

CONFORTO TÉRMICO EM VARANDAS COM SUAS ABERTURAS FECHADAS EM VIDRO: UM ESTUDO NA CIDADE DE VITÓRIA - ES

Érica Coelho Pagel (1); Cristina Engel de Alvarez (2); Isabela Finochi Fernandes Moça (3)

(1) Arquiteta, Pós-Doutoranda em Arquitetura e Urbanismo, UFES, erica.coelho@faesa.com

(2) Doutora, Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, UFES, cristina.engel@ufes.br

(3) Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, Centro Universitário FAESA, isabelamoca@gmail.com

UFES - Universidade Federal do Espírito Santo, Laboratório de Planejamento e Projetos, Av. Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras - Vitória - ES - CEP 29075-910 Tel.: (27) 4009 2581

RESUMO

A ventilação natural é uma estratégia de resfriamento passivo eficaz para conforto e redução da energia usada por sistemas de ar condicionado, especialmente para regiões tropicais onde a temperatura e umidade são geralmente altas. As varandas são elementos arquitetônicos caracterizados por áreas sombreadas e ventilação permanente com um impacto significativo no conforto e na distribuição do fluxo de ar dentro do edifício. Entretanto, atualmente este elemento têm tido suas aberturas fechadas com vidros móveis por boa parte das edificações verticais residenciais em várias cidades brasileiras. O objetivo desse trabalho foi analisar o impacto da varanda, cuja as aberturas foram envidraçadas, no desempenho térmico de dois apartamentos com orientações distintas em um edifício residencial, localizado em Vitória ES. A metodologia utilizada foi através de um experimento de campo onde foram feitas medições internas de temperatura e umidade do ar, através de quatro HOBOS com armazenamento de dados minuto a minuto durante quatro semanas do verão. Os dados meteorológicos externos foram adquiridos pela Estação do Instituto Nacional de Meteorologia e os resultados foram comparados com a zona de conforto estabelecida pela ASHRAE 55. Os resultados mostram que o envidraçamento da varanda aumenta significativamente a temperatura do espaço interno chegando a uma variação máxima da média horária de até 3,83°C a mais na média diária em relação a temperatura externa. Por outro lado, os valores de temperatura registrados com o fechamento em vidro totalmente aberto se aproximam da temperatura do ar exterior, garantindo mais horas dentro da zona de conforto.

Palavras-chave: conforto térmico, varandas, regiões tropicais.

ABSTRACT

Natural ventilation is an efficient passive cooling strategy for comfort and energy reduction used by air conditioning systems, especially for tropical regions where temperature and humidity are usually high. The balconies are architectural elements characterized by shaded areas and permanent ventilation with a significant impact on the comfort and distribution of airflow within the building. However, currently this element has had its openings closed with movable glasses by many of the vertical residential buildings in several Brazilian cities. The objective of this work was to analyze the impact of the balcony, whose openings were closed with movable glasses, in the thermal performance of two apartments with different orientations in a residential building, located in Vitória ES. The methodology used was through a field experiment where internal measurements of temperature and humidity were made through four HOBOS with data storage minute by minute during four weeks of the summer. The external meteorological data were acquired by the National Institute of Meteorology Station and the results were compared with the comfort zone established by ASHRAE 55. The results show the glazing of the balcony increases the temperature of the internal space reaching a maximum variation of the hourly average up to 3.83°C more on the daily average in relation to the external temperature. On the other hand, the temperature values recorded with the fully open glass approaches the outside air temperature, ensuring more hours within the comfort zone.

Keywords: Thermal comfort, balconies, tropical regions

1. INTRODUÇÃO

O conforto térmico é uma característica que indica a satisfação do ser humano com o ambiente térmico em que se encontra. A arquitetura, como uma de suas funções, deve oferecer condições térmicas compatíveis ao conforto humano no interior dos edifícios, sejam quais forem as condições climáticas externas (FROTA e SCHIFFER, 2009). Desta forma, a adaptação das construções ao clima é defendida pelos preceitos da arquitetura bioclimática, que prioriza os aspectos relacionados ao conforto ambiental coerentes com o potencial do ambiente, sendo nos trópicos priorizados os aspectos relacionados ao conforto térmico (CORBELLA e CORNER, 2011). Nesse sentido, a grande carga de radiação solar e o alto teor de umidade nesse clima pressupõe a adoção, como premissas básicas de projeto, o sombreamento e a ventilação dos espaços. Atualmente o uso de dispositivos de proteção solar nos edifícios residenciais são raros. Ademais, as varandas, que funcionam como um recurso arquitetônico passivo de conforto ambiental, podem estar sofrendo uma ameaça, perdendo lugar para construções cada vez mais fechadas em função do incômodo ocasionado pelo ruído e pela poluição do ar nos grandes centros urbanos. Segundo Brandão e Martins (2007, p. 01):

A varanda está relacionada com a sustentabilidade do ambiente construído, pois ao atuar como um fator de sombra e como um grande beiral, ela não apenas se comporta como um elemento de adequação climática da construção, mas também como um recurso de que a própria forma da arquitetura dispõe para proporcionar conforto ambiental ao usuário da edificação em clima tropical quente e úmido, no que diz respeito ao conforto térmico, lumínico e até mesmo acústico, diminuindo a necessidade de soluções artificiais de iluminação e de condicionamento que aumentam o consumo de energia.

Uma prática comum recentemente nos edifícios residenciais das metrópoles brasileiras é o fechamento com vidro das aberturas das varandas, descaracterizando assim um dos principais elementos arquitetônicos em climas subtropicais (TOLEDO; COSTA; BULHÕES, 2010). Um dos exemplos mais emblemáticos é o do condomínio Atlântico Sul no Rio de Janeiro, erguido em 1979 e projetado pelo arquiteto Slomo Wenkert. Esse projeto foi premiado internacionalmente, sendo que o desenho previa varandas amplas e abertas em que todas teriam uma pequena piscina circular, porém, em pouco tempo o projeto foi desvirtuado de sua intenção original, sendo promovido o fechamento dessas aberturas (TEIXEIRA, 2014). Tal prática também é observada em outros países de clima tropical, como por exemplo, o fechamento com vidro de varandas no Líbano e sua influência no conforto térmico, como relatado no trabalho de Saleh (2015).

Pagel; Alvarez e Reis Júnior (2016) encontraram em seu estudo sobre o conforto térmico em varandas envidraçadas com orientações semelhantes na cidade de Vitória - ES, uma alteração no microclima local em até 3°C a mais na temperatura, em medições realizadas durante o outono. Os resultados mostram, ainda, que esse elemento é responsável por um ganho de calor no ambiente, trazendo desconforto térmico em aproximadamente 80% das horas do dia, durante o período analisado. Almeida (2009) aborda os problemas causados quando o vidro é utilizado de forma inadequada nos elementos de fechamentos enfatizando que os problemas térmicos resultam, primariamente, do fato de a radiação térmica incidente ser transmitida diretamente para o interior. Acrescenta que os fechamentos transparentes impedem a penetração do ar e a circulação do vento, impedindo, desse modo, a troca do ar ambiente e a possibilidade de refrescá-lo. Desta forma, o emprego inadequado de elementos de fechamento de varandas em determinadas regiões geográficas pode comprometer a carga térmica do ambiente, aumentando o calor e, conseqüentemente, o desconforto térmico.

Embora seja indiscutível que tal medida amplie a condição de desconforto, o fechamento de varanda com vidro tem se tornado muito comum nos edifícios residenciais da região capixaba, principalmente em função da perturbação ocasionada pela poeira, alvo de constantes reclamações dos moradores e trabalhadores à Agência Ambiental local (MACHADO et al. 2014), podendo ser a principal motivação para tal ação.

A concentração urbana de Vitória é constantemente atingida por partículas em suspensão oriundas principalmente das atividades industriais de duas siderúrgicas de grande porte instaladas em suas proximidades. Tal condição, associada à poluição atmosférica inerente às vias de grande fluxo de veículos automotores são incentivadores para o fechamento das varandas. Embora o código de obras local originalmente estabelecesse no seu art.140, § 4º que “As aberturas das varandas não poderão ser fechadas por esquadrias” (PMV, 1998, p. 47), no ano de 2006 foi promulgada a Lei nº 6.801, que alterou o § 4º do artigo 140 ficando este dispositivo com a seguinte redação:

§ 4º. Fica tolerado o fechamento das varandas desde que os materiais nela

empregados garantam plena condição de iluminação, ventilação, permeabilidade ou transparência visual aos compartimentos cujos vãos elas se abrem e sejam instalados sobre o guarda-corpo ou jardineira (PMV, 2006).

Interpretando este dispositivo legal, nota-se que o legislador, ao impor o regramento de fechamento de varandas no Município de Vitória, se preocupou apenas com questões de iluminação e ventilação, restringindo-se em disciplinar ou tratar de alguma maneira as demandas que envolvem o desempenho térmico e o conforto ambiental nas edificações. É importante ressaltar ainda que, muitas vezes – como no caso do município de Vitória –, as varandas são projetadas considerando algumas vantagens construtivas propostas pelos Planos Diretores que, de forma correta, incentivam o seu uso, mas que já são idealizadas considerando seu possível fechamento, deturpando assim tanto o conceito original da função da varanda como seu benefício urbanístico de proporcionar maior integração entre interior e exterior.

Corbella e Yannas (2003) enfatizam que os diferentes lados das edificações recebem impactos térmicos diferentes pois a incidência de radiação varia de acordo com a latitude, porém esta não incide igualmente em todas as superfícies. Campanhoni e Romero (2010) simularam o desempenho térmico da adequação dos edifícios em diferentes situações, em lotes no Distrito Federal, enfatizando a importância da adoção de escolhas que otimizem o projeto desde a sua concepção através do estudo de orientações mais adequadas. Nesse sentido, pressupõem-se que estudos a serem realizados em varandas com orientações e estações do ano distintas podem apresentar resultados ainda mais discrepantes em relação a carga térmica incidente no ambiente. Assim, a quantificação dos efeitos causados pelo fechamento das varandas pode vir a ser um importante instrumento de convencimento aos profissionais da área de construção em relação à inadequação dessa prática, incentivando-os a buscarem se adiantando na observação e no propósito de soluções mais eficientes e adaptadas ao meio, ainda na fase de projeto, considerando não somente a busca de ampliação do conforto através de estratégias bioclimáticas como, também, a redução no consumo energético quando o condicionamento é realizado por equipamento elétrico.

2. OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa foi avaliar o papel da varanda no conforto térmico, tendo por estudo de caso dois apartamentos com orientações opostas na cidade de Vitória, ES, cujas aberturas da varanda foram envidraçadas. O presente artigo relata o resultado inicial de uma pesquisa mais ampla de pós-doutoramento cujos objetivos giram em torno da discussão acerca do desempenho térmico do elemento varanda bem como da qualidade do ar interior dos ambientes contíguos a ela.

3. MÉTODO

O método deste trabalho está dividido em três etapas principais:

1. Realização de um experimento de campo através do monitoramento dos ambientes da sala e da varanda em dois apartamentos de orientações distintas em um edifício residencial selecionado a partir de critérios específicos, localizado em Vitória (ES) através de medições internas de temperatura e umidade do ar.
2. Aquisição dos dados de temperatura e umidade do ar externos através da Rede de Estações Meteorológicas Automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET localizada na Universidade Federal do Espírito Santo.
3. Análise dos resultados encontrados e comparação com os índices de conforto recomendados pela ASHRAE 55 (2013).

3.1. A região de estudo

Vitória (LAT 20° 19 '10 "S LONG 40° 20' 16" W), capital do Estado do Espírito Santo, localiza-se no sudeste da costa do Brasil, caracterizando-se por um clima tropical litorâneo com temperaturas médias entre 18 °C e 26 °C, sendo mais elevadas no período do verão, e umidades relativas superiores a 50%. Os ventos predominantes do município são de direção Nordeste (NE) com velocidade entre 2,1-3,6m/s, ocorrendo ainda ventos de direção S-SE e S-SW atribuídos a frente frias (MATTIUZZI; MARCHIORO, 2012). Com aproximadamente 327.801 habitantes (IBGE, 2010), a região tem experimentado um intenso processo de crescimento econômico e urbano nos últimos anos. Possui o terceiro maior sistema portuário da América Latina e diversas instalações industriais, tais como relacionadas à mineração, pelotização, extração de pedra, cimento e alimentos (SANTIAGO, 2015).

O condomínio residencial localiza-se próximo a vias de grande fluxo veicular, tais como a Avenida Dante Michelini e a Rodovia Norte-Sul, bem como ao principal polo siderúrgico industrial da região (Figura 1). Foram monitorados simultaneamente dois ambientes – sala de estar e varanda –, de dois apartamentos em orientações opostas localizados em um condomínio residencial no bairro Jardim Camburi durante o período do verão entre os dias 07/01/2017 a 03/02/2017.

Os dois apartamentos selecionados se localizavam no 10º andar da Torre E e no 18º andar da Torre D, sendo que ambos tiveram suas aberturas das varandas fechadas em vidros móveis do tipo incolor temperado de 8mm. A sala e a varanda são divididas por uma parede de alvenaria com uma porta de vidro de correr que faz o acesso entre esses ambientes. Durante os monitoramentos, para o apartamento da Torre E foram alternadas as condições entre os vidros móveis totalmente fechados, com uma abertura mínima (duas semanas) e abertos (duas semanas). O objetivo da alternância do padrão do fechamento em um dos apartamentos visou comparar a influência da presença ou não do vidro em relação aos resultados dos parâmetros ambientais medidos interno e externamente. Os vidros móveis foram fechados ou abertos sempre nas sextas-feiras.

Já o apartamento da Torre D permaneceu durante as quatro semanas de monitoramento com o padrão dos vidros móveis da varanda sempre fechados, também com uma abertura mínima de uma de suas partes, além de possuírem internamente à varanda cortinas de tecido do tipo *black out*.

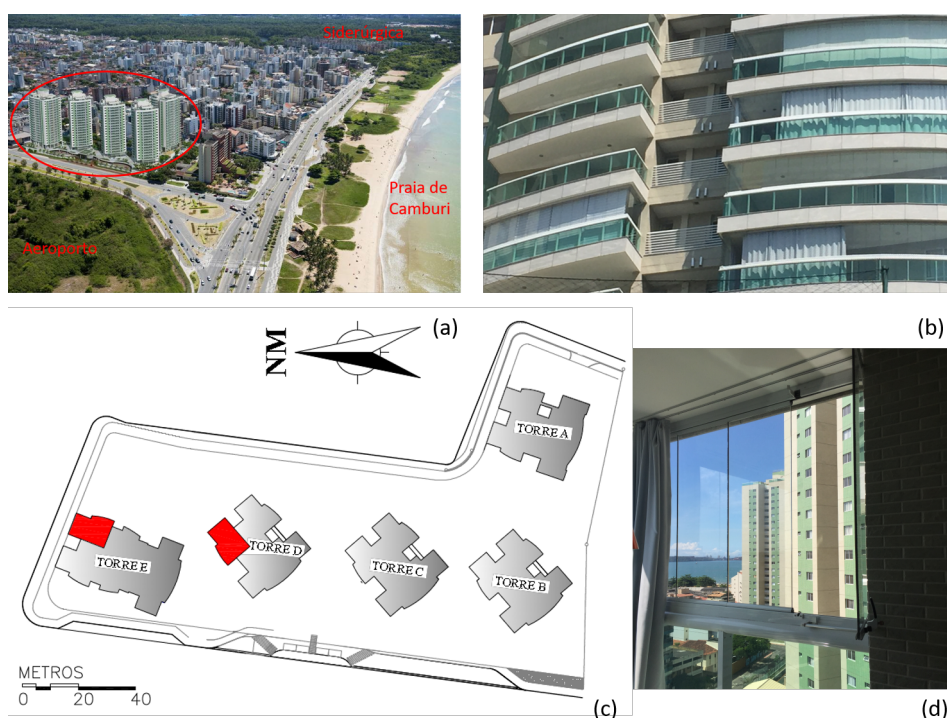


Figura 1 – (a) Bairro Jardim Camburi com destaque para o residencial de estudo. (b) Tipologia das varandas envidraçadas nos edifícios do residencial. (c) Implantação do condomínio com destaque para o posicionamento dos apartamentos monitorados. (d) Vista interna do fechamento em vidro móvel utilizado na varanda do apartamento da Torre E.

3.2. O experimento de campo

Para o monitoramento da edificação, foram utilizados equipamentos armazenadores de dados (*data loggers*) do tipo HOBO, modelo U12-013, para medir e armazenar dados de temperatura e umidade do ar. Os valores armazenados foram transferidos para um computador através do programa HOBOWare (*Software for HOBOW U-Series Data Loggers & Devices*), versão 2.7, para Windows. Foram realizadas medições na varanda e sala de estar simultâneas nos dois apartamentos utilizando um total de quatro HOBOS. Cada apartamento teve dois equipamentos instalados, sendo um na varanda e outro na sala de estar. Estes foram posicionados aproximadamente a 1,10 metros do piso (BARBOSA, WEILLER e LAMBERTS, 2007) e devidamente abrigado seguindo recomendações da ISO 7726 (1998), conforme Figura 2a. Cada HOBO foi programado para registrar as informações em intervalos a cada 1 minuto. Externamente, os parâmetros de temperatura, umidade do ar, velocidade e direção do vento foram obtidos pela Rede de Estações Meteorológicas Automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, da Estação automática localizada na Universidade Federal do Espírito Santo no bairro Goiabeiras, localizada a aproximadamente 4 Km da região de estudo (Figura 2b).

Os dados externos coletados através dos sensores da Estação são armazenados em um *data-logger* e disponibilizados ao público de forma aberta e gratuita pela internet (INMET, 2016). Foram coletadas as médias horárias ao longo de 24 h, simultâneas às quatro semanas experimentais realizadas, a fim de possibilitar a comparação dos dados internos e externos.

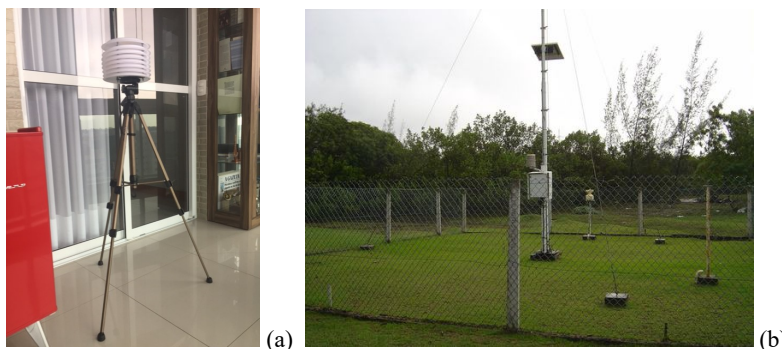


Figura 2 – (a) HOBO localizado a 1,10 m de altura e devidamente abrigado na varanda de um dos apartamentos monitorados. (b) Estação Meteorológica do INMET localizada na UFES (INMET, 2016).

O apartamento da Torre E é composto por três quartos e possui aproximadamente 135 m² de área total, sendo a área da varanda e da sala de 18,60 e 36,67 m² respectivamente. Trata-se de um apartamento azimute 68°, ou seja, predominantemente nordeste cuja insolação ocorre, na maior parte do ano, no período da manhã. O apartamento da Torre D é composto por quatro quartos e área total de 136 m², com uma sala de 24,82 m² e a mesma área de varanda do que o apartamento da Torre E, ou seja, 36,67 m². Trata-se de um apartamento azimute 311°, predominantemente noroeste, caracterizado por frequente insolação a maior parte do ano no período da tarde (Figura 3).

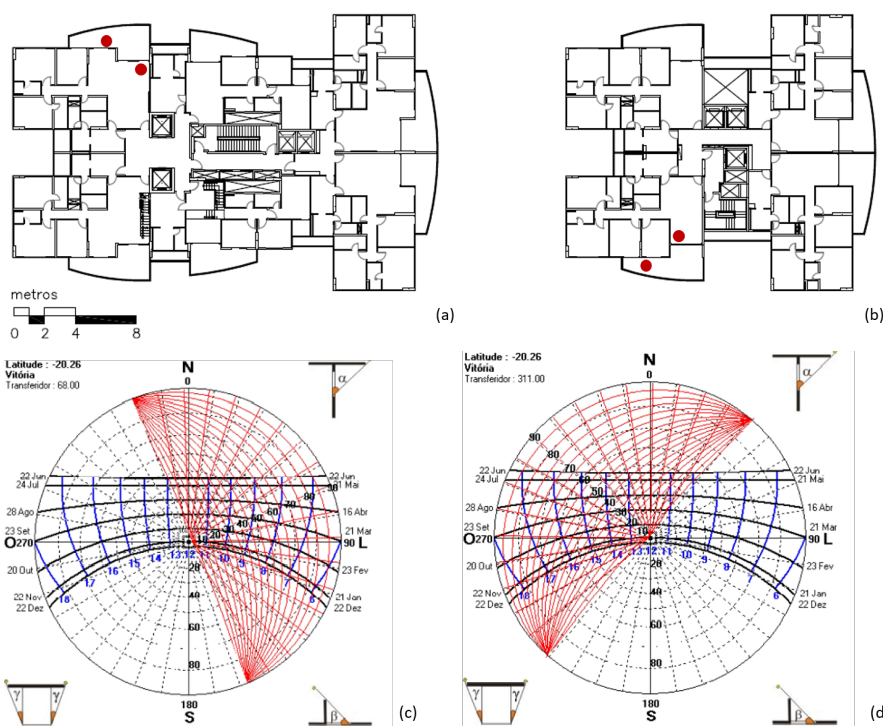


Figura 3 – Plantas baixas esquemáticas com localização dos sensores na varanda e na sala de estar sendo em (a) do apartamento da Torre E e em (b) do apartamento da Torre D. Em (c) e (d) as Cartas Solares dos apartamentos da Torre E e D respectivamente.

3.3. Cálculo da faixa de conforto em ambientes naturalmente ventilados

Foi utilizada a metodologia de conforto adaptativo que adota a variação da temperatura média mensal externa e a porcentagem de aceitabilidade para a determinação dos valores máximos e mínimos da temperatura de conforto conforme sugerido pela ASHRAE 55 (ASHRAE, 2013). Candido e Dear (2012, p. 81) defendem que “o modelo adaptativo de conforto térmico oferece uma nova abordagem para edifícios naturalmente ventilados ao estabelecer que as flutuações de temperatura podem ser entendidas como aceitável para os seus ocupantes”. Esta abordagem reforça a adoção de espaços naturalmente ventilados

como uma das estratégias para a conservação de recursos, contribuindo para a construção de edificações cada vez mais integrada ao meio em que está inserido. A temperatura média mensal externa obtida pela Estação do INMET foi inserida no gráfico de conforto adaptativo (ASHRAE, 2013), obtendo-se o intervalo de temperatura de conforto para o período em questão, considerando 90% de aceitabilidade. A escolha do percentual de aceitabilidade do usuário de 90% é justificada para a cidade de Vitória, cuja a ação do vento predominante interfere significativamente na facilidade de adaptação pelo usuário às variações de temperatura (NICO-RODRIGUES et al. 2015). Observa-se que a ASHRAE 55 também propõe o uso do percentual de 90% como condicionante para a obtenção de um padrão mais elevado de conforto térmico. Os cálculos e o intervalo de temperatura encontrado é mostrado pela Tabela 1.

Tabela 1 – valores de temperatura externa média do período e temperatura de conforto

Período	Temperatura média mensal do ar externo (°C)	Temperatura neutra (°C) $T_n=0,31(T_e)+17,8$	Intervalo de Temperatura de conforto (°C) ASHRAE 55 90% aceitabilidade
07/01 a 03/02	27,57	26,34	23,84 - 28,84

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

A média da temperatura do ar calculada externamente nas quatro semanas analisadas (27,57°C) chega a ser no mínimo 1°C a menos do que as temperaturas internas encontradas tanto nas salas quanto nas varandas dos apartamentos, destacando-se que esse aumento ocasionado pelo envidraçamento das varandas é significativo na influência ao desconforto humano e no ganho térmico do ambiente. Em relação à média da umidade relativa do ar internamente no período analisado, há um decréscimo de 0,48 a 2,43% em relação à média encontrada externamente (68,53%), provavelmente devido à elevação da temperatura dentro do ambiente.

Analisando as médias de 24 h de temperatura percebe-se que a temperatura externa é menor do que a interna tanto nas salas quanto nas varandas a maior parte dos dias. Especificamente na Torre E é interessante observar que durante as duas semanas em que os vidros móveis da varanda estavam totalmente abertos, a média de temperatura diária nessa varanda aproximou-se da média da temperatura encontrada externamente, inclusive chegando a valores menores aos registrados na varanda da Torre D, cujo monitoramentos foram feitos sempre com os vidros fechados. Além do padrão aberto, a orientação da varanda da Torre E, predominantemente nordeste, pode ter contribuído nesse resultado por ser mais favorável termicamente do que a varanda da Torre D (predominantemente noroeste), fazendo, portanto, ser cumprido o papel arquitetônico de proteção solar e área de ventilação permanente do elemento varanda (Figura 4).

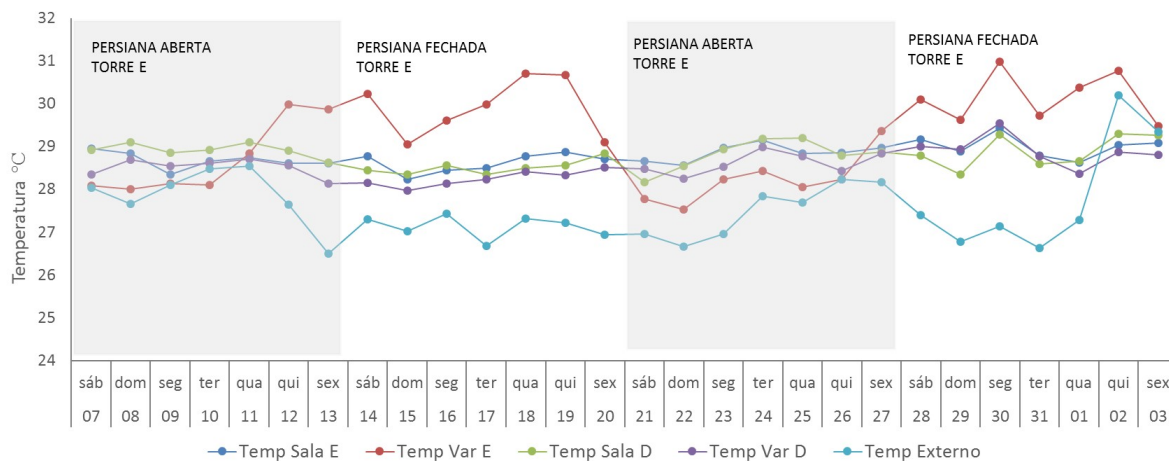


Figura 4 – Médias diárias de temperatura monitoradas nas salas e varandas da Torre E e da Torre D.

Já analisando os períodos em que os vidros móveis da Torre E estavam fechados nota-se uma variação de até 3,83°C a mais na média diária em relação a temperatura externa. Tem-se, portanto, que o fechamento da abertura da varanda com vidro interfere enfaticamente no aumento da temperatura interna do ambiente, fazendo com que uma orientação favorável possa se tornar termicamente desconfortável. Além disso, o fato dos monitoramentos na Torre E terem sido realizados com os vidros móveis fechados sem proteção, fez com que os dados da temperatura média nesse ambiente fossem superiores do que as temperaturas médias encontradas na varanda da Torre D, neste mesmo período, cuja orientação é menos favorável mas possui uma proteção interna com cortinas de tecido tipo *black out*. Em relação à temperatura média encontrada nas salas de estar, percebe-se uma similaridade entre as médias de 24 h nos dois apartamentos, com exceção dos períodos em que os vidros móveis da varanda da Torre E estavam abertos, o que fez com que as médias de

temperatura registradas na sala dessa Torre fossem menores em até $0,5^{\circ}\text{C}$, na maior parte dos dias, em relação aos valores encontrados na sala da Torre D. É importante ressaltar que mesmo a cortina de tecido sendo relativamente eficiente na redução da temperatura interna, tanto da varanda quanto da sala, a presença dos vidros móveis fechados elevaram a temperatura de todos os ambientes em relação a temperatura externa registrada no período analisado.

A Figura 5 apresenta as médias horárias de temperatura de duas semanas de monitoramento da sala e da varanda dos apartamentos das torres E e D considerando o padrão de fechamento. Observa-se que os ambientes da Torre E tendem a acompanhar a sazonalidade da temperatura externa tanto quando as persianas de vidro da varanda estavam abertas, quanto quando estavam fechadas. Entretanto, nota-se que quando os vidros móveis estão abertos, a temperatura na varanda fica bem próxima a temperatura externa atingindo no período da madrugada, entre 01 e 06 h as menores temperaturas médias, variando de 22 a 26°C , o que não acontece com a sala de estar, que mantém a sua temperatura entre 28 e 30°C para o mesmo período. Tal fato pode estar associado a porta de vidro que separa o ambiente da varanda da sala de estar e que fica a maior parte do tempo fechada devido à poeira local, o que faz com que este ambiente não usufrua das vantagens da ventilação proporcionada pelas aberturas da varanda, além da retenção do calor pelo material utilizado no fechamento da porta. As temperaturas vão aumentando no período da manhã, em torno das 08 h principalmente pela orientação nordeste da varanda, atingindo os maiores valores médios de 30 a $33,7^{\circ}\text{C}$ em torno de 12 h.

Ainda na Torre E, observa-se que quando os vidros móveis estão fechados, a média horária da sala de $27,5$ a $30,3^{\circ}\text{C}$ possui um comportamento similar à média de quando os vidros estão abertos, presumindo assim que mesmo com os benefícios da ventilação natural, o fato da maior parte das pessoas manterem essa porta de divisa fechada devido a poeira local, faz com que o ambiente da sala não usufrua significativamente dessa estratégia de condicionamento térmico passivo. Destaca-se a temperatura média registrada na varanda durante o período em que as aberturas estavam fechadas, chegando a picos médios horários entre $32,3$ a $39,1^{\circ}\text{C}$ no período das 8 h, resultado bem acima da faixa de conforto recomendada pela ASHRAE 55 (2013) cujo valor máximo calculado foi de $28,84^{\circ}\text{C}$.

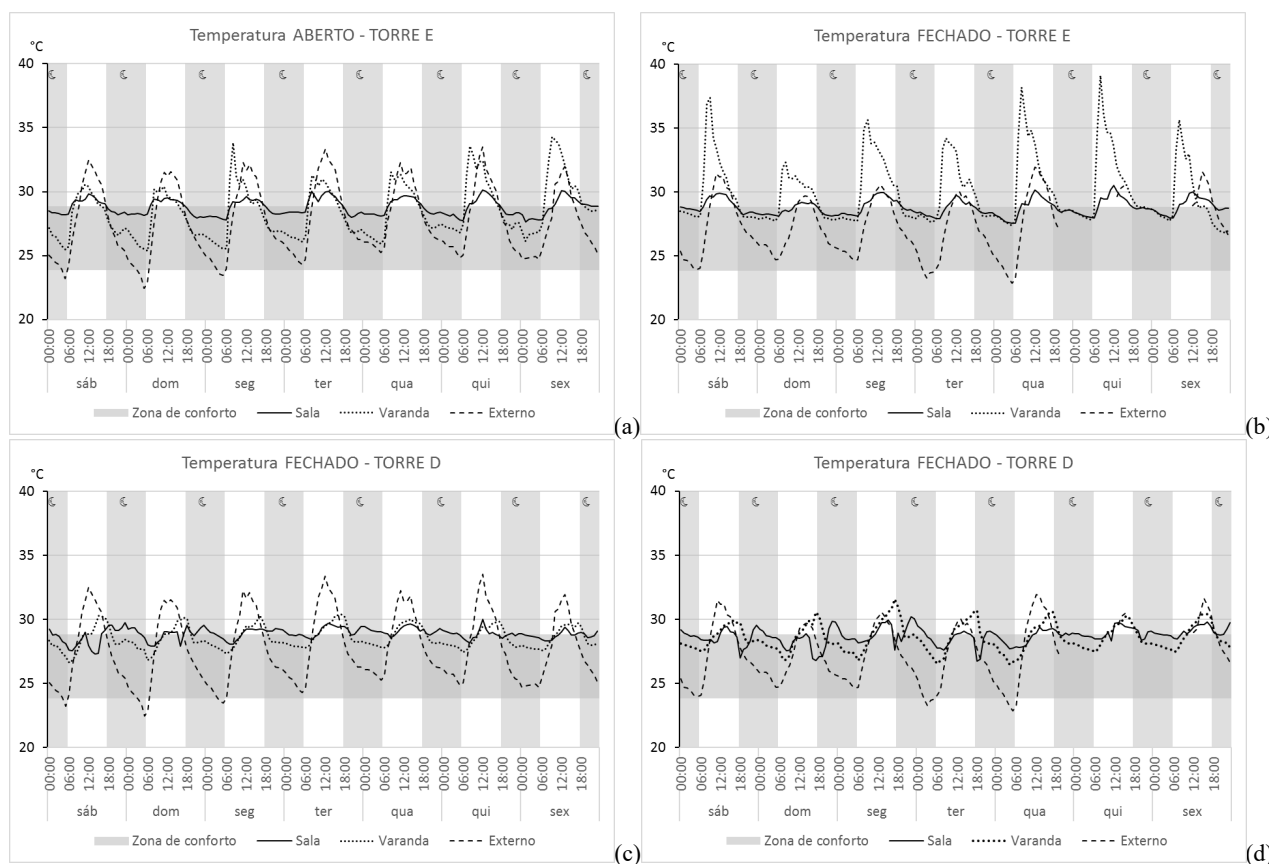


Figura 5 – Médias horárias de temperatura nas salas e varandas da Torre E e da Torre D considerando o período de duas semanas para cada padrão de abertura.

Analisando a média horária dos mesmos períodos para a Torre D, observa-se que a sala e a varanda apresentam comportamentos similares entre si, apresentando os menores valores também no período da

madrugada chegando a um mínimo de 26,5 °C às 06 h. Esse valor, em comparação com a média do mesmo período para o monitoramento os vidros móveis abertos da Torre E – que chega a um mínimo de 22°C –, mostra a capacidade de retenção do calor pelo vidro elevando a temperatura em até 4,5°C no período noturno. Essa circunstância indica a adequação do uso de fechamentos em vidro em lugares de clima frio em que há a necessidade de geração de calor, principalmente no período noturno. Os máximos valores médios horários encontrados na Torre D são no período da tarde a partir das 13 h atingindo o maior pico registrado de 31,5 °C às 17 h. Tal fato pode ser atribuído a orientação predominantemente noroeste do apartamento. Entretanto, mesmo com essa orientação mais desfavorável em relação a da Torre E, o fato de possuir cortinas de tecido na varanda faz com que esse valor máximo médio horário encontrado ainda seja menor do que os máximos valores encontrados na Torre E. Nota-se também que a presença da cortina altera o microclima local tanto da sala quanto da varanda da Torre D, o que faz com que as temperaturas médias horárias internas não acompanhem rigorosamente a variação das temperaturas médias horárias externas.

A Figura 6 apresenta as médias horárias de umidade relativa do ar nas duas semanas de monitoramento da sala e da varanda dos apartamentos das torres E e D considerando o padrão de fechamento. Observa-se que a cidade de Vitória apresenta taxas altas de umidade relativa do ar chegando a atingir no meio externo valores médios superiores a 90% no período noturno. Observando os resultados encontrados das médias horárias da umidade relativa do ar para o período monitorado e conforme padrão de abertura do fechamento em vidro, tem-se que na Torre E a umidade relativa do ar registrada na varanda fica bem próxima à umidade relativa registrada externamente, variando de 74,9 a 79% durante a madrugada, sendo seus mínimos valores médios encontrados de 49 a 58,5% às 12 h. Entretanto, quando os vidros móveis estavam fechados a umidade relativa da varanda sofreu menor amplitude de variação seguindo bem próximo aos valores registrados na sala. Essa mesma tendência foi observada nos monitoramentos da Torre D, uma vez que também se tratam de medições com as aberturas da varanda fechadas.

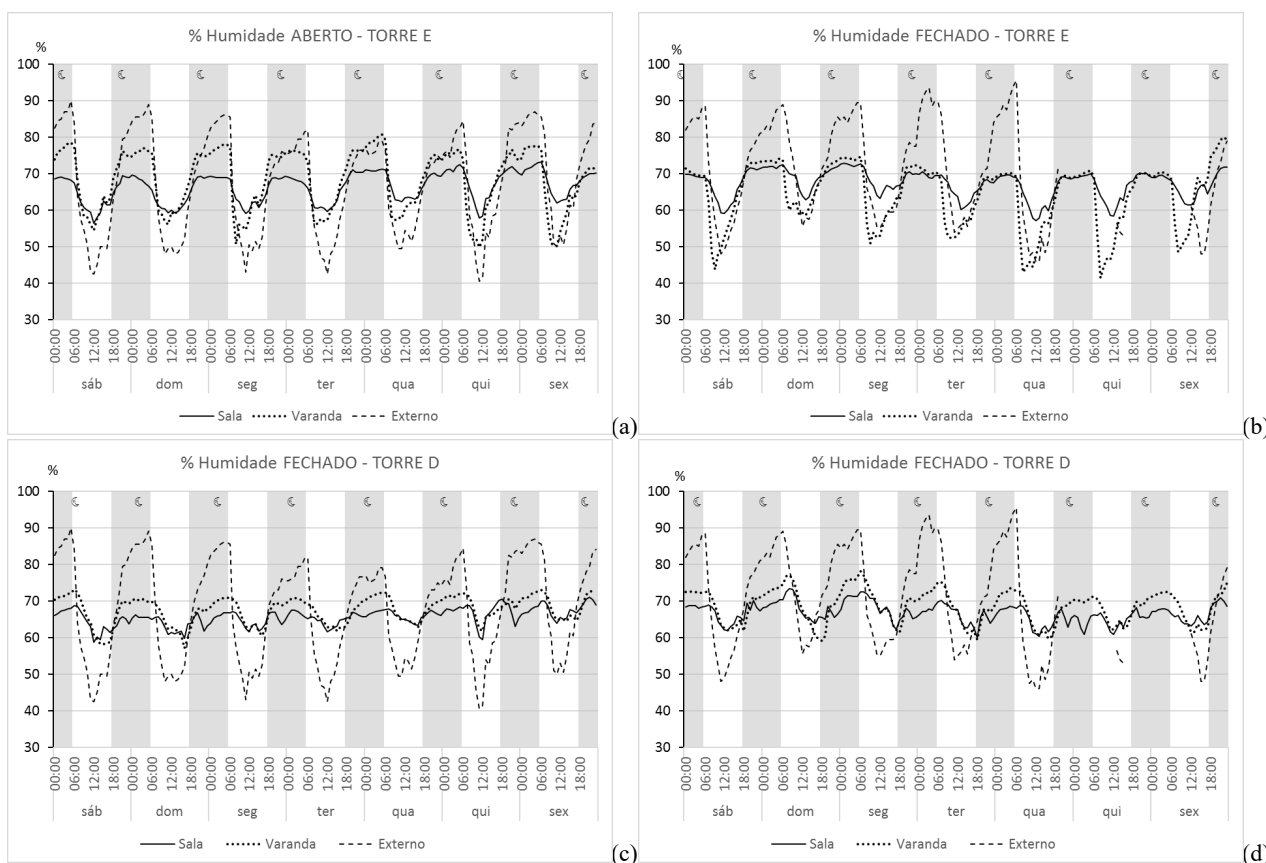


Figura 6 – Médias horárias de umidade relativa nas salas e varandas da Torre E e da Torre D considerando um período de duas semanas para cada padrão de abertura.

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho investigou a interferência no conforto térmico da prática do fechamento das aberturas das varandas, com vidros móveis, em dois apartamentos na cidade de Vitória (ES). A região urbana capixaba é constantemente atingida por partículas em suspensão oriundas principalmente das atividades industriais de duas siderúrgicas de grande porte instaladas em suas proximidades. Tal condição, associada à

poluição atmosférica inerente às vias de grande fluxo de veículos automotores são incentivadores para o fechamento das varandas. Entretanto, verifica-se claramente através dos resultados obtidos que o ato de fechar as aberturas das varandas dos edifícios residenciais com vidros móveis, altera significativamente a condição dos ambientes monitorados. Isso pode ser evidenciado pelo fato de que quando os vidros estão abertos, a temperatura interna da varanda se aproxima da temperatura externa, garantindo maior quantidade de horas dentro da zona de conforto indicada, o que reforça a importância da ventilação natural como estratégia de condicionamento térmico passivo para climas tropicais quentes e úmidos.

Devido ao incômodo urbano, é frequente que os usuários mantenham os vidros móveis das varandas fechados, o que faz com que o calor retido no ambiente durante o dia decresça a umidade relativa do ar e aumente significativamente a temperatura. A média diária de temperatura no período monitorado foi elevada em até 3,83°C em relação a temperatura média diária registrada externamente no monitoramento da varanda sem proteção interna, atingindo a máxima média horária de 39,1°C, bem acima da zona de conforto recomendada. Os menores valores são registrados para todos os casos no período da madrugada de 01 a 06 h sendo que para o apartamento predominantemente a nordeste os maiores valores médios horários de temperatura foram no período na manhã às 12 h e para o apartamento predominantemente a noroeste os maiores valores médios horários de temperatura foram registrados no período da tarde, às 17 h. Outro fato interessante é o uso de proteções internas, tais como cortinas *black out* no auxílio à redução da temperatura dos ambientes, entretanto é importante enfatizar que a ação de abrir os vidros móveis se mostra ainda mais eficaz, considerando que as cortinas não impedem a entrada do calor, proporcionando a reflexão de somente parte da radiação direta. Observou-se um comportamento similar entre as salas de estar dos apartamentos analisados, tanto nos períodos de monitoramento em que as aberturas das varandas estavam abertas quanto quando estavam fechadas, registrando temperaturas superiores às externas. Isso se deu, provavelmente, devido à porta de vidro que divide a sala da varanda permanecer a maior parte do tempo fechada, o que mostra que de modo geral as edificações residenciais atuais não estão apresentando envoltórias eficientes no que diz respeito ao conforto e eficiência energética, sendo necessárias a promoção de soluções arquitetônicas mais adaptadas ao clima local, priorizando o sombreamento e a ventilação natural dos ambientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A. M. **Conforto térmico e eficiência energética em edifício multifamiliar na cidade de Maceió**. Dissertação Mestrado, Departamento de Arquitetura e Urbanismo: Dinâmica do Espaço Habitado, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2009.
- ASHRAE 55 – AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **2013 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. 52 p. Atlanta, 2013.
- BARBOSA, M. J.; WEILLER, G. C. B.; LAMBERTS, R. Disposição dos equipamentos para medição da temperatura do ar em edificações. **Ambiente Construído**, v. 7, n.3, p 89-108, 2007.
- BRANDÃO, H. C. L.; MARTINS, A. M. M.. **A Varanda e suas contribuições para a Sustentabilidade**. Rio de Janeiro. 2007.
- CAMPANHONI, A.; ROMERO, M. B. Influência da orientação no desempenho dos edifícios em Águas Claras Distrito Federal. In: XIII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2010, Canela. **Proceedings...**Canela: ENTAC, 2010. p. 1-10.
- CANDIDO, C.; DEAR, R. de. From thermal boredom to thermal pleasure: a brief literature review. **Ambiente Construído**, v. 12, n. 1, p. 81-90, 2012.
- CORBELLA, O.; CORNER, V. **Manual de arquitetura bioclimática tropical para redução de consumo energético**. Rio de Janeiro: Revan, 2011.
- CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Revan, 2009.
- FROTA, A. B.; SCHIFFER S. R. **Manual de conforto térmico**. 8ª edição. São Paulo: Studio Nobel, 2009.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Senso 2010**. Disponível em www.ibge.gov.br. Acesso em 06 de junho de 2016.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Estações automáticas**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>. Acesso em 01 de março de 2017.
- ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **1998 Ergonomics of the thermal environment -- Instruments for measuring physical quantities**. 51 p. 1998.
- MACHADO, M.; SANTOS, J. M.; BORGES, W. Estudos dos fatores determinantes do incômodo causado pela poluição do ar através de *survey*. In: XXXIV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. **Proceedings...** Curitiba: ENEGEP, Curitiba, 2014.
- MATTIUZZI, H. V.; MARCHIORO, E. O comportamento dos ventos em Vitória (ES): a gestão e interpretação dos dados climatológicos. **Geonorte**, v.2, n.4, p 983-993, 2012.
- NICO-RODRIGUES, E. A.; ALVAREZ, C. E. de; SANTO, A. D.; PIDERIT, M. B. Quando a janela define a condição de desempenho térmico em ambientes ventilados naturalmente: caso específico das edificações multifamiliares em Vitória, ES. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 7-23, 2015.
- PAGEL, E. C.; ALVAREZ, C. E. de; REIS JÚNIOR, N. C. The influence of glazed balconies in the thermal comfort in an urban tropical region. In: SUSTAINABLE URBAN COMMUNITIES TOWARDS A NEARLY ZERO IMPACT BUILT ENVIRONMENT, 2016, Vitória. **Proceedings...** Vitória: SBE16 BRAZIL & PORTUGAL, 2016. p. 1829-1838.

- PMV – Prefeitura Municipal de Vitória. **Lei Nº4821 de 31 de dezembro de 1998** - Institui o Código de Edificações do Município de Vitória e dá outras providências. Vitória, 1998. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/codigo-de-obras-vitoria-es>. Acesso em 10 de junho de 2016.
- _____. **Lei nº 6.801, de 02 de dezembro de 2006** - Institui o Código de Edificações do Município de Vitória e dá outras providências – fechamento de varanda. Vitória, 2006. Disponível em: <http://sistemas.vitoria.es.gov.br/webleis/consulta.cfm?id=149772s>. Acesso em 10 de junho de 2016.
- SALEH, P. Thermal performance of glazed balconies within heavyweight/thermal mass buildings in Beirut, Lebanon's hot climate. **Energy and Buildings**, n.108, p 291-303, 2015.
- SANTIAGO, A. M. **Formação e transporte de material particulado na região metropolitana da grande vitória/es: utilização e avaliação de desempenho do modelo CMAQ**. Tese de doutorado, Programa de pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015.
- TEIXEIRA, F. 2014. Prefeito deve sancionar lei que permite o fechamento de varandas. **O Globo**, 16 de julho de 2014. Disponível em: <http://oglobo.globo.com/> Acesso em 10 de junho de 2016.
- TOLEDO, A. M.; COSTA, I. P. C. da; BULHÕES, M. C. S. Usuários fecham as varandas dos apartamentos da orla de maceió: adequação aos novos usos ou inadequação ao clima?. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v.5, n.2, p 131-154, 2010.