

ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO DE FACHADAS VENTILADAS DE PORCELANATO À LUZ DA NORMA DE DESEMPENHO. ESTUDO DE CASO EM EDIFÍCIO MODELO EM BRASÍLIA-DF.

Vamberto Machado dos Santos Filho (1); Rosa Maria Sposto (2)

(1) Engenheiro Civil, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade de Brasília, vambertomfilho@gmail.com

(2) Dsc, Professora do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Brasília, rmsposto@unb.br

RESUMO

A entrada de novos sistemas construtivos no mercado brasileiro tem sido acompanhada de diversos questionamentos sobre o seu desempenho. Entre estes novos sistemas estão as Fachadas Ventiladas, que surgem como uma promessa melhorar os aspectos desempenho térmico da edificação. Neste trabalho foi realizado um estudo de desempenho de fachadas ventiladas com porcelanato (FVPo), comparativamente as fachadas de porcelanato aderido (FPoA). Para isto, utilizou-se um projeto de uma edificação habitacional modelo (EHM) para reproduzir as edificações típicas do Plano Piloto de Brasília-DF. Suas características, materiais e elementos de contorno permaneceram constantes, sendo a variável apenas o tipo da fachada. Para o auxílio nas simulações do desempenho térmico foi utilizado o *software Design Builder* e os critérios de análise foram estabelecidos pela norma de desempenho. A cada critério da norma, os dois sistemas foram comparados e analisados com base nos cálculos pelo procedimento simplificado e resultados obtidos da simulação. As fachadas ventiladas de porcelanatos obtiveram melhores resultados de desempenho térmico, em todos os métodos utilizados, quando comparados a fachada de porcelanato aderido. Para o método de Santo *et al* (2014), a FVPo atendeu 100% aos critério da norma de desempenho, enquanto a FPoA entendeu somente a 33% no período de verão e 66% no período de inverno. Já para o método de análise de todo o período de verão e inverno, a FVPo atendeu em 65,6% do tempo no período de verão e 53,7% para o período de inverno, enquanto a FPoA atendeu 36,7% e 29,5% do tempo para os mesmos períodos.

Palavras-chave: simulação computacional, fachadas ventiladas, desempenho térmico.

ABSTRACT

The insertion of new construction systems in the Brazilian market has been accompanied by many questions about its performance. Among these new systems is the Ventilated Façade, which has the potential to improve aspects of habitability of the building. In this paper, its present the performance of a porcelain ventilated façade (FVPo) compared to the façades of joined porcelain (FPoA). In order to verify the thermal performance, it has been used a design of a residential building model (EHM) to reproduce the typical buildings of Brasilia-DF. Its features, materials and boundary element remained constant, ranging the kind of facade. For assistance in the simulations of the thermal performance it was used the software Design Builder and the analysis criteria were established by the performance standard. Each criterion of the standard, the two systems were compared and analyzed based on the results of the simulation. Ventilated facades of porcelain did better thermal performance in all methods when compared to the facade of joined porcelain. For the Santo *et al* (2014), the FVPo has accord 100% at the discretion of the performance standard, while FPoA got only 33% in the summer period and 66% in the winter period. As for the method of analysis for all summer and winter period, FVPo has accord in 65.6% of the time during the summer and 53.7% for the winter period, while FPoA assent only 36.7% and 29.5% for the same time periods.

Keywords: computer simulation, ventilated façade, thermal performance.

1. INTRODUÇÃO

A busca de sistemas construtivos inovadores no setor habitacional tem se dado principalmente na sua envoltória, tal como o sistema de vedações verticais, principalmente devido à baixa produtividade e qualidade muitas vezes insatisfatória das alvenarias convencionais. Hoje é comum assistirmos, nos grandes centros urbanos, a substituição de fachadas convencionais, de alvenaria, revestimento cerâmico aderido ou pintura por fachadas pré-fabricadas, de concreto ou metálicas. Em 2012, durante a edição da Feira de Revestimentos – ExpoRevestir, surgiu no Brasil o sistema inovador de Fachadas Ventiladas (MACIEL, 2013).

Derivado de um sistema disseminado no mercado brasileiro, as fachadas ventiladas diferem substancialmente das fachadas cortinas, pela presença de uma camada de ar renovado constantemente, entre o revestimento externo e o substrato. Kiss (1999) define fachada ventilada como um sistema de revestimento externo caracterizado pela existência de uma camada isolante sobre a parede de vedação e uma camada externa de revestimento, estanque a água, composta de painéis modulares, fixada ao edifício por uma estrutura metálica.

Em contrapartida ao aparecimento dos novos sistemas industrializados, veio à exigibilidade da ABNT NBR 15575:2013 também conhecida como norma de desempenho, que hoje visa, principalmente, as exigências dos usuários, com base em requisitos e critérios de segurança, habitabilidade e sustentabilidade.

Estudos como o de Wong *et al* (2008), Hasse *et al* (2009), Stazi *et al* (2011), Lopéz *et al* (2012), Suárez *et al* (2012), Martins (2013) e Lopéz *et al* (2015) mostram que ao acrescentar uma camada ventilada no sistema de fachada é possível controlar a temperatura interna das edificações, melhorando o desempenho térmico da edificação.

As fachadas ventiladas vêm com a premissa de melhorar o desempenho térmico, devido a ventilação da camada de ar. Ojeda (2012) afirma que as fachadas ventiladas podem ser utilizadas tanto no verão quanto no inverno e que a sua camada de ar regula a temperatura interna na edificação.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar o atendimento dos níveis de desempenho térmico de fachadas ventiladas de porcelanato (FVPo) e comparar esse sistema inovador com o sistema convencional aderido de fachada de porcelanato aderido (FPoA).

3. METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho está dividida em três etapas principais:

1. Caracterização do sistema: Definição das variáveis que influenciam na análise do sistema proposto, levando em consideração características físicas e geográficas da edificação.
2. Simulação computacional: Análise numérica computacional utilizando *software* de desempenho térmico.
3. Análise e Resultados: Comparação dos resultados obtidos das simulações e sua análise

3.1. Caracterização do sistema

Para a realização desse estudo utilizou-se um projeto de sistema de vedação vertical externa SVVE de fachada ventilada típica do plano piloto tendo como variáveis o porcelanato com *insert* metálico (FVPo) e o porcelanato aderido ao substrato (FPoA), utilizada como referência. As tipologias de fachada foram aplicadas em um projeto hipotético de uma Edificação Habitacional Modelo (EHM), localizada no Plano Piloto em Brasília-DF.

3.1.1. Tipologia arquitetônica

O projeto utilizado para a realização desse trabalho foi elaborado por Maciel (2013). Para a elaboração desse projeto hipotético, foram observadas as principais tipologias arquitetônicas do Plano Piloto de Brasília dentro da quantidade máxima de pavimentos (Pilotis, 6 pavimentos e cobertura).

O Edifício Habitacional Modelo (EHM) é constituído por 03 (três) blocos germinados simétricos e idênticos, com pilotis, 6 pavimentos e cobertura. Cada bloco possui 04 (quatro) apartamentos por andar com 02 (dois) elevadores, escada de incêndio, hall social e depósito de lixo (Figura 1). Os apartamentos possuem 03 (três) quartos sendo uma suíte, banho social, sala de estar, cozinha, área de serviço e varanda.

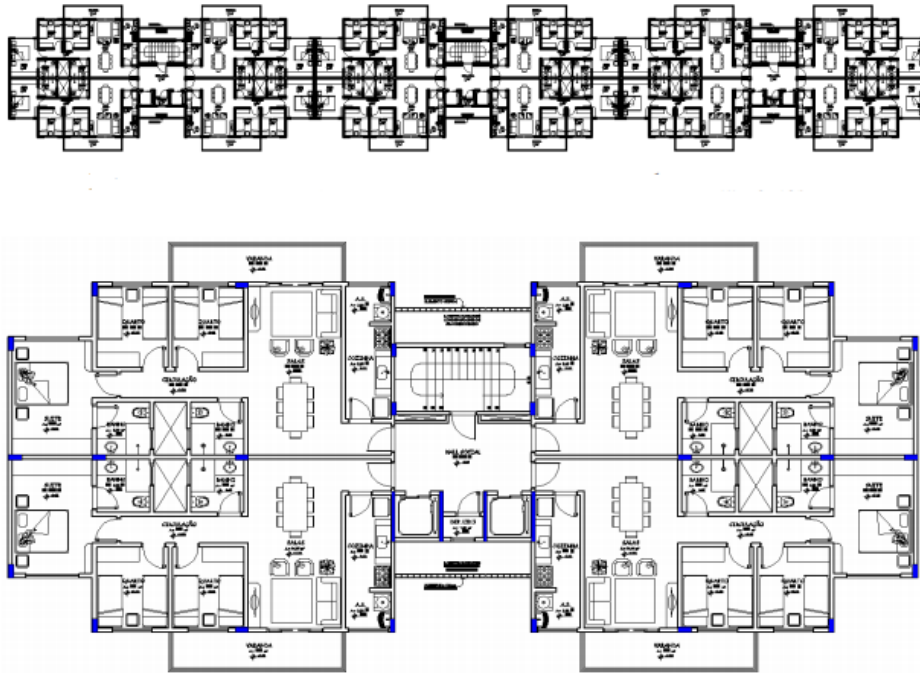


Figura 1 - Planta baixa do edifício e do bloco germinado (MACIEL, 2013)

A edificação é constituída de estrutura de concreto armado, com lajes de 10 cm de espessura (incluindo a laje de cobertura), com pé direito de 2,90 metros, contra piso de 2 cm, vedações verticais de bloco de concreto com agregado de pedra e dimensões de 14cmx19cmx39cm com juntas verticais e horizontais com argamassa de cimento, areia e cal, de 1 cm, o revestimento com reboco paulista com argamassa de cimento, areia e cal, na face interna de 1,5 cm.

O EHM está localizada na quadra 112 norte em Brasília-DF e está incluído na zona bioclimática 4. A orientação foi adotada 330° conforme edificações na Asa Norte – Plano Piloto.

3.1.2. Caracterização do sistema de vedação vertical externa (SVVE)

Os SVVE analisados nesse trabalho são: Fachada Ventilada de Porcelanato (FVPo) e a Fachada de Porcelanato Aderido (FPoA). A simulação das duas situações foi realizada utilizando as mesmas características construtivas do edifício, substituindo apenas os elementos da fachada.

A construção da FVPo levou em consideração os métodos utilizados pelas principais fornecedoras no Brasil dessa tipologia construtiva (Eliane, Gail e Portobello). Nesse estudo a dimensão dos porcelanatos utilizados foi de 45x90 cm e peças especiais para a construção de pingadeiras, requadros, frisos, rufos e etc, com dimensões de acordo com o necessário, e cores claras, com absorvância à radiação solar (α) de 0,3, como recomendado pela ABNT NBR 15575:2013.

A espessura da camada de ar (colchão de ar) foi escolhida também de acordo com o praticado pelas empresas brasileiras. A camada de ar adotada é de 10 cm de espessura. Foi considerado ainda, a espessura de 8mm para as juntas entre placas do sistema FVPo e sua espessura de 12mm. A impermeabilização da alvenaria é constituída por mantas especiais de poliéster e não serão consideradas no cálculo térmico.

A FPoA é constituída de placas cerâmicas de dimensões 20x20 cm com cores claras (absorvância à radiação solar de 0,3), juntas de 0,8 cm, reboco externo e interno de argamassa de cimento areia e cal com dimensões de 1,5 cm assentadas com argamassa colante ACIII (não considerada nos cálculos térmicos).

3.1.3. Desempenho térmico

A ABNT NBR 15575-4:2013 fixa valores máximos de Transmitância Térmica (U) e de Capacidade Térmica (CT) que influenciam no desempenho de uma vedação vertical. Os valores variam de acordo com a zona bioclimática que se encontra a edificação. De acordo com a ABNT NBR 15220-3:2005, a cidade de Brasília-DF se encontra na zona bioclimática 4. Os critérios de valores máximos admissíveis para U e CT são apresentados nas Tabelas 1 e 2, sendo que os revestimentos das tipologias de fachadas adotadas nesse trabalho possuem absorvância (α) de 0,3.

Tabela 1 - Transmitância térmica de paredes (ABNT NBR 15575:2013)

Transmitância Térmica U – W/m ² .K		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
U ≤ 2,5	$\alpha \leq 0,6$	$\alpha > 0,6$
	U ≤ 3,7	U ≤ 2,5

Tabela 2 - Capacidade Térmica de paredes externas (ABNT NBR 15575:2013)

Capacidade Térmica (CT) – KJ/m ² .K	
Zona 8	Zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7
Sem exigência	≥ 130

Os sistemas de vedações verticais externas podem ser avaliados, primeiramente, considerando o procedimento simplificado de análise. Caso o SVVE não atenda aos critérios analisados conforme o procedimento simplificado, é necessário aplicar o procedimento de análise considerando o procedimento de simulação do desempenho térmico.

Para a simulação de desempenho da edificação a ABNT NBR 15575:2013 fixa alguns parâmetros de dados de entrada no software.

- As informações sobre a localização geográfica e os dados climáticos correspondentes devem ser retiradas da norma;
- A geometria do modelo de simulação deve representar a situação real da edificação;
- Na composição de materiais para a simulação, devem-se utilizar dados das propriedades térmicas dos materiais e/ou componentes, obtidos em laboratório, ou constantes na ABNT NBR 15220:2005;
- Simular todos os recintos da edificação, considerando as trocas térmicas entre eles;
- A orientação deve ser definida conforme a implantação;
- Adotar uma taxa de ventilação dos ambientes de 1ren/h.

No caso das simulações, a ABNT NBR 15575:2013 define critérios de valores máximos de temperatura na condição de verão e de valores de temperatura mínima para as condições de inverno, conforma as Tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão (ABNT NBR 15575:2013)

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
M	Ti, máx < Te, máx	Ti, máx < Te, máx

Tabela 4 - Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno (ABNT NBR 15575:2013)

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 5	Zonas 6, 7 e 8
M	Ti, mín < (Te, mín + 3°C)	Nestas zonas, este critério não deve ser verificado

4.2 Simulação computacional – *Design Builder*

No mercado existe uma variedade de softwares para a avaliação do desempenho térmico de uma edificação tais como o DOE 2, ENERGY PLUS, Design Builder e SPARK. O uso do *Design builder* é justificado por possuir uma integração com o software desenvolvido pelo Departamento de Energia do EUA, o ENERGY PLUS, *software* recomendado pela ABNT NBR 15575:2013. Essa ferramenta pode quantificar o consumo energético dos sistemas de aquecimento e resfriamento da edificação, além de calcular a temperatura interna da edificação, levando em consideração diversos fatores importantes do ponto de vista térmico como, por exemplo: a transmitância e capacidade térmica dos materiais, os elementos de contorno da edificação, a interação entre ambientes e sua ventilação.

4.2.1 Dados de entrada

a) Localização

A modelagem do edifício se inicia com a caracterização do meio onde o mesmo está inserido. Para isso é necessário “alimentar” o software com dados referentes ao sítio. Os dados referentes de Brasília foram retirados da ABNT NBR 15575:2013 como recomenda a própria norma.

Para os dados meteorológicos de simulação optou-se por utilizar os dados fornecidos pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade de Santa Catarina, que juntamente com o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET e o Prof. Mauricio Roriz, compilaram dados climáticos de 411 estações meteorológicas entre os anos 2000 e 2010. Esses dados são registrados de 3 em 3 horas e os valores correspondentes ao resto do dia foram obtidos por interpolação linear (LABEEE, 2014). As variáveis climatológicas contidas nos arquivos gerados são: Temperatura do Ar, Umidade Relativa, Temperatura do Ponto de Orvalho, Pressão Atmosférica, Velocidade e Direção do Vento, Pluviosidade e Irradiância Global sobre o Plano Horizontal entre outras.

Tabela 5 - Dados de entrada do software

REQUISITO	DADOS DE ENTRADA
Latitude	-15,78°
Longitude	-47,93°
Nível do mar	1061 m
Exposição ao vento	Normal (padrão <i>software</i>)
Orientação solar	330°
Dados metrológicos de simulação	BRA_BRASÍLIA_EPW
Time Zone	(GMT-03:00) Brasília

b) Atividade /ocupação

Os dados utilizados para a ocupação e atividades podem ser verificados na Tabela 6. Os valores de ocupação, são resultados da divisão da metragem da edificação pela quantidade de habitantes, considerada nesse estudo de 4 habitantes por apartamento.

Tabela 6 – Especificação da Atividade / Ocupação do EHM

Requisito	Padrão adotado
Categoria	Espaço residencial
Região	Brasil
Carga de Calor (W /m ²)	3,58 (padrão <i>software</i>)
Densidade (Hab/m ²)	0,0478
Fator metabólico	0,90 (padrão <i>software</i>)
Ventilação	1 ren/h

c) Materiais e componentes

A modelagem do edifício levou em consideração as técnicas construtivas e materiais comumente utilizados no mercado brasileiro. As SVVI são de blocos de concreto com agregado de pedra com dimensões de 9cmx19cmx39cm, já as SVVE são constituídas de bloco de concreto com agregado de pedra com dimensões de 14cmx19cmx39cm e revestimento interno de argamassa de cimento, cal e areia de 1,5 cm.

No interior da edificação foi considerada a laje de 10cm com contrapiso de argamassa de cimento e areia de 2cm e revestimento cerâmico de 6mm. As portas internas são de madeira comum e as janelas possuem esquadria de alumínio e vidros com espessuras de 6mm transparentes.

Na Tabela 7 encontram-se as especificações dos materiais que compõe o EHM. Os valores de condutividade térmica (λ), calor específico (c) e densidade foram obtidos pela norma ABNT NBR 15220:2005 e dos padrões do *software Design Builder*.

Tabela 7 – Especificação dos materiais constituintes do EHM

Local	Material	Espessura (mm)	λ (W/m.k)	c (kJ/kg.K)	Densidade (kg/m ³)
Vedações internas e externas	Blocos de concreto, sem revestimento externo.	140	0,51	1,0	1400
Vedações internas	Reboco de camada única	15	1,15	1,0	2000
Lajes	Concreto Armado	100	1,75	1,0	2200
Piso interno	Cerâmica porcelanato	6	1,30	0,84	2300
	Contrapiso	20	1,15	1,0	2000
Terreno	Terra comum		1,28	0,88	1460
Esquadria Externa	Requadro em alumínio anodizado	5	160	0,88	2800
	Vidro comum incolor	6	0,90	1,0	2500
Fachada ventilada	Revestimento externo de porcelanato	12	1,30	0,84	2300
Fachada aderida	Revestimento externo de porcelanato	6	1,30	0,84	2300

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados e as discussões desse trabalho. As simulações foram realizadas durante os períodos que compreendem o verão (20 de dezembro a 21 de março) e inverno (21 de junho a 23 de setembro).

4.1. Procedimento simplificado

O cálculo da transmitância térmica e capacidade térmica dos sistemas estudados tiveram como diretrizes os procedimentos descritos na ABNT NBR 15220 (2005) e os resultados dos cálculos verificados, o atendimento ou não, dos critérios estabelecidos na ABNT NBR 15575 (2013), quanto ao critério de Transmitância Térmica (U) e Capacidade Térmica (CT).

Na Tabela 8 é possível verificar os valores de U e CT dos sistemas de FVPo e FPoA. Os dois sistemas atendem a norma ABNT NBR 15575:2013 para absorvância à radiação solar $\alpha=0,3$.

Tabela 8 - Resultados de U e CT para os sistemas estudados

	Transmitância (U)	Capacidade Térmica (CT)
FVPo	1,53	161,04
FPoA	2,81	176,68

Verifica-se que a FVPo possui menores resultados para transmitância térmica, devido a sua camada de ar ventilada entre o substrato e a placa de porcelanato. O valor de transmitância térmica de 1,53 atende a norma tanto para o critério para absorvância maior que 0,6 tanto para menor. Já a FPoA não passaria no critério de transmitância térmica com a absorvância a radiação solar do revestimento maior que 0,6.

Observando a capacidade térmica, verifica-se que a capacidade térmica do sistema FPoA é maior que do sistema FVPo por causa das camadas densas, como por exemplo, a camada de emboço, enquanto no sistema de FVPo, a camada de ar não acrescenta em nada a capacidade térmica.

4.2. Simulação computacional

A edificação foi avaliada seguindo três métodos:

- Avaliação de desempenho seguindo a ABNT NBR 15575:2013, onde o desempenho da edificação é verificado comparando um dia típico de verão e outro de inverno;

- Seguindo método de Santo *et al* (2013) que propõe simular todo o período de verão e inverno, e selecionar uma certa quantidade de dados (9 dias no período de verão e 9 dias no período de inverno), estatisticamente, para comparar com a norma;
- E por último, simular todo o período de verão e inverno, e verificar durante todo o período, qual a porcentagem do tempo a edificação atende aos requisitos da norma.

Na primeira avaliação foram analisados os dados de simulação e comparados com os dados de dia típicos da ABNT NBR 15575:2013, a fim de verificar o dia mais próximo aos dados da norma. No verão, o dia encontrado foi 4 de fevereiro, onde a temperatura máxima externa foi de 31,3°C alcançado as 14:00 horas. No caso da simulação com a FVPo, a temperatura interna da edificação ficou em 29,6°C alcançado as 17 horas, enquanto as simulações com a FPoA atingiram temperaturas máximas de 31,7°C alcançado as 17:00 horas (Figura 2). Nesse cenário apenas a FVPo atendeu a norma.

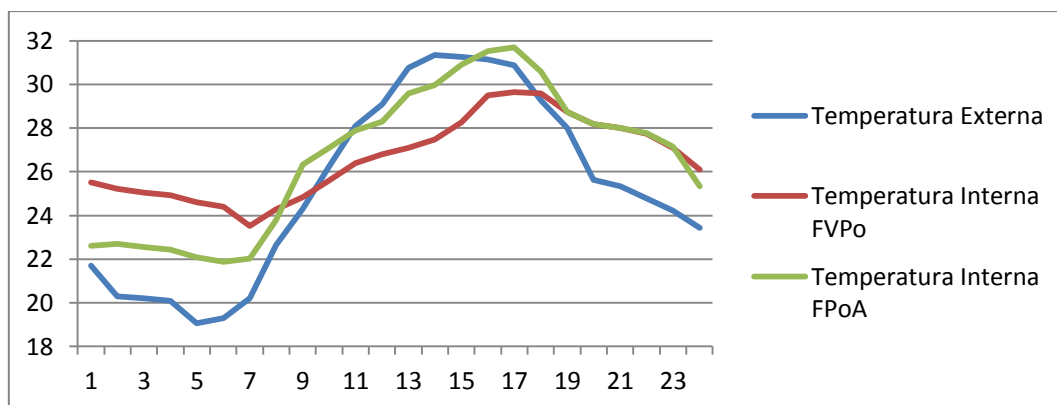


Figura 2 - Temperaturas durante o dia típico de verão

Para a simulação dos dias de inverno, foi adotada a mesmo procedimento das simulações de verão. Comparando os dados da simulação com os dados da norma, verificou-se que o dia 30 de agosto como o dia típico de inverno, com temperatura mínima 10,6°C às 6 horas. No caso da simulação com a FVPo, a temperatura interna é de 16,1°C alcançado as 7 horas, enquanto na simulação com a FPoA, as temperaturas mínimas internas atingiram 15,5°C alcançado as 6 horas (Figura 3). Neste caso os dois sistemas atenderam ao requisito da norma.

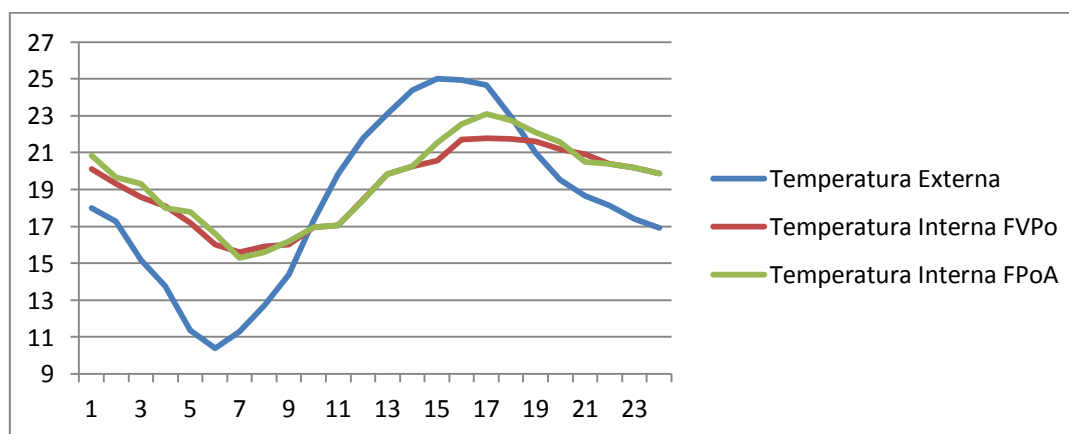


Figura 3 - Temperaturas durante o dia típico de inverno

Na análise dos dias típicos é possível verificar também o quanto a diferença entre a transmitância térmica dos dois sistemas influencia no comportamento dos mesmos. A temperatura interna do sistema de FPoA acompanha a curva de temperatura externa mais do que o sistema de FVPo, o que mostra a facilidade desse sistema de ganhar ou perder calor.

Na segunda verificação, foram escolhidos os 9 dias mais quentes no verão e os 9 dias mais frios no inverno, e com essas temperaturas, verificar o atendimento a norma dos dois sistemas. Na Tabela 9 e 10 é possível verificar o atendimento ou não dos sistemas, respectivamente, no verão e inverno.

Tabela 9 - Atendimento aos critérios das diferentes fachadas no verão

Fachada ventilada de porcelanato (FVPo)				Fachada de porcelanato aderido (FPoA)			
Data	Temperatura Máxima Externa	Temperatura Máxima Interna	Atende?	Data	Temperatura Máxima Externa	Temperatura Máxima Interna	Atende?
4/2	31,3	29,6	SIM	4/2	31,3	31,7	NÃO
6/2	30,8	30,3	SIM	6/2	30,8	31,1	NÃO
3/2	30,8	28,9	SIM	3/2	30,8	29,5	SIM
13/2	30,4	29,9	SIM	13/2	30,4	30,8	NÃO
12/2	30,2	29,4	SIM	12/2	30,2	30,3	NÃO
5/2	30,2	30,1	SIM	5/2	30,2	31,0	NÃO
28/1	30,0	29,4	SIM	28/1	30,0	30,3	NÃO
10/2	30,0	28,9	SIM	10/2	30,0	29,5	SIM
27/1	29,8	28,7	SIM	27/1	29,8	29,7	SIM

Tabela 10 - Atendimento aos critérios das diferentes fachadas no inverno

Fachada ventilada de porcelanato (FVPo)				Fachada de porcelanato aderido (FPoA)			
Data	Temperatura Mínima Externa	Temperatura Mínima Interna	Atende?	Data	Temperatura Mínima Externa	Temperatura Mínima Interna	Atende?
21/6	10,4	13,4	SIM	21/6	10,4	13,1	NÃO
30/8	10,6	16,1	SIM	30/8	10,6	15,5	SIM
28/6	12,1	15,6	SIM	28/6	12,1	15,3	SIM
16/9	12,1	17,8	SIM	16/9	12,1	17,1	SIM
14/8	12,2	16,0	SIM	14/8	12,2	15,7	SIM
17/9	12,3	16,7	SIM	17/9	12,3	16,0	SIM
15/8	12,3	15,7	SIM	15/8	12,3	15,4	SIM
16/8	12,4	15,6	SIM	16/8	12,4	15,3	NÃO
8/7	12,4	15,6	SIM	8/7	12,4	15,3	NÃO

A partir da análise da comparação entre os dias mais quentes no período de verão e os dias mais frios no período de inverno, é possível verificar o desempenho superior da FVPo sobre o sistema convencional. No período de verão a FVPo obteve temperaturas internas inferiores as externas durante os 9 dias mais quentes atendendo assim aos critérios da norma de desempenho. Já a FPoA apresentou resultados variáveis durante os dias mais quentes do ano. Em 66,6% a FPoA não atendeu aos critérios mínimos exigidos pela norma.

No período de inverno os resultados foram semelhantes ao período de verão. Durante os 9 dias mais frios do inverno, a FVPo apresentou temperaturas superiores a externas mais três graus, atendendo assim ao critério da norma de desempenho. A FPoA apresentou resultado inferior ao da FVPo, ficando em concordância com a norma em 66,6% dos dias mais frios, não atendendo ao requisito da norma.

Por ser baseada em estatística, esse método se torna mais completa do que a analisada anteriormente. A análise da edificação verificando os dias de maiores temperaturas no período de verão e menores temperaturas no período de inverno é mais representativa, pois mostra o desempenho da edificação sobre a condição de maior solicitação térmica.

No último método, foram simulados os períodos de verão e inverno completos e verificado a porcentagem do tempo em que cada tipologia de fachada atende aos critérios da norma. Foram traçadas curvas de temperaturas para os dois sistemas no verão e que podem ser observadas na Figura 4.

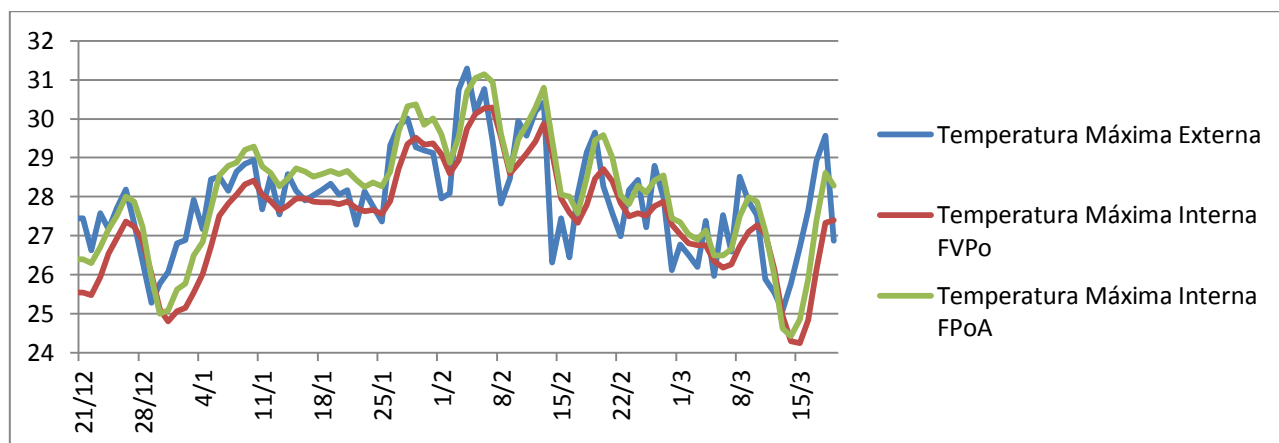


Figura 4 - Curvas de temperatura dos sistemas no verão

É possível verificar que o sistema de FVPo possui temperaturas internas menores que as do sistema FPoA, gerando um atendimento a norma de 65,6% do tempo no período de verão, enquanto o outro sistema atende apenas em 36,7%. Essa diferença de temperaturas pode ser explicada, principalmente, pela diferença de transmitância térmica ente os dois sistemas. Já no período do inverno, os resultados de atendimento foram menores que no período de verão. Nas FVPo o período de atendimento foi de 53,7% enquanto para as FPoA, apenas 29,5% (Figura 5).

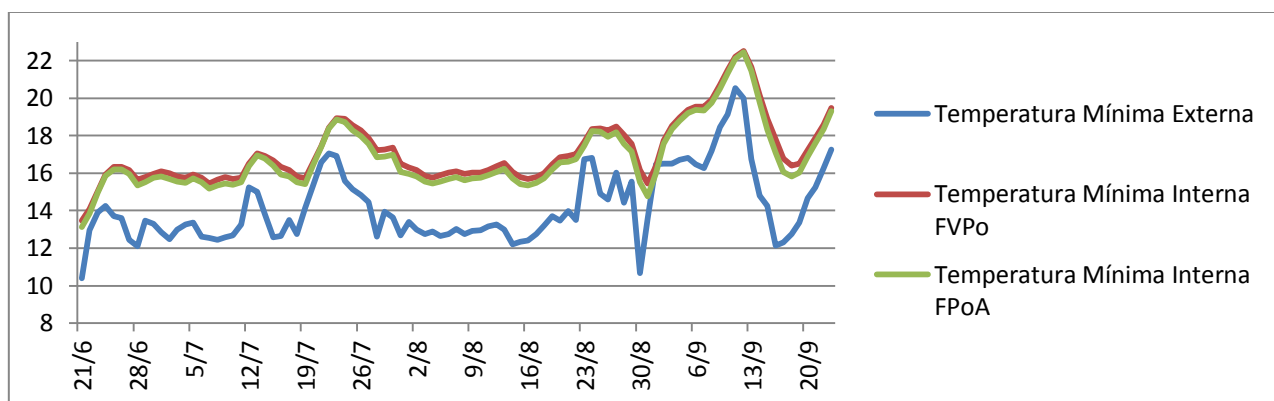


Figura 5 - Curvas de temperatura dos sistemas no inverno

Observando os resultados é possível concluir que o sistema de FVPo possui um desempenho térmico superior ao sistema de FPoA, tanto para a método adotado pela ABNT NBR 15575 quanto para os outros métodos adotados por outros autores. Essa melhoria de desempenho se deve ao fato que a FVPo possui uma renovação de ar, devido ao efeito chaminé, inflando ar atmosférico frio e expulsando o ar aquecido pela radiação solar. Essa camada ventilada ser como um controlador de temperatura interna, tanto para períodos de verão, quanto para períodos de inverno.

Outro aspecto que pode ser observado é a discrepância entre os resultados do procedimento simplificado para as simulações. No caso, os dois sistemas passaram no procedimento simplificado, mas quando o edifício é simulado, levando em consideração os elementos de contorno, o resultado é diferente. Nos três métodos de simulação, o desempenho da FPoA foi inferior ao mínimo de norma, mostrando o quanto é importante considerar o edifício e seus elementos como um todo, e não somente as vedações opacas.

5. CONCLUSÕES

Conforme os resultados apresentados, a Fachada Ventilada possui vantagens sobre o sistema convencional de porcelanato aderido, no que se diz a respeito de desempenho térmico. Essa melhora no desempenho térmico se dá devido ao colchão de ar que se renova por efeito chaminé, eliminando o ar aquecido por radiação térmica diminuindo a transmissão de calor para dentro da edificação. Verificou-se também que suas

propriedades isolantes também são benéficas para os períodos de inverno, onde o mesmo colchão de ar retém o calor no interior da edificação. No caso das Fachadas Ventiladas, mais de 50% do período de inverno e verão ficou em concordância com a norma de desempenho.

A avaliação de desempenho térmico simplificado sugerido pela norma pode ser imprecisa quanto ao efeito do aumento da temperatura no interior da edificação. Essa imprecisão se deve ao fato do procedimento simplificado não levar em consideração aspectos importantes para o desempenho térmico como, por exemplo, os fechamentos transparentes, grandes responsáveis pelo ganho de temperatura, e outras condições de contorno como, sombreamentos, ventilação, interferência de edifícios vizinhos e outros. É aconselhável a simulação em qualquer análise de desempenho térmico de edificações, já que a mesma considera diversos fatores negligenciados pelo procedimento simplificado.

Foi verificado também que métodos distintos de análise das simulações térmicas podem trazer diferentes resultados. A sugestão da norma de desempenho para simulações térmicas utilizando como meio de comparação os dias típicos de verão e inverno, pode provocar falsa aceitação do objeto de estudo, já que os dias típicos, apesar de serem baseados em séries históricas, podem não ser suficiente para representar o comportamento da edificação durante o ano. Para isso outros métodos de análise foram propostos levando em consideração a simulação de todo o período, mostrando ser mais eficaz na avaliação do desempenho térmico das edificações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2:** Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005a.
- _____. **NBR 15220-3:** Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005b.
- _____. **NBR 15575-1:** Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2013.
- _____. **NBR 15575-4:** Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 4: Sistema de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro, 2013.
- KISS, P. **Pulmões prediais.** Revista Techne, edição 39, março, 1999.
- LABEEE. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – Dados climatológicos. Disponível em <<http://www.labee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/formato-epw>>. Acesso em 16 de novembro de 2014.
- MACIEL, A.C.F. **Energia Incorporada de Fachadas Ventiladas nas Fases de Pré-uso, Uso e Manutenção. Estudo de Caso para Edificação Habitacional Modelo Típica do Plano Piloto de Brasília-DF.** Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 198p. 2013
- MARTINS, E. T. R. **Caracterização de sistemas de reabilitação de fachadas: Soluções existentes e inovadoras.** Dissertação de mestrado da Universidade do Minho. Portugal, 2013.
- OJEDA, J.D.R. **Guia Básica para Fachadas Ventiladas Y Proteccion Solar: envolventes inteligentes,** Santiago, 2012
- LOPÉZ, P. F.; JENSEN, R. L.; HEISELBERG, P.; SANTIAGO, M. R. A. Experimental analysis and model validation of na opaque ventilated facade. **Building and Environment.** Volume 56, pág. 265-275, 2012
- LOPÉS, P. F.; SANTIAGO, M. R. A. Sensitivity study of na opaque ventilated facade in the winter season in diferente climate zones in Spain. **Renewable Energy.** Volume 75, pág. 524-533, 2015.
- SANTO A. D.; ALVAREZ C. A.; NICO-RODRIGUES E. A. **Conforto e desempenho térmico em contradição na NBR 15.575.** Cadernos PROARQ 20. 2013
- STAZI, F.; TOMASSONI, F.; VEGLIÒ, A.; DI PERNA, C. Experimental evaluation of ventilated walls with external clay cladding. **Renewable Energy.** Volume 36, pág. 3373-3385, 2011.
- SUÁREZ, M. J.; SANJUAN, C.; GUTIÉRREZ, A. J.; PISTONO, J.; BLANCO, E. Energy evaluation of na horizontal open joint ventilated facade. **Applied Thermal Engineering.** Volume 37, pág 302-313, 2012.
- WONG, P. C.; PRASAD, D.; BEHNIA, M. A new type of double-skin facade configuration for the hot humid climate. **Energy and Buildings.** Volume 40, nº10, pág 1941-1945, 2008

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES.