

AMBIENTES RESIDENCIAIS COM MAIS DE UMA FACHADA: INFLUÊNCIA NA CLASSIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Alice Brasileiro (1); Claudio Morgado (2); Thiago C. Torres (3); Gabriela Pohlmann (4)

(1) D.Sc., Professora do Departamento de Tecnologia da Construção da FAU/UFRJ, alicebrasileiro@ufrj.br

(2) M.Sc., Professor do Departamento de Tecnologia da Construção da FAU/UFRJ, claudiom@centroin.com.br

(3) Graduando em Arq. e Urb. e participante de Inic. Científica na FAU/UFRJ, thiago.torres@hotmail.com

(4) Graduada em Arq. e Urb. e participante de Inic. Científica na FAU/UFRJ, g.pohlmann@hotmail.com

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, DTC/AMBEE.

Av. Pedro Calmon, nº 550 - Prédio da Reitoria/FAU - Sala 422, Ilha do Fundão - Rio de Janeiro, RJ - CEP 21941-901 – Brasil

RESUMO

A orientação das fachadas de uma edificação tem relação direta com seu desempenho energético. No Brasil, o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) se constitui no instrumento legal para a obtenção da classificação da eficiência energética das habitações, de acordo com a zona bioclimática. O projeto de pesquisa que deu origem a este trabalho concentra-se especificamente na ZB8, visando a cidade do Rio de Janeiro, e tem como objetivo geral verificar até que ponto diferentes orientações em um mesmo ambiente residencial de permanência prolongada podem influenciar na sua classificação de eficiência energética, passando pela possibilidade de escolha de qual orientação adotar para o posicionamento da abertura. Os procedimentos da investigação foram experimentais, testando em planilhas eletrônicas o desempenho dos ambientes com duas fachadas, uma com abertura e outra não, inicialmente em um compartimento-padrão hipotético e posteriormente, em unidades habitacionais de edifícios residenciais multifamiliares no Rio de Janeiro. O parâmetro definido para a investigação foi a orientação da abertura (Aab) e da fachada “cega” (Apamb), sendo esses elementos cruzados em diferentes combinações do percentual de abertura (FVent) e seu nível de sombreamento (Somb). Também foi investigado se a presença de uma terceira fachada teria influência na classificação. Os resultados indicaram as orientações preferenciais para abertura e para vedação, alguns sujeitos à influência do sombreamento e outros não. Ainda, foi verificado que a presença de uma terceira fachada no ambiente sempre piora o nível de sua classificação, em todas as orientações. Ao expor como a orientação interfere no desempenho energético, o produto desta análise pode ser adotado como ferramenta para tomadas de decisões projetuais a respeito da forma e da orientação de ambientes em edificações residenciais.

Palavras-chave: Classificação na ENCE, RTQ-R, Orientação, Fachadas

ABSTRACT

The orientation of the facades of a building is directly related to its energy performance. In Brazil, the Regulation for Energy Efficiency Labeling of Residential Buildings (RTQ-R) is a legal instrument for obtaining the rating the energy efficiency of dwellings, according to bioclimatic zone. This paper focuses on Rio de Janeiro city, one of the hottest in Brazil, and aims to verify to what extent different orientations in the same room may influence its energy efficiency labeling, considering the choice of which direction to take for the positioning of the opening. The research took place first in a virtual model, and then in some recent built dwellings at the city; the parameter set for the research was the orientation of the opening (Aab) and orientation of facades (Apamb), plus different combinations of opening percentage (FVent) and its shading level (Somb). These elements were crossed each other in various combinations, using appropriate spreadsheets for its calculation. Also investigated was if the presence of a third facade would affect the classification. The results indicated the most adequate orientation for opening and for the “blind” facade, some subject to the influence of shading and others not. It has been further found that the presence of a third facade always worsens the environment classification level in all directions. By exposing as orientation interferes, the product of this analysis can be used to help the design decisions about the shape and orientation of rooms in residential buildings.

Key words: Energy efficiency labeling, RTQ-R, Orientation, Facades

1. INTRODUÇÃO

O desempenho energético de uma edificação está diretamente relacionado à sua envoltória: forma, orientação, constituição, entre outros. Considera-se como envoltória da edificação o conjunto de camadas que separam o seu interior do meio exterior, incluindo não somente suas fachadas como também sua cobertura. Dependendo da área de exposição da edificação ao ambiente externo, e também da orientação desta em relação à trajetória aparente solar, as condições de conforto para o usuário em seu interior podem ser significativamente alteradas. Esse fato certamente o fará buscar restabelecer a situação de equilíbrio, utilizando, para tal, meios de resfriamento e refrigeração que demandem energia para atingir seu objetivo, tendo influência direta na sua classificação de desempenho energético.

No âmbito da Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, no Brasil, há alguns anos foi criada a ENCE¹ para edificações, primeiramente comerciais, de serviços e públicas, e posteriormente, residenciais. O Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) se constitui no instrumento legal para a obtenção da classificação da eficiência energética das habitações, em função de sua zona bioclimática. O presente trabalho, desenvolvido para a cidade do Rio de Janeiro (ZB8) e tomando como parâmetro metodológico os procedimentos de cálculo adotados no método prescritivo da atribuição da etiqueta às unidades habitacionais, formalizados no RTQ-R (BRASIL, 2012), investiga como a existência de mais de uma parede voltada para o exterior em um mesmo ambiente de permanência prolongada² (APP) pode influenciar no seu desempenho energético e conseqüentemente, na sua classificação frente à ENCE.

Em um APP, a existência de mais de uma fachada (ou seja, uma parede, com ou sem abertura, exposta ao meio externo) significa que ele possui mais de uma orientação em relação à trajetória solar aparente. Bittencourt (1996), em sua publicação sobre Cartas Solares, lembra a importância de relacionar o projeto de arquitetura ao sol, abordando não só questões de conforto como também questões ligadas à saúde. Também Frota e Schiffer (2001) refletem sobre a importância de entender como o sol pode incidir em uma edificação, utilizando a construção de máscaras de sombreamento para auxiliar esse controle, por parte do projetista.

No Rio de Janeiro, cuja latitude é 22°54' S, o sol incide com muita abundância, praticamente ao longo de todo ano, nas fachadas voltadas para a direção Norte. Já nas fachadas voltadas para Sul, essa incidência é bem menor, ocorrendo principalmente no início das manhãs e nos finais de tarde do verão. As fachadas voltadas para Leste e Oeste recebem sol durante todo ano, ao longo das manhãs e das tardes, respectivamente. Essa diferença de incidência solar em diferentes fachadas exige dos projetistas um grande cuidado no posicionamento e orientação de seus projetos.

Não é recente a recomendação da implantação do edifício com o seu menor eixo na direção Norte-Sul, voltando as fachadas com menores áreas para a direção Leste-Oeste. Essa diretriz pode ser encontrada em diversas referências, como Olgyay (1998), Corbella e Yannas (2009), Keeler e Burke (2010) e Kwok e Grondzik (2013), entre muitos outros. Obviamente, dependendo do lote e do entorno, nem sempre é possível adotar essa orientação como a preferencial, havendo diferentes possibilidades para esta composição. Mascaró (1985) é mais incisiva, sugerindo que a forma deveria ser definida em função da orientação, mostrando também o efeito das diferenças de orientação na implantação para uma mesma forma alongada, sendo tão maior a sua carga térmica quanto maior a área de fachadas expostas às direções Leste-Oeste. Contudo, infelizmente, Keeler e Burke (2010, p.126) lembram que “antes do condicionamento de ar em habitações se tornar comum, a orientação das edificações recebia muito mais atenção”.

Ao refletir, portanto, sobre toda a importância que a orientação adquire na implantação de uma edificação, um compartimento, ao possuir mais de uma fachada, está submetido a mais de uma orientação simultaneamente (chegando às vezes a possuir três direções diferentes), o que poderá torná-lo detentor de orientações ótimas e péssimas ao mesmo tempo. Matos (2012), ao buscar a influência de variáveis tais como forma e orientação do pavimento; quantidade e orientação de paredes externas e aberturas e seus sombreamentos; e a distribuição espacial dos ambientes em planta no desempenho da envoltória de edificações residenciais, constatou que a quantidade de paredes externas, a princípio considerada como irrelevante, mostrou ser um dos maiores problemas no desempenho energético.

Assim, ao voltar o olhar para a metodologia de classificação da eficiência energética das edificações, por meio do RTQ-R (BRASIL, 2012) em seu método prescritivo, pode ser questionado: até que ponto, dependendo do tamanho da superfície exposta, isso se reflete na classificação? Como será mostrado mais adiante, na pesquisa desenvolvida, ao investigar sobre essa influência nas quatro principais orientações, foi percebido que

¹Etiqueta Nacional de Conservação de Energia.

² Em linhas gerais, em uma residência, são considerados ambientes de permanência prolongada salas, dormitórios, *home theaters* etc.

há uma variação de comportamento conforme a orientação dos trechos de exposição da envoltória.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é verificar como a existência de mais de uma parede externa em ambientes de permanência prolongada (APP) em unidades residenciais do Rio de Janeiro pode afetar a sua classificação de eficiência energética na ENCE, podendo ser determinante também para a definição do melhor posicionamento da abertura do APP.

3. MÉTODO

Com um fim exploratório, a análise foi feita de modo experimental, por meio da utilização das equações integrantes do Método Prescritivo do RTQ-R para a cidade do Rio de Janeiro (ZB-8), considerando a classificação obtida para a envoltória, em seu comportamento no verão ($EqNumEnv_{Rest}$). Foram considerados atendidos os pré-requisitos gerais, dos ambientes e da unidade habitacional.

Dando continuidade a uma pesquisa anterior (BRASILEIRO, MORGADO, TORRES, 2014), inicialmente foi adotado um compartimento hipotético, um modelo virtual utilizado como APP, com dimensões em metros de 3x3x3 (Figura 1), em diferentes orientações (Figura 2), com duas paredes voltadas para o interior da edificação e duas voltadas para o exterior; uma representando a abertura (Aab) e outra representando a vedação (Apamb)³. Nessa etapa, foi buscada a orientação preferencial para a fachada cega e para a fachada aberta, basicamente como conceito ligado à orientação, sem que a existência de vedação também na face da abertura pudesse interferir no resultado. Ainda assim, apesar de conceitualmente ter sido incorporada no cálculo uma grande abertura (9m², Aab = APamb), trabalhou-se também nas diferentes possibilidades de seu fechamento por meio de diferentes situações, alterando os itens “Somb” e “Fvent”, como será visto mais adiante.

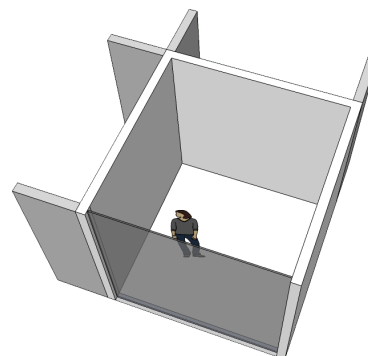


Figura 1 -Modelo virtual: Duas faces externas e duas internas, testado em diferentes orientações
Fonte: Elaboração própria

		AabN	AabS	AabL	AabO
N ↑	APamb N				
	APamb S				
	APamb L				
	APamb O				
Caracter.	Duas faces externas e duas internas, testado em diferentes orientações. Compartimento com 3x3x3m. APamb 9m ² . Aab 9m ² .				
Combin. de análise	Fvent 0,45 x Somb 0 / Fvent 0,45 x Somb 1 / Fvent 0,90 x Somb 0 / Fvent 0,90 x Somb 1				

Figura 2 - Plantas esquemáticas do modelo virtual, suas características e as combinações de análise adotadas. Fonte: elaboração própria

Além do modelo virtual de APP, a análise também ocorreu em UHs reais, que já faziam parte da pesquisa anterior. Estas, por sua vez, foram selecionadas a partir dos ‘Habite-se’ concedidos na cidade do Rio de Janeiro no ano de 2012, e dentro deste universo, foram selecionadas algumas unidades na Área de Planejamento 4 (AP4), região que relativamente à sua área concentrou o maior número de ‘Habite-se’ da cidade – 57,3 ‘Habite-se’/Km² (PRJ, 2013). São UHs que pertencem a prédios de classe média, com dois ou três quartos e área útil próxima a 70m². Porém, por estar lidando especificamente com diferentes orientações de um mesmo APP, os dados não foram relativos à área útil da unidade, mas somente ao APP que ficava na extremidade, tendo duas paredes externas e duas internas. Durante a pesquisa, os cálculos em diversos APPs com dimensões semelhantes produziram um padrão de resultados, havendo diferença, no entanto, destes para o resultado obtido

³ No modelo virtual, foi considerada a possibilidade de as paredes externas terem orientações opostas (N-S ou L-O). Posteriormente, em UHs reais, somente foram utilizadas orientações adjacentes (N-L, N-O, S-L, S-O).

no modelo virtual, no qual a área de abertura correspondia à área de toda a parede. Edificações que podem ser tomadas como representantes das UHs reais utilizadas na pesquisa podem ser vistas na Figura 3. Estas edificações, aliás, podem ser também um exemplo de aplicação para o estudo feito. Elas fazem parte de um conjunto de quatro prédios (Figura 4), posicionados em orientações opostas, o que teria permitido ao projetista optar pela melhor orientação para as aberturas dos dormitórios das extremidades, em função do posicionamento do bloco, ao invés de adotar um mesmo projeto arquitetônico, implantado em orientações diferentes. Detalhes das UHs e dos APPs das edificações mostradas na Figura 3 podem ser vistos na Figura 5.



Figura 3 – Duas das edificações testadas
Fonte: própria



Figura 4 – Posicionamento das quatro edificações em conjunto
Fonte: Google Earth®

Para isolar o componente “orientação” na equação 3.21 do RTQ-R (BRASIL, 2012), foram sendo alteradas as direções de APamb e Aab, pelas quatro orientações principais (NSLO), mantendo suas áreas como constantes. Acompanhando as variáveis disponíveis, foram testados de forma separada os comportamentos de diferentes modelos de esquadrias, variando os valores de Fvent (0,45 e 0,90) e os valores de Somb (0 e 1), em quatro combinações (0,45/0; 0,45/1; 0,90/0; 0,90/1), cada uma destas em uma orientação. As demais componentes foram consideradas padronizadas, dentro dos limites aceitos para a ZB-8, em todos os testes realizados (modelo virtual e UHs reais)⁴.

De forma sintética, o questionamento envolvendo a possibilidade de escolha de orientações buscou resposta para a seguinte pergunta:

- a) Havendo duas paredes externas disponíveis para a localização de uma abertura, qual seria mais adequada para receber a abertura e qual seria mais adequada para permanecer cega, considerando-se Fvent 0,45/0,90 e Somb 0/1?

No desenvolvimento desta fase da pesquisa, ao lidar com semelhantes, porém distintos edifícios, pôde ser percebido que um formato muito recorrente dos dormitórios produzia a existência de uma “3ª fachada” (Figura 6), ou seja, além de os dormitórios das extremidades dos pavimentos já possuírem duas de suas paredes voltadas para o exterior, em algumas edificações havia parte de outra parede também voltada para o meio externo, o que fez surgir então outro questionamento:

- b) Até que ponto a existência de mais uma parede externa, voltada para uma 3ª orientação, teria influência na classificação do ambiente?

Para análise, utilizou-se um dos edifícios catalogados para teste desta configuração espacial (Figura 7). A atenção mais uma vez se concentrou no dormitório situado na extremidade (“quina”) dos pavimentos, como pode ser visto na Figura 6. Foi analisado então esse APP,



Figura 5 – Duas UHs em prédios de mesma configuração de pavimento tipo, posicionados com orientações diferentes um em relação ao outro. Notar os APPs nas extremidades; apesar de possuírem duas possibilidades de abertura, a Aab de cada um seguiu o padrão do projeto e não o que poderia ser a melhor orientação.
Fonte: elaboração própria

⁴ U= 2,43 W/(m²K); CT= 152 KJ/(m²K); Absortância = 0,40; COB=0; PIL=0; SOLO=0; PD= 3,00m. Esquadrias testadas: Tipos 1 e 3 do Anexo II do RTQ-R (BRASIL, 2012).

nas suas orientações opostas (a implantação original do edifício, que faz parte de um conjunto de sete blocos, foi feita promovendo a rotação de um dos prédios - Figura 8).

Assim, mantendo a implantação real do conjunto, há oito combinações possíveis entre orientações do conjunto “Aab / Apamb / Apamb-3ª fachada”, pela posição fixa da abertura na planta baixa. Porém, como o estudo tem a proposta de explorar a influência dessa 3ª fachada e possivelmente produzir insumos para futuros projetos, foram testadas mais oito combinações, desta vez, invertendo-se as paredes nas quais situam-se Aab e Apamb. Dessa forma, foram feitas dezesseis combinações possíveis de orientação (Tabela 1) e sobre essas, foram alternados os valores de Fvent (0,90 / 0,45) e Somb (0 / 1), a exemplo da investigação anterior, quando só havia duas paredes externas.

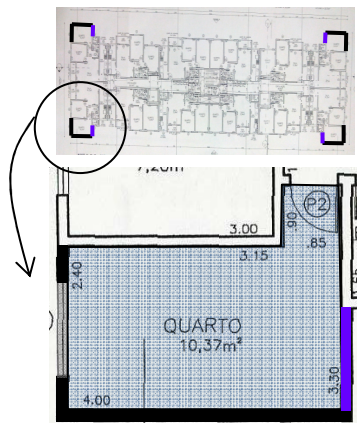


Figura 6 – Existência de uma “3ª fachada” nos APPs da extremidade do pavimento, realçada em roxo (imagem superior: geral do pavimento; imagem inferior: detalhe do APP)
Fonte: edição sobre planta de aprovação



Figura 7 – Edifício utilizado para teste da 3ª fachada.
Fonte: própria



Figura 8 – Posicionamento dos sete blocos em conjunto.
Fonte: Google Earth®

Tabela 1 – Combinações de orientações
Fonte: própria

Orientação		
Aab	Apamb	3a parede
N	O	S
		L
O	N	S
		L
S	O	N
		L
O	S	N
		L
N	L	S
		O
L	N	S
		O
S	L	N
		O
L	S	N
		O

4. RESULTADOS

Tabela 2 – Limites de classificação dos valores em GHR para ZB-8

Classificação	Resultado em GHR
A	GHR =< 5209
B	5209 < GHR =< 8365
C	8365 < GHR =< 11520
D	11520 < GHR =< 14676
E	GHR > 14676

Ao utilizar a equação de $EqNumEnv_{Resf}$ (Equivalente Numérico da Envoltória para Resfriamento), os resultados são produzidos em GHR⁵, cujos limites de classificação na ENCE, para a ZB-8, são apresentados na Tabela 2, onde é possível ver também a cor atribuída a cada nível de classificação (representados pelas letras A, B, C, D e E, do melhor para o pior nível). Assim, neste trabalho, ao serem apresentados resultados em valores de GHR em células cujas cores sejam as mesmas exibidas na Tabela 2, está sendo informada também a letra correspondente ao nível de classificação obtido por aquele resultado em GHR.

4.1. No modelo virtual

No modelo virtual, a investigação da fachada preferencial para permanecer cega e para receber a abertura em um APP com duas paredes externas produziu resultados em função da variação de Fvent (0,45/0,90) e Somb (0/1) (Tabela 3). Combinando os melhores resultados em GHR em cada orientação para abertura e para vedação, dentro de cada combinação de Fvent e Somb, são depurados os resultados na Tabela 4, que posteriormente, são resumidos na Tabela 5. Deve ser observado que a leitura dos resultados sobre seus valores em GHR e não sobre sua classificação (A, B, C, D ou E) deve-se ao fato de que entre dois ou mais resultados pode ser vista a sua diferença de desempenho em termos numéricos, apesar de muitas vezes pertencerem todos ao mesmo nível de classificação.

⁵ GHR: Graus-hora de resfriamento, unidade na qual são produzidas as respostas na equação de $EqNumEnv_{Resf}$, significando o somatório da diferença entre a temperatura operativa horária e a temperatura de base, quando a primeira está acima da temperatura de base, no caso de esfriamento, adotando a temperatura de base como 26° C (BRASIL, 2012).

Tabela 3 – Resultados da avaliação do modelo virtual, variando-se Fvent, Somb e orientações (as cores utilizadas nas células são as já discriminadas na Tabela 2)

Valores de GHR (Fvent 0,90/Somb 1)					Valores de GHR (Fvent 0,45/Somb 1)				
AU 9m²	Apamb O	Apamb L	Apamb S	Apamb N	AU 9m²	Apamb O	Apamb L	Apamb S	Apamb N
Aab N	4893	4389	3484		Aab N	5361	4856	3952	
Aab S	6291	5787		6790	Aab S	6701	6197		7200
Aab L	5631		4222	6130	Aab L	6120		4711	6618
Aab O		5462	4558	6465	Aab O		6328	5423	7330

Valores de GHR (Fvent 0,90/Somb 0)					Valores de GHR (Fvent 0,45/Somb 0)				
AU 9m²	Apamb O	Apamb L	Apamb S	Apamb N	AU 9m²	Apamb O	Apamb L	Apamb S	Apamb N
Aab N	9618	9114	8209		Aab N	10085	9581	8676	
Aab S	9429	8925		9928	Aab S	9839	9335		10338
Aab L	10586		9179	11086	Aab L	11076		9667	11575
Aab O		12228	11323	13231	Aab O		13094	12189	14096

Tabela 4- Preferência para abertura / vedação

Fvent 0,90/Somb 1			Fvent 0,45/Somb 1		
Orient.	Aab	Apamb	Orient.	Aab	Apamb
N- L	N	L	N- L	N	L
S- L	L	S	S- L	L	S
S- O	O	S	S- O	O	S
N- O	N	O	N- O	N	O

Fvent 0,90/Somb 0			Fvent 0,45/Somb 0		
Orient.	Aab	Apamb	Orient.	Aab	Apamb
N- L	N	L	N- L	N	L
S- L	S	L	S- L	S	L
S- O	S	O	S- O	S	O
N- O	N	O	N- O	N	O

Tabela 5 - Resultante das fachadas preferenciais

	Aab		Apamb	
N-L	N		L	
N-O	N		O	
	Somb 0	Somb 1	Somb 0	Somb 1
S-L	S	L	L	S
S-O	S	O	O	S

Da Tabela 5, pode ser avaliado que:

- Havendo uma orientação Norte, houve melhores resultados quando nela estava posicionada a abertura (e não para Leste/Oeste), independentemente se havia sombreamento ou não.
- Na ausência de sombreamento, houve melhores resultados quando a abertura estava posicionada na orientação Sul, permanecendo fechadas as orientações Leste ou Oeste. Porém, havendo sombreamento, foi possível verificar melhores resultados abrindo Leste ou Oeste e fechando o Sul; esta última situação, contudo, suscitou outras formas de olhar para a questão.

Voltando à Tabela 3, tem-se que outro modo de depurar seus resultados é fixar a orientação de Apamb e verificar as orientações preferenciais para Aab, não somente para fachadas adjacentes, como feito nas Tabelas 4 e 5, mas também considerando fachadas opostas (N-S e L-O), em cada combinação de Fvent e Somb, conforme Tabela 6 (neste caso, as cores adotadas nas letras **NSLO** – Norte Sul Leste Oeste – foram utilizadas somente para facilitar a sua localização relativa na tabela, não tendo nenhuma relação com o nível de classificação).

Pode ser visto, na Tabela 6, que nas aberturas **sem sombreamento**, os resultados são, de certa forma, previsíveis, prevalecendo as indicações de aberturas para **Sul** e tendo o **Oeste** como última opção para Aab.

Porém, nas aberturas **com sombreamento**, os resultados apontam algumas tendências inesperadas; prevalecem as indicações de abertura para o **Norte**, ficando o **Sul** ou o **Oeste** como últimas opções, dependendo de Fvent. Se Fvent for menor (0,45), prevalece como última opção de Aab o **Oeste**, ou seja, depois de **Leste** e **Sul**; se Fvent for maior (0,90), prevalece como última opção de Aab o **Sul**, ou seja, depois de **Leste** e **Oeste**.

Tabela 6 - Resultante das fachadas preferenciais para aberturas (Aab)

Sem sombreamento		Com sombreamento			
Fvent 0,45/Somb 0 Fvent 0,90/Somb 0		Fvent 0,90/Somb 1		Fvent 0,45/Somb 1	
Apamb	Sequência preferencial para Aab	Apamb	Sequência preferencial para Aab	Apamb	Sequência preferencial para Aab
Apamb O	S, N, L	Apamb O	N, L, S	Apamb O	N, L, S
Apamb L	S, N, O	Apamb L	N, O, S	Apamb L	N, S, O
Apamb S	N, L, O	Apamb S	N, L, O	Apamb S	N, L, O
Apamb N	S, L, O	Apamb N	L, O, S	Apamb N	L, S, O

Esta última condição, especialmente, causa estranheza, ao indicar um melhor desempenho quando há aberturas voltadas para o Leste ou Oeste do que quando há aberturas voltadas para o Sul (em conjugações S-L ou S-O). Considerando que essa situação somente ocorre na combinação Fvent 0,90/Somb1, poder-se-ia supor que, havendo a possibilidade de sombreamento total, o usuário contaria com mais opções de uso do compartimento (disponibilidade de luz solar penetrando ou não em seu interior). Já com a abertura voltada para Sul, o usuário não teria muitas opções em permitir que a luz entrasse ou não, uma vez que na maior parte do território nacional⁶, a orientação Sul se caracteriza por ser a direção com menor oferta de luz solar. Este cenário, extrapolando os domínios do RTQ-R (BRASIL, 2012), pode, de fato, acontecer eventualmente com alguns usuários; contudo, retornando ao cálculo matemático, para a mesma possibilidade de sombreamento, mas com uma menor abertura para ventilação (Fvent 0,45 /Somb 1), a situação resultante não é mais essa, mas sim análoga à situação sem sombreamento (Somb 0), na qual a orientação Oeste prevalece como a última opção de indicação de fachada para aberturas.

Ao refletir sobre os resultados, não deve ser esquecido que todos eles foram obtidos aplicando as equações do Método Prescritivo do RTQ-R, o que não significa que, de forma automática, sejam também estes os resultados indicados para o melhor desempenho térmico do ambiente. Do mesmo modo, também deve ser ressaltado que os resultados são relativos a um modelo hipotético que tem como uma de suas faces uma abertura única que ocupa toda a parede, igualando os valores de Aab e Apamb na equação e principalmente, **reduzindo** a área total de Apamb e **eliminando** as diferentes orientações desta mesma variável em um APP. Ao examinar UHs reais, onde Aab e Apamb não são iguais, será visto que tal comportamento **não se repetirá**.

4.2. Em Unidades Habitacionais reais

Como já mencionado, no modelo virtual, os valores de Aab e Apamb eram iguais (9m²) porque uma das paredes foi considerada totalmente aberta. Ao fazer os mesmos cálculos nos APPs das UHs reais utilizadas na pesquisa, os resultados tomaram uma direção levemente diferente, como pode ser visto nas Tabelas 7, 8 e 9, que trazem os resultados para as edificações vistas na Figura 5.

Tabela 7 – Resultados da avaliação de UH real, variando-se Fvent, Somb e orientações (as cores utilizadas nas células são as já discriminadas na Tabela 2)

Valores de GHR (Fvent 0,90/Somb 1)					Valores de GHR (Fvent 0,45/Somb 1)				
	Apamb O	Apamb L	Apamb S	Apamb N		Apamb O	Apamb L	Apamb S	Apamb N
Aab N	7337	6809			Aab N	8132	7811		
Aab S	6072	5550			Aab S	6864	6342		
Aab L			5107	7093	Aab L			5912	7898
Aab O			6656	8643	Aab O			7521	9508

Valores de GHR (Fvent 0,90/Somb 0)					Valores de GHR (Fvent 0,45/Somb 0)				
	Apamb O	Apamb L	Apamb S	Apamb N		Apamb O	Apamb L	Apamb S	Apamb N
Aab N	11748	11226			Aab N	12549	12028		
Aab S	10235	9716			Aab S	11027	10506		
Aab L			9561	11547	Aab L			10366	12352
Aab O			11399	13386	Aab O			12265	14252

Tabela 8 – Preferência para abertura / vedação

Fvent 0,90/Somb 1			Fvent 0,45/Somb 1		
Orient.	Aab	Apamb	Orient.	Aab	Apamb
N-L	N	L	N-L	N	L
S-L	L	S	S-L	L	S
S-O	S	O	S-O	S	O
N-O	N	O	N-O	N	O

Fvent 0,90/Somb 0			Fvent 0,45/Somb 0		
Orient.	Aab	Apamb	Orient.	Aab	Apamb
N-L	N	L	N-L	N	L
S-L	L	S	S-L	L	S
S-O	S	O	S-O	S	O
N-O	N	O	N-O	N	O

Um fato observado nas planilhas de cálculo é que os valores absolutos em GHR das UHs reais foram piores do que os do modelo virtual, para as mesmas condições de orientação e mecanismos e fechamento/sombreamento das aberturas. A única variável que mudou drasticamente entre as UHs reais e o modelo virtual foi a Aab (cerca de 1,5m² nas UHs e 9m² no modelo). Mas não foi a diminuição da área de abertura que fez piorar o desempenho, e sim o fato de que, ao trabalhar com UHs reais, a área de

Tabela 9 – Resultante das fachadas preferenciais

	Aab	Apamb
N-L	N	L
N-O	N	O
S-L	L	S
S-O	S	O

⁶ Toda aquela situada ao sul da linha do equador.

abertura assumiu um valor mais realista também, não ocupando toda área da parede e liberando área ao seu redor para ser ocupada por Apamb, somando-se à outra que já tomava toda a parede, em outra direção. Logo, nas UHs reais, sempre houve uma área total maior de APamb, exposta a mais de uma orientação.

Assim, a investigação, ao ser aplicada em APPs reais, cuja Aab não representava toda a extensão da parede externa, mas uma dimensão comumente encontrada em unidades com essas características (cerca de 1,50m²), revelou que o comportamento das unidades reais, frente ao modelo virtual, foi diferente em termos de fachadas preferenciais para localização de aberturas, especialmente porque não houve diferença, nestes resultados, se a abertura estava totalmente sombreada ou sem sombreamento.

4.3. Modelo virtual x UHs reais

Observando os dados das Tabelas 4 e 8, é possível verificar que, em termos de orientações que envolvam a fachada Norte (seja Norte-Leste ou Norte-Oeste⁷), tanto no modelo quanto nas UHs reais é mais indicado abrir para o Norte e fechar a direção Leste ou Oeste. Porém, ao analisar as orientações envolvendo a fachada Sul (Sul-Leste ou Sul-Oeste), diferenças surgiram a respeito do fato se a abertura está ou não sombreada (não houve diferenças por Fvent). Reunindo comparativamente as informações a respeito das duas análises (modelo e UHs reais, ambos em S-L ou S-O), é possível ver as divergências grifadas em vermelho, na Tabela 10.

Tabela 10 – Comparação das diferenças de resultados entre modelo virtual e UHs reais

S - L	Somb 0		Somb 1		S - O	Somb 0		Somb 1	
	Aab	Apamb	Aab	Apamb		Aab	Apamb	Aab	Apamb
Modelo	S	L	L	S	Modelo	S	O	O	S
UHs reais	L	S	L	S	UHs reais	S	O	S	O

A análise nas UHs reais mostrou comportamento diverso da análise no modelo virtual, que trabalhou com os valores de Aab e Apamb equalizados. Ao trazer a análise para a realidade das UHs, a conclusão se torna um pouco mais complexa, mas levando à observação de que uma abertura voltada para Oeste seria pior do que uma abertura voltada para Leste, mesmo que esteja sombreada⁸.

Pela Tabela 10 acima, é percebido que no modelo, caso não haja sombreamento (Somb 0), a abertura deve ser feita para Sul e não para Leste/Oeste. Já se houver sombreamento (Somb 1), a abertura deve ser feita para Leste/Oeste e não para Sul. Essa diferenciação deve-se ao fato de que, estando a abertura devidamente protegida pelo sombreamento, a área que ela ocupa deixa de representar uma parede externa voltada para as orientações Leste ou Oeste, o que produz melhores resultados em GHR. Nas UHs reais, porém, a recomendação se apresentou de maneira diversa, pois o fato de a abertura estar ou não sombreada não alterou a indicação de fachada preferencial para abertura (Leste, no caso S-L e Sul, no caso S-O). Cabe lembrar que no caso das UHs reais, a Aab representava, em média, 1/6 da Aab do modelo (1,5m² contra 9m² – toda a parede –, havendo, portanto, área bem menor a ser exposta com elementos translúcidos).

Uma outra forma de “ler” a comparação feita acima é:

Modelo = Somb 0

Abrir S, fechar L
Abrir S, fechar O

Se a esquadria não possuir sombreamento, seria mais indicado abrir Sul e fechar L ou O

Modelo = Somb 1

Abrir L, fechar S
Abrir O, fechar S

Se a esquadria possuir sombreamento, aproveita-se para reduzir a APamb em L ou O

UH real = Abrir L, fechar S
Abrir S, fechar O

Havendo uma orientação Sul envolvida, ela poderia ser aberta ou fechada, desde que existindo a Oeste, esta fosse preferencialmente fechada

⁷ Não é demais lembrar que aqui não está sendo feita referência a fachadas Nordeste ou Noroeste. Ao utilizar o termo “Norte-Leste”, “Norte-Oeste” e demais semelhantes posteriormente, estão sendo descritas as orientações das duas paredes externas de um mesmo APP.

⁸ Deve ser levado em consideração também que durante toda análise foram padronizados os valores de U e Ct. É possível que, alterando-se essas variáveis, que dizem respeito diretamente à carga térmica do elemento de vedação opaco, essa situação venha a projetar outras tendências.

4.4. A influência da 3ª fachada

Como já mencionado, durante a análise das UHs reais pôde ser percebido um formato recorrente nos APPs das extremidades dos pavimentos, que contavam com uma “3ª fachada”, ou seja, uma terceira área de APamb, voltada para uma 3ª orientação, diferente das outras duas já existentes no APP. Os resultados da inserção dessa 3ª fachada estão relacionados na Tabela 11.

Tabela 11 – Resultado da inserção de uma 3ª fachada nas combinações possíveis de orientações, Fvent e Somb (valores em GHR; as cores utilizadas nas células são as mesmas já discriminadas na Tabela 2)

Orientação			Fvent 0,45 Somb 0		Fvent 0,45 Somb 1		Fvent 0,90 Somb 0		Fvent 0,90 Somb 1	
Aab	Apamb	3a parede	Com 3a parede	Sem 3a parede	Com 3a parede	Sem 3a parede	Com 3a parede	Sem 3a parede	Com 3a parede	Sem 3a parede
N	O	S	12871	12141	8444	7715	12080	11350	7653	6923
		L	13938		9511		13147		8720	
O	N	S	14486	13756	9678	8949	13621	12891	8813	8083
		L	15553		10746		14688		9880	
S	O	N	13648	10499	9517	6368	12868	9719	8737	5588
		L	12296		8165		11515		7385	
O	S	N	15135	11986	10327	7178	14270	11121	9462	6313
		L	13786		8975		12917		8110	
N	L	S	12397	11668	7971	7241	11606	10876	7180	6450
		O	14082		9656		13291		8865	
L	N	S	12529	11779	8059	7329	11734	11004	7264	6534
		O	14214		9744		13419		8949	
S	L	N	13174	10025	9044	5895	12394	9245	8263	5115
		O	12440		8310		11660		7529	
L	S	N	13178	10029	8708	5559	12383	9234	7913	4764
		O	12444		7974		11649		7179	

É possível notar que a existência de uma 3ª fachada (ou parede externa) fez piorar o desempenho⁹ em todas as possíveis combinações de orientações, Fvent e Somb. A existência da 3ª fachada provocou um aumento nos valores absolutos de GHR (Tabela 12), sendo esse aumento mais intenso quando a 3ª fachada encontra-se na orientação Norte ou Oeste. As diferenças mantiveram-se constantes para as mesmas orientações da 3ª fachada, independentemente das outras variáveis. Na Tabela 12, também é possível verificar o aumento percentual do GHR em relação ao seu intervalo existente entre um nível de classificação e outro (o intervalo numérico em GHR entre dois níveis de classificação é constante, cujo valor é 3156).

Tabela 12 – Aumento do GHR em função da existência da 3ª fachada, valores absolutos e relativos ao intervalo de GHR entre dois níveis de classificação

Orientação da 3a fachada	Aumento em valores absolutos de GHR	Aumento % em relação ao intervalo de GHR entre duas classificações (3156)
N	3149	99,78%
O	2414	76,52%
L	1797	56,94%
S	730	23,10%

A existência de uma 3ª fachada, além de piorar o desempenho em todas as orientações, pode fazer a classificação do APP mudar em um nível de classificação, dependendo de sua pontuação original, posto que ela pode acarretar um acréscimo de mais de 99% do intervalo existente em GHR entre um nível e outro, se for na fachada Norte. Na fachada oeste, o acréscimo se dá na ordem de 76%, também bastante alto. Neste ponto, é possível recorrer a Matos (2012),

que verificou em sua pesquisa a posição dos ambientes na planta baixa dos apartamentos, argumentando que saliências e recortes na fachada poderiam beneficiar ou prejudicar a classificação, porém, em suas análises, constatou que quando a saliência ou recorte torna mais exposta a envoltória de um ambiente de permanência prolongada, sua boa classificação pode ser comprometida, tal como aqui constatado também.

Os resultados encontrados levam a pensar na concepção do projeto de arquitetura, e pensar cuidadosamente antes de propor uma configuração de APP que aumente a área de sua envoltória, pela inclusão de uma 3ª fachada. Essa é uma decisão que deve ser cuidadosamente pensada ainda nas primeiras etapas do projeto, porque lida com

⁹ Novamente, deve ser lembrado que é possível obter resultados melhores e piores em valores de GHR dentro um mesmo nível de classificação (sequência de letras entre A/E, representada por sua cor respectiva, como já colocado na Tabela 2).

a forma bruta da edificação, podendo conflitar com limites de afastamentos, área total edificada e outros parâmetros importantes.

5. CONCLUSÕES

Sem a intenção de esgotar o assunto, que merece ser continuamente estudado, os diferentes resultados obtidos na análise das classificações de eficiência energética de ambientes residenciais de permanência prolongada com mais de uma fachada indicam que esses são compartimentos que merecem especial cuidado ao serem projetados. Para a investigação das fachadas preferenciais para permanecerem cegas e para possuírem aberturas, em um mesmo ambiente, foram utilizadas diferentes combinações de orientação e mecanismos de fechamento/sombreamento de esquadrias, tanto em um compartimento hipotético quanto em compartimentos reais. Para as mesmas combinações, os dados reais revelaram comportamentos piores do que os dados hipotéticos, e ainda que estes últimos tenham produzido algumas surpresas, pôde ser verificado que, em qualquer caso, a existência de mais de uma fachada no ambiente o torna mais exposto, demandando, assim, mais atenção na determinação de seu posicionamento e de suas aberturas.

Em muitos edifícios residenciais multifamiliares, produzidos e em produção atualmente, não só na cidade do Rio de Janeiro, mas em muitas grandes cidades do Brasil, é possível encontrar dormitórios com as características estudadas, em apartamentos localizados nas “quinas” dos prédios. Dificilmente é vista uma solução em que se tenha privilegiado a orientação como forma de definir em qual das duas fachadas ficaria a abertura, tendo em vista a padronização das soluções em diferentes orientações. Quase sempre essa escolha vem atrelada inicialmente ao próprio projeto, que por sua vez, define as orientações dos demais compartimentos vinculadas ao formato do terreno, gerando uma fachada que pode ter uma ótima orientação e uma fachada oposta com péssima orientação, sem que o projetista se sinta com muito poder de decisão para enfrentar rigores mercadológicos, imobiliários, de legislação etc., para fugir da solução “óbvia” ou mais rentável para o incorporador.

Ainda, é muito comum encontrar casos como o estudado neste trabalho, em que o fato acontece não só no âmbito de um edifício, mas em vários deles, com projetos iguais rebatidos em diferentes orientações, sem o cuidado ao menos com o único compartimento com opções (já que possui duas fachadas) e que por isso, poderia ter sua abertura definida em função da melhor orientação para tal, e não somente para acompanhar o projeto como um todo. Ressalte-se ainda que deve ser pensada não só a abertura em si, mas a área ao seu redor naquela face, que será uma parede externa do ambiente, tendo essa também bastante influência na sua classificação.

Conforme foi verificado, o fato de esses compartimentos possuírem uma área maior de envoltória faz com que eles tenham um desempenho energético pior na classificação da ENCE – o que por si só, já ensejaria uma razão a mais para a escolha cuidadosa de sua orientação. Como foi visto também, a questão tende a se agravar com a existência de uma 3ª fachada no ambiente. Um dos possíveis caminhos para amenizar esses efeitos (às vezes inevitáveis por questões alheias à vontade do projetista) pode ser a utilização de materiais mais adequados em termos de conforto térmico para a constituição da envoltória. Porém, para edificações já existentes devem ser buscadas soluções de materiais que possam ser adotados sem causar grandes transtornos para sua substituição ou implantação. De qualquer modo, é imprescindível que a orientação seja tomada como um dos primeiros e mais importantes elementos do projeto arquitetônico que contribuem para o bom desempenho energético da edificação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais**. Brasília, 2012.
- BRASILEIRO, Alice; MORGADO, Claudio; TORRES, Thiago. Influência das esquadrias na classificação do nível de eficiência energética de habitações no RJ. In: XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Maceió, 2014, **Anais...** Maceió, ENTAC 2014.
- BITTENCOURT, Leonardo. **Uso das Cartas Solares: Diretrizes para Arquitetos**. Natal: EdUFAL, 1996.
- CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental**. Rio de Janeiro: Revan, 2009.
- FROTA, Anésia B.; SCHIFFER, Sueli R. **Manual de Conforto Térmico**. São Paulo: Studio Nobel, 2001.
- KEELER, Marian; BURKE, Bill. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis**. Porto Alegre: Bookman, 2010.
- KWOK, Alison G.; GRONDZIK, Walter T. **Manual de Arquitetura Ecológica**. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- MASCARÓ, Lúcia. **Energia na Edificação: estratégia para minimizar seu consumo**. Projeto: São Paulo, 1985.
- MATOS, Juliana M. **Qualificação de edifícios residenciais verticais em Natal/RN à luz do Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de eficiência energética de edificações residenciais (RTQ-R)**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). PPGAU/UFRN, 2012.
- OLGYAY, Victor. **Arquitectura y Clima—Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas**. Barcelona: Gustavo Gili, 1998.
- PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO (PRJ). Licenças e Habite-se. Disponível em <<http://www.rio.rj.gov.br/web/smu/exibeconteudo?article-id=137043>>. Acesso em 13 jan. 2013.