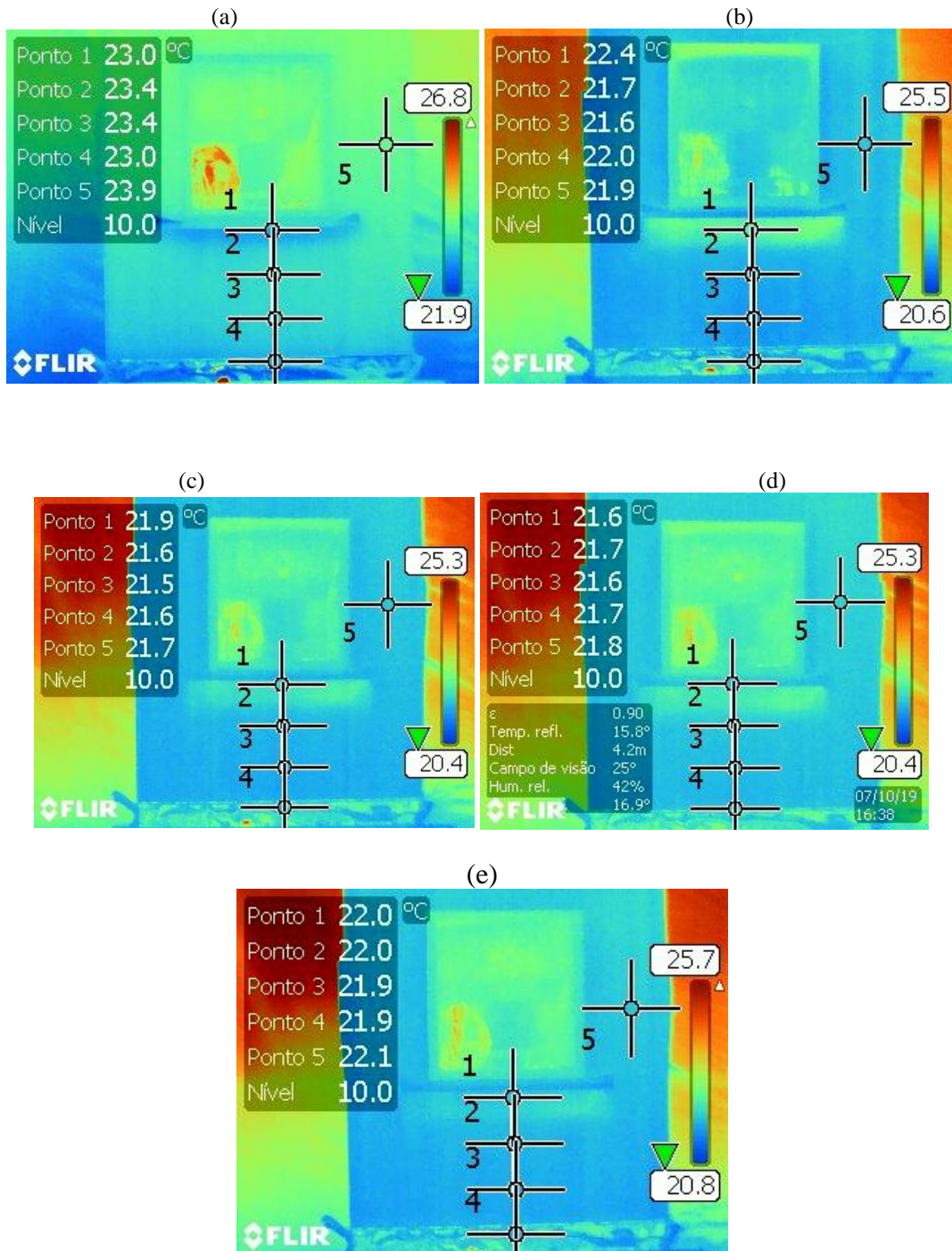
(Fonte: autora)

Com os registros da câmera termográfica observamos a uniformidade do molhamento da fachada ao longo do ensaio, como pode ser visualizado nos pontos 3 e 4, que tiveram temperaturas praticamente iguais em todos os ensaios, e no ponto 1 que possuiu valores de temperatura

diferenciados, demonstrando a área protegida da parede com temperaturas mais altas por não estar em contato direto com a água (figura 31).

Figura 31 - Registros da câmera termográfica ao longo do ensaio de chuva dirigida na Parede 4 (P4)

(a) Antes do início do ensaio; (b) Após ciclo 1 (15 minutos de ensaio); (c) Após ciclo 2 (30 minutos de ensaio); (d) Após ciclo 3 (45 minutos de ensaio); (e) Após ciclo 4 (60 minutos de ensaio)



(Fonte: autora)

Por meio das imagens da câmera termográfica foi plotado o gráfico das temperaturas ao longo do

tempo de ensaio, conforme figura 32. Percebe-se que há uma queda da temperatura após o primeiro ciclo de ensaio, assim como ocorreu nas demais verificações das outras paredes e, posteriormente, nota-se que a temperatura lentamente tende a aumentar um pouco, que se explica como sendo uma tentativa do meio de equilibrar a temperaturas dos materiais que entraram em contato, assim, o sistema como um todo recebe influência do meio externo também.

Figura 32 - Temperatura superficial da parede ao logo dos ciclos do ensaio de chuva dirigida na Parede 4 (P4)

