



XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído

XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído

JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

O IMPACTO DAS FACHADAS ENVIDRAÇADAS REFLEXIVAS NA CIDADE: DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA DE MEDIÇÃO PARA ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO URBANO

Maria Claudia de S. L. S. B. Barros (1); Ricardo N. Maioli (2)

(1) Estudante de graduação em Arquitetura e Urbanismo, mariaclaudia.arcline@gmail.com, FAESA, R. Prof. Belmiro Siqueira, 85, Enseada do Suá, Vitória/ES, CEP:29050-580, (27) 992455093

(2) Me, Professor do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo, ricardo.nacari@faesa.br, FAESA, Av. Vitória, 2220, Monte Belo, Vitória - ES, CEP 29053-360, (27) 2122-4100

RESUMO

Os elementos envidraçados reflexivos, muito utilizados em fachadas de edificações comerciais verticais, aos serem submetidos a influência da radiação solar, direta ou indireta, refletindo-a de sobremaneira no ambiente externo, podem acarretar aumento da temperatura superficial dos elementos urbanos e por consequência causar grande desconforto térmico aos transeuntes. Este artigo tem como objetivo definir uma metodologia de medição térmica dos elementos urbanos influenciados por essa reflexão, em virtude de o tema ser pouco explorado pela literatura, a qual se atrela a avaliar com mais afinco os efeitos térmicos dessa radiação internos às edificações. Neste propósito foram catalogadas as edificações com essa tipologia da cidade de Vitória-ES e escolhido um prédio para realização do estudo que possuísse uma das orientações mais influenciadas pela trajetória aparente do Sol para a região da cidade (Latitude 20°S). Os dados foram aferidos com um termômetro, um termômetro infravermelho, um medidor de energia solar e uma câmera termográfica. Os resultados da pesquisa apontaram respostas promissoras com relação à técnica utilizada constatando uma diferença de mais de 12°C de temperatura superficial entre elementos urbanos com e sem influência da radiação solar direta refletida nos elementos acristalados. Com isso, entende ser primordial o aprofundamento dessa área de pesquisa para trilhar parâmetros a ações governamentais que impeçam o uso desregrado desses elementos vítreos em fachadas de edifícios verticais tendo em vista o nítido impacto nas condições ambientais do seu entorno.

Palavras-chave: fachadas envidraçadas, conforto térmico urbano, metodologia de medição.

ABSTRACT

The reflective glazing elements used in vertical commercial building facades, when subjected to the influence of direct or indirect solar radiation, reflecting it excessively in the external environment, may lead to an increase in the surface temperature of the urban elements and cause great thermal discomfort to passersby. This article aims to define a methodology of urban thermal measurement influenced by this reflection, because the subject is little explored in the literature, which goes to evaluate more thoroughly the thermal effects of this radiation internal to the buildings. In this purpose, the buildings with this typology of the city of Vitória-ES were cataloged and a building was chosen to carry out the study that had one of the orientations most influenced by the apparent trajectory of the Sun for the region of the city (Latitude 20°S). The data were measured with a thermometer, an infrared thermometer, a solar energy meter and a thermographic camera. The results showed promising answers regarding the technique used, with a difference of more than 12 ° C of surface temperature between urban elements with and without influence of the direct solar radiation reflected in the glass elements. Therefore, it is essential to deepen this area of research to trace parameters to governmental actions to prevent the unregulated use of these vitreous elements in facades of vertical buildings, in view of the big impact on the environmental conditions of their surroundings.

Keywords: glazed facades, urban thermal comfort, measurement methodology

1. INTRODUÇÃO

Desde o início do século XX as edificações comerciais verticalizadas vêm utilizando cada vez mais fachadas envidraçadas como sinônimo de poder e requinte no mundo inteiro sem uma análise muito criteriosa sobre o seu uso (MICHELATO, 2007).

Sucedese que em decorrência da crise energética da década de 1970 o mercado se viu obrigado a criar soluções para reduzir o consumo energético interno das construções e uma das formas utilizadas, principalmente em países de clima quente e úmido, foi a inserção de vidros reflexivos como envelopamento dos edifícios (LIMA; LIMA; CARAM, 2017). E essa atitude não foi diferente na cidade de Vitória/ES (MAIOLI et al, 2016).

Nesse contexto, cabe registrar que projetos arquitetônicos devem ser realizados somente após um estudo antecipado das condições climáticas da região, da trajetória solar específica para a latitude do local (FROTA, 2004). Entretanto, edificações com fachadas acristaladas reflexivas vêm sendo inseridas no meio urbano apenas com intuito de embelezamento ou mesmo para resolver questões de conforto interno à edificação, transferindo para o seu entorno imediato um percentual expressivo de radiação solar, a qual pode causar sérios problemas ao meio urbano (ZHU; JAHN; REIN, 2019).

Asseveram Synnefa, Santamouris e Livada (2005) que é imperioso uma pesquisa prévia para avaliar o impacto dessas superfícies no microclima ao seu redor, de forma a evitar consequências indesejáveis como aumento do ofuscamento e de radiação solar refletida. Yang, Grobe e Stephen (2013) ainda complementam destacando que a envoltória interfere de forma marcante no meio externo, pois a sua má aplicação pode causar alterações significativas das condições ambientais do seu entorno, provocando superaquecimento do local, ofuscamento e até riscos à saúde do transeunte.

Ademais, a inadequada escolha de materiais no envelopamento dos edifícios também pode agravar os problemas relacionados às ilhas de calor e núcleos de calor urbano. Esses fenômenos acontecem em virtude de diversos fatores, dentre eles a concentração de edificações, a redução dos ventos em função da posição dessas edificações, a poluição do ar, a impermeabilização do solo e falta de drenagem, e a existência de materiais utilizados nessas edificações e no meio urbano que absorvem grande quantidade de radiação solar. (ALVAREZ; BRAGANÇA, 2018; BERNATZKY, 1982).

Nesse caso em apreço, situações relacionadas ao núcleo de calor são ainda mais preocupantes, principalmente em locais de clima quente e úmido, pois o meio urbano influenciado pelas radiações refletidas na fachada envidraçada, pode formar um microclima na altura do pedestre com temperaturas tão altas que podem significar a perda do uso daquele ambiente externo em virtude da sua não habitabilidade. (ALVAREZ; BRAGANÇA, 2018).

Assim, nas áreas urbanas, o aquecimento das superfícies é um dos fatores que implicam diretamente num aumento de temperatura nos centros urbanos, e nesse quesito, a radiação solar refletida tem íntima relação, pois quando ela incide sobre uma edificação e grande parte dessa energia é refletida e reemitida para o ambiente urbano em função do material empregado, contribui para o aumento da temperatura do ar (SANTAMOURIS et al, 1999).

Entretanto, a literatura atual acerca dos elementos vítreos reflexivos e sua metodologia de medição pouco tem aprofundado os estudos relativos à influência externa, priorizando pesquisas relacionadas ao conforto interno do usuário da edificação.

Diante disso, analisar o comportamento da reflexão da radiação solar, tanto direta quanto indireta, em vidros reflexivos utilizados como elementos de fachada, trilhando uma metodologia para a sua aferição no ambiente externo à edificação, em zona climática quente e úmida, é essencial para mitigar as complicações decorrentes de ilhas e núcleos de calor, viabilizando possíveis atuações governamentais capazes de alterar os padrões urbanos atuais, restringindo o uso de determinados tipos de materiais em fachadas caso afetem o seu entorno.

2. OBJETIVO

Este artigo tem como objetivo definir e validar uma metodologia para realizar medição térmica de elementos urbanos influenciada pela reflexão de radiação solar advinda de fachadas acristaladas com elementos reflexivos de edificações verticais comerciais.

3. MÉTODO

Diante disso, a metodologia se fundamenta, primeiramente, na identificação e mapeando das edificações comerciais verticais envidraçadas existentes na capital do Estado do Espírito Santo, através de um levantamento com base em dados institucionais e pesquisa de campo. No arrolamento, a metodologia de identificação apoiou-se nos parâmetros definidos na pesquisa realizada por Maioli e outros (2016) e

Lamberts, Ghisi e Ramos (2006), e, complementarmente, em quesitos levantados especificamente em virtude do estudo dos vidros reflexivos.

Diante disso, foram identificados: a quantidade e a localização (em ruas e bairros) das edificações com fachadas envidraçadas existentes na cidade de Vitória/ES; o uso da edificação (público/privado); o tipo do elemento envidraçado utilizado nas fachadas envidraçadas, destacando a cor do material e a presença ou não de reflexão; a existência, ou não, de elementos protetores ou recuos nas fachadas envidraçadas; a existência, ou não, de outros elementos, de forma alternada, nas fachadas envidraçadas; e, a orientação solar da fachada principal e das fachadas envidraçadas.

Para quase todos os itens analisados (levantamento realizado bairro a bairro) foram realizadas observações *in loco*, complementadas com registros fotográficos e auxiliadas pela ferramenta *Google Maps*.

Das 80 edificações com fachadas envidraçadas catalogadas (Figura 01), 10 foram filtradas pelos caracteres supra detalhados, e dentre estas uma foi escolhida para a realização das medições tendo em vista a melhor acessibilidade aos locais de medição e em virtude de estar inserida em orientação solar das mais afetadas pela trajetória aparente do Sol para a localização da cidade de Vitória (Latitude 20°S) (Figura 02).

O corte analítico baseou-se em: fachadas com vidros reflexivos em formato dependente, isto é, com aparência de “pele de vidro”; fachadas sem elementos de proteção ou algum tipo de recuo; fachadas sem elementos de outros materiais intercalando com a “pele de vidro”; edificações em sítios com pouca interferência de elementos do entorno (como vegetação e outras edificações) que pudessem sombrear os locais de medição. Também se priorizou na escolha, com intuito de investigar as múltiplas interferências da incidência solar, edificações que possuíssem orientações solares diferentes, com preferência para aquelas que mais são impactadas pela trajetória aparente do Sol na região da cidade de Vitória, localizada na Zona Bioclimática 08 (ABNT, 2005).



Figura 01 - Mapa de localização das edificações na cidade de Vitória – ES.

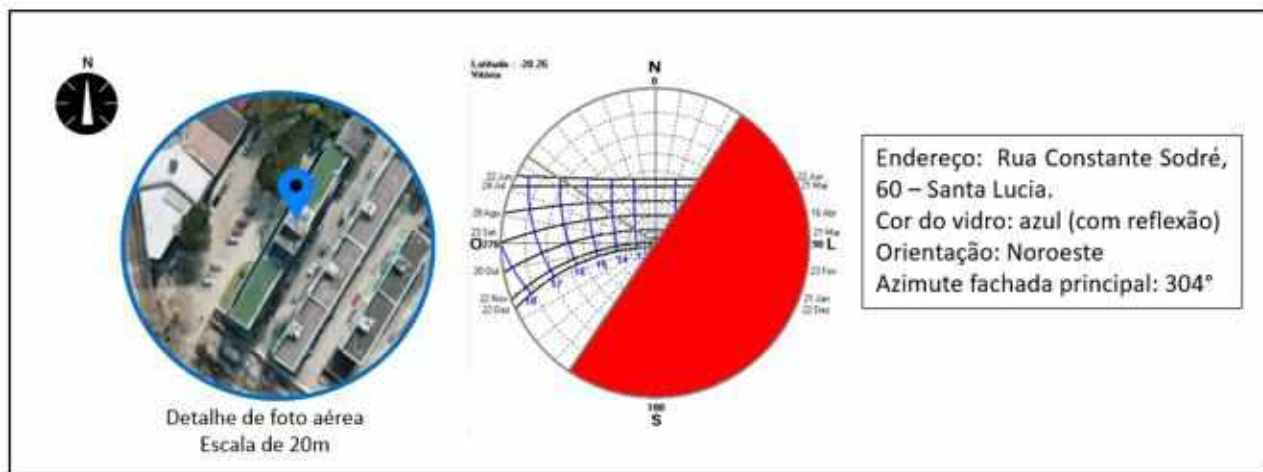


Figura 2 – Edificação para análise com sua respectiva carta solar demonstrando a incidência marcante do Sol na fachada envidraçada.

A seguir a esta escolha, efetuou-se um estudo de campo com uma abordagem sincronizada para apuração dos dados referentes à radiação solar incidente no meio urbano, refletida pelos elementos envidraçados utilizados na fachada do edifício e sua influência no aumento da temperatura superficial da calçada adjacente e do asfalto da caixa viária próxima a essa calçada. Vale destacar que não foram efetuadas medições nas calçadas opostas à edificação selecionada porque tais locais receberiam a influência de outros elementos do entorno, dificultando a análise específica da reflexão dos vidros.

Assim, integrou-se dados detectados por 4 diferentes equipamentos a observações climáticas de escala local fornecidas pela estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Para isso foram

utilizados: um termômetro infravermelho (modelo MT 320A), um medidor de energia solar (modelo SP-2000) e uma câmera termográfica (modelo *Flir One*) (Figura 03).





Termoanemômetro	Termômetro infravermelho	Medidor de Potência Solar	Câmera termográfica
			
TAD-500	MT 320A	SP-2000	FLIR ONE

Figura 03 - Ilustrações dos equipamentos de medição.

Para quantificar a temperatura superficial da calçada adjacente à edificação a medição foi realizada com tecnologia do espectro infravermelho. Uma unidade de medição de infravermelho é sensibilizada pela energia emitida, refletida e transmitida, focalizada pelo detector. Assim, o circuito eletrônico existente internamente ao equipamento converte essa energia recebida em uma medida que é exibida no visor do termômetro, possibilitando inclusive a realização da medição sem a necessidade de contato físico com o material (ALVES; VECCHIA, 2012). Isso é possível porque a radiação eletromagnética, de ondas longas, emitida pelos corpos é proporcional a sua temperatura (FERREIRA, 2018). Além disso, o equipamento, por ser portátil, proporciona maior facilidade de manuseio para a aquisição de dados referente aos impactos na temperatura de superfície de pavimentos urbanos (KOWALSKI; MASIERO, 2018).

Para se obter dados mais fidedignos à realidade fez-se necessário calibrar o equipamento à emissividade do material estudado antes de realizar a medição, pois já se constatou que a mudança desse valor pode significar marcantes alterações nos valores térmicos finais (AMORIM; MONTEIRO, 2014; MARINOSKI et al, 2010; AVDELIDIS; MOROPOULOU, 2003).

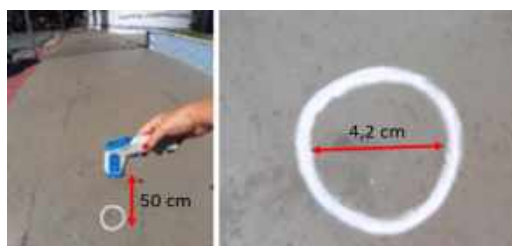
Vale destacar que, a emissividade, conforme já apresentado anteriormente, dita valores entre 0 e 1, sendo este último o valor de máxima emissividade. Para a medição da pesquisa foram escolhidas a calçada adjacente à edificação feita de concreto e a via logo a frente executada com asfalto porque são essas superfícies tipicamente urbanas que mais emitem radiação, isto é, são elas que mais contribuem para o aumento da temperatura do ar, estabelecendo o chamado clima urbano (ALVES; VECCHIA, 2012; CALLEJAS; DURANTE; ROSSETI, 2015; GARTLAND, 2010).

Com relação ao pavimento da calçada (concreto) determinou-se a emissividade em 0,94 conforme o *default* do aparelho, e no que tange ao asfalto, em virtude do manual do equipamento não determinar um valor exato de emissividade, muito em função da variação de componentes e tonalidades possíveis do mesmo, foi determinado o valor de 0,95 com base dos estudos de Alves e Vecchia (2012).

Quanto à distância, entre o instrumento e a substância a qual a temperatura superficial foi examinada, definiu-se uma medida de 50 cm acima da superfície de elemento com referência à pesquisa realizada por Kuang e outros (2015).

No intuito de viabilizar a medição exatamente no mesmo local, diminuindo possibilidade de influência de diferentes materiais, foi realizada uma marcação circular ao solo com uma fina camada de tinta branca (ALVES; VECCHIA, 2012) com diâmetro de 4,2 cm (na parte interna da circunferência) em virtude da escala de medição do aparelho ser 12:1, conforme manual (Figura 04).

As medições foram realizadas em 1 dia, no intervalo de 10h às 15h (KRUGER et al, 2018), simultaneamente nos pontos influenciados pela reflexão da radiação direta e indireta pela fachada envidraçada e nos pontos não diretamente influenciados, contudo, a gravação dos dados somente se iniciou após 3 segundos de acionamento do instrumento, possibilitando a sua estabilização (KUANG et al, 2015).



Figuras 04 - Ilustrações do método de coleta de temperatura superficial.

Para os pontos com influência direta da reflexão dos vidros das fachadas, foram selecionados locais mais ao centro da edificação, para que não houvesse possibilidade de erro nos dados, diante da comprovação realizada em simulação por Zhu, Jahn e Rein (2019). Também foram escolhidos locais que não tivessem qualquer influência de sombreamento pois este poderia interferir na coleta de dados (MONTEIRO; LEDER, 2011).

Já para os pontos sem ingerência da reflexão direta dos elementos envidraçados, não houve determinação padrão, dependendo da análise da trajetória solar em cada local/data.

Diante disso, próximo a edificação foram escolhidos 2 pontos (um na calçada e outro na via) que não sofressem influência das características físicas do entorno, como sombreamento, e nem da reflexão das fachadas envidraçadas.

Os pontos escolhidos para medição próximos à edificação podem ser visualizados nas projeções coloridas feitas sobre a imagem a seguir, sendo que as esferas vermelhas representam os locais com incidência direta da reflexão da fachada envidraçada e as azuis sem influência direta desses elementos (Figura 05).



Figura 05 – Pontos para medição próximos à edificação escolhida em vermelho e azul.

Para avaliar a qualidade numérica dos resultados, foi calculada uma média de 10 medições/hora de cada ponto escolhido, com base nos estudos realizados por Kuang e outros (2015), com 5 minutos de intervalo entre cada medição.



Figura 06 - Imagem ilustrando posição de leitura do equipamento de potência solar.

O medidor de energia solar global foi utilizado para obtenção dos dados da densidade da potência média da energia solar incidente sobre a superfície da calçada e da via adjacentes à edificação estudada para comprovar o grande impacto que esse dado causa no comportamento térmico superficial de materiais do ambiente urbano (MONTEIRO; LEDER, 2011).

As medições nesse equipamento foram realizadas simultaneamente à coleta de dados pelo termômetro infravermelho e nos mesmos pontos, contudo, o equipamento foi posicionado paralelamente à superfície de estudo com a ponteira de medição direcionada para o céu, a uma altura de aproximadamente 50 centímetros do pavimento (Figura 06). Essa distância foi definida primeiro por estar bem próxima à superfície estudada, conforme sugestões de Ferreira (2018), e depois por não possibilitar uma interferência tão grande do corpo do leitor no momento da medição, estando o mesmo sentado e um pouco afastado do campo de estudo.

Vale registrar que, todos os dados desses 2 equipamentos utilizados foram coletados em condições de tempo com céu claro, conforme descrições de Mascaró (1991), para minimizar ao máximo a interferência de radiação difusa, e com essa mesma condição climática registrada também nos dois dias anteriores para que garantisse uma constante, conforme estudos de Gonçalves, Cardoso e Carvalho (2017) e também de acordo com o item A.1.6 do anexo A da NBR 15575-1 (ABNT, 2013).

A título de comparação com os valores superficiais dos elementos urbanos, os valores de temperatura máxima do ar obtidos pelo INMET fornecidos pela Estação Meteorológica Automática de Vitória-ES para a data da medição também foram levantados. Aqui cabe ressaltar que os dados fornecidos pelo INMET estão em UTC, ou sejam, *Universe Time Coordinate* (tempo universal coordenado) que se refere a hora do Meridiano de Greenwich. Para analisar a exata hora do dia correspondente as horas da medição *in loco* deve-se aumentar 3 horas da tabela para se chegar ao horário de Brasília (NOGUEIRA, 2011).

Quanto à velocidade do vento, esta foi avaliada, tendo escolhido dia de medição em que este estivesse menor que 1 m/s, a fim de evitar que o processo de convecção causado pela ventilação natural na superfície alterasse os resultados no momento da medição (AMORIM; MONTEIRO, 2014; ALBATI; TONELLI, 2010; ALVES; VECCHIA, 2012). Para comprovação desses dados foi utilizado um termo-anemômetro digital antes de realizar as medições no termômetro infravermelho e de energia solar. Esse equipamento foi acionado exatamente sobre o local de medição, 30 minutos antes do início dos levantamentos a 1,1m de altura do solo (Figura 07), tendo seus dados registrados a cada 5 minutos (HIRASHIMA; ALUCCI; MONTEIRO, 2013).

A câmera térmica que foi utilizada viabilizou uma análise termográfica, através de técnica de medição também sem contato com a superfície, gerando uma imagem a partir da radiação térmica na faixa do

infravermelho (emissão, transmissão e reflexão) emitida pela superfície estudada, com comprimento de onda de 0,75 a 10 μm . Como é sabido, a câmera infravermelha não mede a temperatura, mas capta a radiação emitida pelas superfícies convertendo esses dados em sinais elétricos, criando uma imagem térmica graduada de temperatura superficial (AMORIM; MONTEIRO, 2014).

Apesar desse equipamento ter sido utilizado somente para constatar graficamente a diferença de temperaturas dos elementos urbanos adjacentes à edificação acristalada, as imagens captadas pela câmera termográfica foram produzidas apenas na última hora do dia de medição (15 horas), pois já se averiguou que horários de início e fim de dia são melhores para captar dados com a câmera termográfica (AMORIM; MONTEIRO, 2014; OCAÑA; GUERREIRO; REQUENA, 2004).

Além disso, para garantir que a captura das imagens não fosse afetada negativamente pelo ajuste do sensor da câmera à temperatura atmosférica, a câmera foi ligada 30 min antes de iniciar o estudo (VOLLMER; MOLLMANN, 2010).

Após o período de captação, todas as imagens foram avaliadas utilizando o software FLIR Tools 3.1 (FLIR SYSTEMS, 2013) o qual viabiliza uma calibração da imagem com a inserção de vários dados para então fornecer um relatório térmico dos locais selecionados. Este programa também permite a criação de uma sequência de imagens que cobrem o mesmo intervalo de temperatura, mostrando a evolução das trocas de calor para serem vistas mais claramente (GONÇALVES; CARDOSO; CARVALHO, 2017).

Essa calibração é necessária pois, conforme Bauer e Leal (2013), a termografia por infravermelho, muito usada para resolver problemas de manutenção de equipamento, quando utilizada em ambientes abertos possui limitações onde os resultados obtidos podem ser alterados consideravelmente por influências ambientais.

Para calibração exigida pelo *software* é necessário inserir temperatura aparente refletida – que serve para compensar a radiação refletida no objeto; a umidade relativa da atmosfera; a temperatura atmosférica que neste caso é a temperatura entre a câmera e o alvo; bem como a temperatura e a transmissão óptica externa que são a temperatura e a transmissão de quaisquer lentes externas ou janelas utilizadas em frente da câmera (FLIR SYSTEMS, 2013).

4. RESULTADOS INICIAIS E ESPERADOS

No que concerne às medições térmicas superficiais, a título de amostragens-teste, com medições singulares, apenas para verificação de funcionalidade do equipamento e para constatar alterações de valores térmicos e de radiação solar com a influência ou não das fachadas envidraçadas, foram realizadas medições nos dias 13/12/2018 e 08/02/2019 na área urbana adjacente à edificação.

No dia 13/12/2018 a média coletada de radiação solar com interferência da reflexão dos vidros de fachada foi de 1790 W/m^2 e em ambiente afastado da incidência da radiação direta refletida foi de 1150 W/m^2 . Já a temperatura computada na calçada adjacente, com e sem influência direta da reflexão advinda da fachada acristalada foi de 66 e 60°C, respectivamente.

No dia 08/02/2019, foi realizada nova medição teste em frente ao edifício. Nesse dia a temperatura superficial da calçada chegou a 73°C com influência do vidro reflexivo e a 62°C nos pontos sem interferência desse elemento. O valor da densidade da potência média da energia solar não foi possível aferir porque ficou acima de 2000 W/m^2 nos 4 pontos medidos, valor superior à capacidade do equipamento, o que demonstra já um alto índice de desconforto urbano e até mesmo de possíveis danos à saúde dos transeuntes, pois, de acordo estudos recentes dos padrões britânicos, pessoas que são expostas a um fluxo de calor de 2500 W/m^2 por mais de 30 segundos já podem sofrer até mesmo danos na pele (ZHU; JAHN; REIN, 2018).

Especificamente acerca da medição de fevereiro de 2019, acredita-se que houve esse excessivo valor em virtude de altas temperaturas constatadas ao longo do mês de janeiro e no início de fevereiro do corrente ano, tendo sido apontado janeiro como o mês mais quente desde 1993 na capital do Espírito Santo e o dia 05 de fevereiro como recorde de temperatura ambiente (MAGESKY, 2019).

Com essa avaliação teste foi possível perceber, mesmo que superficialmente, a alteração nos valores de incidência solar e de temperatura superficial, esta chegando a uma variação de 6 a 8°C, em locais com e sem incidência da reflexão solar nas fachadas envidraçadas.

Deste modo, no dia 07/04/2019 foi realizada então a primeira medição em frente à edificação (Tabela 01). Com os dados obtidos foi possível gerar os primeiros gráficos que compõem a análise dos resultados, através de produção de tabulados no *software* Microsoft Office Excel 2018.



Figura 07 - Localização do termômetro em momento de medição.

Tabela 01 - Equipamentos e metodologia empregada na primeira medição em frente à edificação.

Equipamento	Período de Medição	Repetição de medições	Localização da medição	Intervalo em minutos	Condições climáticas	Precedências	Referências
Termo anemômetro (vento)	09:30 às 10:00hs	7	1,1m do solo	5	Ventos < 1m/s	-	Albatici e Tonelli (2010); Alves e Vecchia (2012); Amorim e Monteiro (2014); Hirashima, Alucci e Monteiro (2013)
Termômetro Infravermelho	10:00 às 15:00hs	10/hora	50 cm do elemento	5	Céu claro e sem precipitação	Mesma condição climática 2 dias anteriores	Alves e Vecchia (2012); Kruger e outros (2018); Kuang e outros (2015); NBR 15575-1 (ABNT, 2013); Monteiro e Leder (2011)
Medidor de densidade da potência média da energia solar	10:00 às 15:00hs	10/hora	50 cm do elemento	5	Céu claro e sem precipitação	-	Alves e Vecchia (2012); Kruger e outros (2018); Kuang e outros (2015); Monteiro e Leder (2011); Ferreira (2018); NBR 15575-1 (ABNT, 2013)
Câmera Infravermelha	15:00hs	1	-	-	-	Acionar 30 minutos antes	Amorim e Monteiro (2014); Ocaña, Guerreiro e Requena (2004); Vollmer e Mollmann (2010)

No que tange a calçada adjacente à edificação, executada com concreto, através dos dados obtidos e da elaboração dos gráficos, constatou-se uma alteração de valores térmicos entre o ponto influenciado pela radiação direta refletida na fachada envidraçada da edificação e o ponto fora dessa área de ingerência, ditando uma diferença média de 7°C entre eles ao longo do período de medição (Figura 08). Também foi possível perceber que o aumento da disparidade de valores entre essas duas medições ocorreu principalmente no ápice da incidência solar refletida pela fachada envidraçada, ou seja das 12h às 14h, tendo como discrepância máxima no concreto o valor de 12,2°C na coleta das 13:20h. Tanto no início da medição às 10:00h, quando o sol ainda não incidia na pele de vidro, quanto após às 14:30h quando os pontos de medição internos já não sofriam incidência da radiação direta, a diferença entre os valores eram bem inferiores.

No que diz respeito as medições do asfalto da via anexa ao edifício, as maiores diferenças de temperatura ocorreram às 14:20h chegando a 9,5°C, contudo, da mesma forma que a medição no concreto, houve uma grande divergência nos resultados obtidos entre 12h e 14h, momento de maior incidência solar direta na fachada envidraçada (Figura 08).

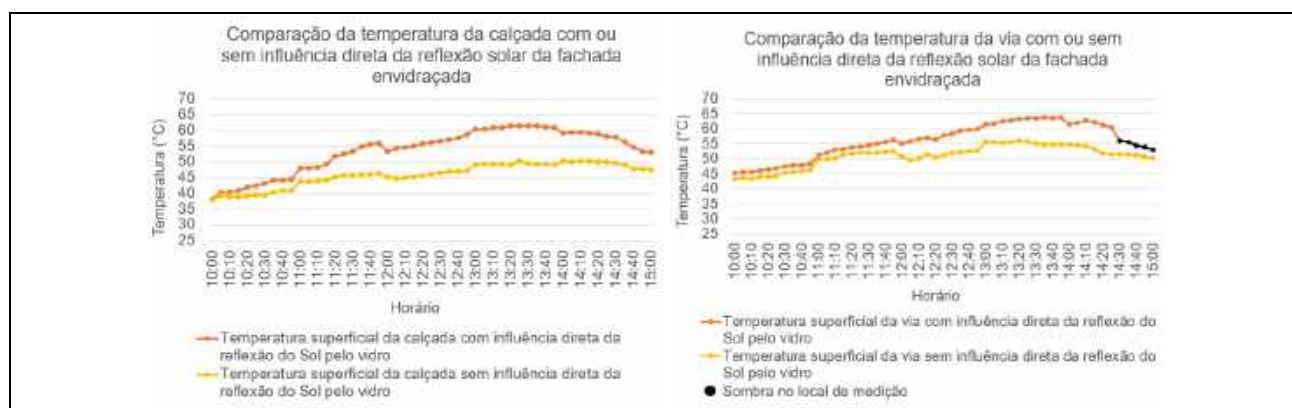


Figura 08 - Gráficos comparativos de elevação de temperatura superficial da calçada (esquerda) e da via (direita) adjacentes à edificação

Fazendo um comparativo entre os valores de temperatura superficial obtidos nos elementos urbanos próximos à edificação envidraçada e os valores de temperatura máxima do ar constatados pelo INMET pela estação automática de Vitória para esse dia de medição (Figura 09), pode-se perceber que em ambas medições os valores próximos às 10 e às 15 horas encontrados foram os mais tênues. Entretanto, os ápices de

temperatura tiveram um lapso temporal de diferença muito provavelmente em função do tempo que a própria superfície leva para emitir esse calor para o ar.

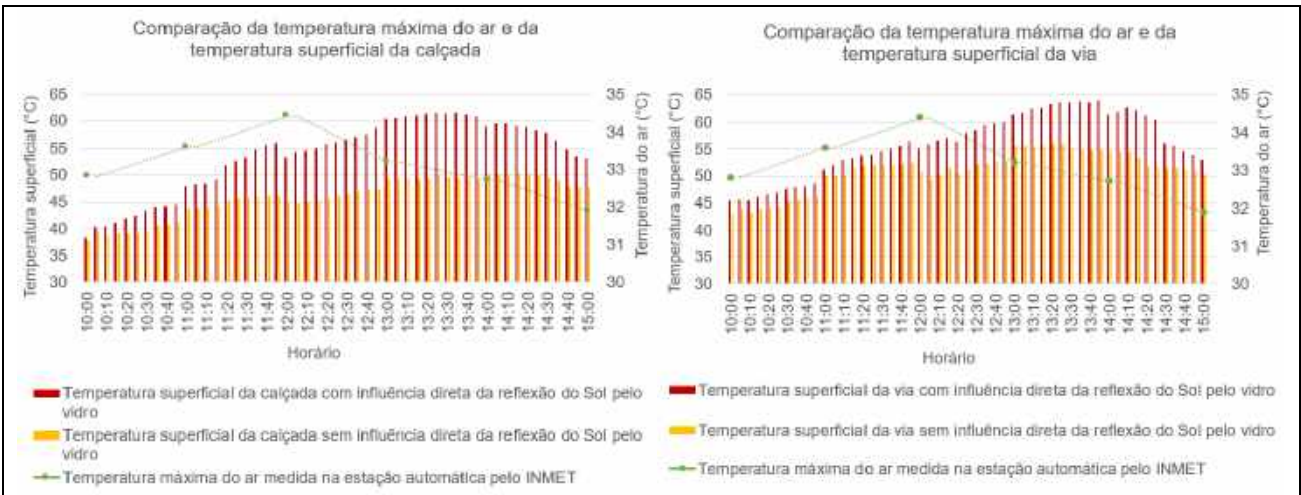


Figura 09- Gráfico comparativo de elevação de temperatura do ar e de temperatura superficial da calçada (esquerda) e da via (direita) adjacentes à edificação.

Com relação aos dados da potência solar não foi possível catalogar tais informações, pois em todos os horários de medição a densidade da potência média da energia solar nas adjacências do edifício foram superiores ao máximo de capacidade de aferição do equipamento, isto é, maior que 2000 W/m², o que é possível diante do fato de que em simulações acerca da reflexão de fachadas envidraçadas já foram constatados valores superiores a 4000 w/m² (ZHU; JAHN; REIN, 2018).

Por fim, a paisagem fotografada da edificação às 15h do dia 07/04/2019 com a câmera termográfica também comprova, através da régua térmica e de identificação de pontos possibilitada pela aplicação do *software* Flir Tools, que os valores registrados de temperatura superficial estão bem altos. Especificamente na parte da calçada, e ainda mais no asfalto da via urbana. Através do *software* foi possível realizar a calibração da emissividade e ter imagens mais condizentes com a realidade, entretanto, os valores ainda estão abaixo dos dados medidos no local. Na calçada foi definido no sistema computacional a temperatura máxima de 45,3°C e a medição feita no local constatou o valor de 53°C. Já no asfalto a medida computacional foi de 50,4°C e no local 53°C (Figura 10).



Figura 10 - Compilação de imagens da câmera termográfica da calçada e da via asfáltica (com medição pontual), bem como da imagem real do ambiente às 15h (07/04/2019).

Acredita-se que essa discrepância de dados seja em função da distância da câmara termográfica até a superfície estudada e da impossibilidade de alimentar o programa Flir Tools com todos os dados de calibração exigidos, tais como temperatura refletida, temperatura optica externa e transmitância da optica externa. De qualquer forma, como aplicação gráfica apenas visual, a imagem termográfica consegue transmitir a ideia de núcleo de calor existente no local.

Uma outra ponderação que se faz acerca da primeira medição realizada é que em virtude da trajetória solar e da necessidade da radiação solar direta estar incidindo na fachada envidraçada no momento da medição, acredita-se ser mais interessante utilizar o período de medição correspondente ao período que o Sol

incide diretamente sobre o elemento acristalado o que pode variar dependendo da orientação da edificação, e não utilizar horário pré-fixado como determinado por Kruger e outros (2018).

Não obstante, a medição completa da edificação, compilando um mínimo de 3 dias de medição, ainda não foi finalizada pois necessita de céu claro em pelo menos 3 dias consecutivos e ventos com velocidade inferior a 1m/s no local de medição, entretanto, espera-se mensurar os valores nas próximas semanas, quando as condições climáticas forem favoráveis. Ademais, vale frisar que este estudo mostra um resultado parcial de uma pesquisa mais abrangente, ainda em desenvolvimento, visando definir uma metodologia de medição de acordo com os equipamentos disponíveis.

Assim, com a coleta completa de dados de energia solar, temperatura do ar, temperatura superficial da calçada e da via, bem como velocidade dos ventos, junto a obtenção de informações meteorológicas de fornecidos pelo INMET de temperatura do ar, de diferentes locais da cidade de Vitória, será possível, através da formatação de gráficos dos resultados obtidos, assim como já demonstrado acima com as medições iniciais, demonstrar com maiores detalhes a influência do vidro reflexivo no conforto térmico urbano, principalmente analisando as diferentes orientações de fachadas.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho contribui, mesmo que previamente, para demonstrar que é imperioso se aprofundar nos estudos acerca da metodologia de medição térmica em ambiente externo influenciada pela reflexão de elementos refletivos utilizados em fachada de edificações comerciais para se mensurar o grau de afetação que esses elementos podem causar no conforto térmico urbano. Através do método utilizado, tendo o mesmo se mostrado eficaz para a realização dessas aferições, foi possível constatar uma diferença de mais de 12°C de temperatura superficial entre elementos urbanos com e sem influência dessa reflexão. Esses materiais aplicados nas fachadas contribuem para a formação de ilhas de calor, através do agravamento das condições ambientais locais, o que pode causar malefícios à saúde do transeunte e inviabilizar o uso desse espaço público.

Ademais, com estudos mais aprofundados sobre o tema será possível trilhar políticas públicas para controlar o uso desenfreado desses elementos mitigando assim seus efeitos sobre as condições ambientais urbanas mais próximas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBATI, R.; TONELLI, A.M. Infrared Thermovision Technique for the Assessment of Thermal Transmittance Value of Opaque Building Elements on Site. **Revista Energy and Buildings**, v. 42, p. 2177-2183, 2010.
- ALVAREZ, C. E.; BRAGANÇA, L. Medidas para o Enfrentamento dos Impactos das Mudanças Climáticas no Ambiente Construído. In: JORNADA URBENERE E JORNADA CIRES – SUSTENTABILIDADE URBANA, 14., 2., 2018, Vila Velha. **Anais...** Vila Velha: UVV, 2018. p. 3-11.
- ALVES, E. D. L.; VECCHIA, F. A. S. Influência de diferentes superfícies na temperatura e no fluxo de energia: um ensaio experimental. **Revista Ambiente Guarapuava**, Paraná, v.8, n.1, p. 101 – 111, jan./abr. 2012.
- AMORIM, R.P.L.; MONTEIRO, J.R.V. A influência das cores no ganho térmico de superfícies cerâmicas. **Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção**. v. 2, n. 2, p.77-86, jan./jun. 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15.575-1: Edificações habitacionais: Desempenho: Parte 1: Requisitos Gerais**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- _____. **NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- AVDELIDIS, N.P.; MOROPOULOU, A. Emissivity considerations in building thermography. **Revista Energy and Buildings**, v. 35, p. 663-667, ago. 2003.
- BAUER, E.; LEAL, F.C.B. Condicionantes das medições termográficas para avaliação da temperatura em fachadas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIAS DAS ARGAMASSAS, 10., 2013, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: 2013.
- CALLEJAS, I. J. A.; DURANTE, L. C.; ROSSETI, K. A. C. Pavimentação Asfáltica: Contribuição no Aquecimento de Áreas Urbanas. **Revista Engineering and Science**, v. 1, n.3, 2015.
- FERREIRA, H. V.L. Termografia aplicada para estudo do Clima Urbano por meio de atividades práticas em Cuiabá-MT. In: SEMANA DE GEOGRAFIA – AMBIENTE, SOCIEDADE E CIDADANIA EM TEMPOS DE CRISE, 20., 2018, Mato Grosso. **Anais...** Mato Grosso: 2018. p.190-201.
- FLIR SYSTEMS. **User's manual - Flir Ex series**. Wilsonville, OR, 2013.
- FROTA, A. B. **Geometria da insolação**. São Paulo: Geros. 2004.
- GARTLAND, L. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. Tradução Silvia Helena Gonçalves. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 248p.
- GONÇALVES, P. H.; CARDOSO, C. F.; CARVALHO, M. T. Termografia como ferramenta de investigação térmica em fachadas de edifícios históricos. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., 2017, Balneário Camburiú. **Anais...** Balneário Camburiú: 2017, p. 858-865.
- HIRASHIMA, S. Q. S.; ALUCCI, M. P.; MONTEIRO, L. M. Percepção sonora e térmica em espaços urbanos abertos do município de Belo Horizonte – MG. In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2013, Brasília. **Anais...** Brasília: 2013. p. 62-71.

KOWALSKI, L. F.; MASIERO, E. Análise Termográfica e por Termopares da Temperatura Superficial de Pavimentos Urbanos. In: JORNADA URBENERE E JORNADA CIRES – SUSTENTABILIDADE URBANA, 14., 2., 2018, Vila Velha. **Anais...** Vila Velha: UVV, 2018. p. 1145-1154

KRUGER, E.; SOUZA, H.; CRISTELI, P.; COSTA, T.; ROSSI, F. Aplicação do método proibit para a calibração de índices térmicos para espaços abertos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO - DESAFIOS DA INOVAÇÃO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: 2018. p. 302-311.

KUANG, W.; LIU, Y.; DOU, Y.; CHI, W.; CHEN, G.; GAO, C.; YANG, T.; LIU J.; ZHANG, R. What are hot and what are not in an urban landscape: quantifying and explaining the land surface temperature pattern in Beijing, China. **Revista Landscape Ecology: Springer Science+Business Media Dordrecht**. v. 30, n.2, p. 357-373, 2015.

LIMA, D. C. R.; LIMA, P.R.; CARAM, R. M. Influência da geometria do cânion urbano no nível de estresse térmico de pedestres. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., 2017, Balneário Camboriú. **Anais...** Balneário Camboriú: 2017. p.405 – 414.

MAIOLI, R. N.; BARROS, M.C.S.L.S.B.; BARROS, J.D.P.; MOÇA, I.F.F.; CONINCK, I.M.; PAGEL, E.C. A transformação da fachada na tipologia construtiva de edifícios comerciais verticais em Vitória-ES e sua relação com o conforto ambiental. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO - DESAFIOS E PERSPECTIVAS DA INTERNACIONALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO, 16., 2016, São Paulo. **Anais ...** São Paulo: 2016. p.1220-1233.

MAGESKY, L. Janeiro de 2019 é o mais quente em Vitória desde 1993, diz Climatempo. **A Gazeta**, Vitória, 31 jan. 2019. Disponível em: < <https://www.gazetaonline.com.br/noticias/cidades/2019/01/janeiro-de-2019-e-o-mais-quente-em-vitoria-desde-1993-diz-climatempo-1014166035.html> > Acesso em: 06 abr. 2019

MARINOSKI, D.L.; SOUZA, G.T.; SANGOI, J.M.; LAMBERTS, R. Utilização de imagens em infravermelho para análise térmica de componentes construtivos. In: XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2010, Canela. **Anais ...** Canela: ENTAC, 2010.

MASCARÓ, L. **Energia na Edificação: estratégias para minimizar seu consumo**. São Paulo: Projetos Editores Associados, 1991.

MICHELATO, R. **Avaliação do desempenho térmico de vidros refletivos: estudo de caso em células-teste**. 2007. 226f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

MONTEIRO, J. R. V.; LEDER, S. M. A aplicação da termografia como ferramenta de investigação térmica no espaço urbano. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 4., 2011, Vitória. **Anais...** Vitória: 2011.

NOGUEIRA, A. M. P. **Configuração urbana e microclima: estudo em loteamento horizontal de Maceió-Alagoas**. 2011. Dissertação (Mestrado). Centro de tecnologias, Universidade Federal de Alagoas, Alagoas, 2011

OCAÑA, S.M.; GUERRERO, I.C.; REQUENA, I.G. Thermographic survey of two rural buildings in Spain. **Revista Energy and Buildings**, v. 36, p.515-523, 2004.

SYNNEFA, A.; SANTAMOURIS, M.; LIVADA, I. A comparative study of the Thermal Performance of Reflective Coatings for urban environment. In: INTERNATIONAL CONFERENCE PASSIVE AND LOW ENERGY COOLING FOR THE BUILT ENVIRONMENT, 2005, Santorini. **Anais ...** Santorini: 2005. p.101-107.

VOLLMER, M.; MOLLMANN, K.-P. **Infrared Thermal Imaging: Fundamentals, Research and Applications**. Wiley-VCH. Weinheim, Germany, 2010.

ZHU, J.; JAHN, W.; REIN, G. **Computer simulation of sunlight concentration due to façade shape: application to the 2013 Death Ray at Fenchurch Street, London**. Journal of Building Performance Simulation. V. 12, n. 4, p. 378–387, 2018.