

FACHADAS DE VIDRO EM EDIFÍCIOS CORPORATIVOS NO RIO DE JANEIRO

Claudio Oliveira Morgado (claudi.morgado@gmail.com); Alice Brasileiro
(alicebrasileiro@ufrj.br)

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (UFRJ-FAU)
- Brazil

Palavras chave: fachadas de vidro, aberturas, fator solar, RTQ-C

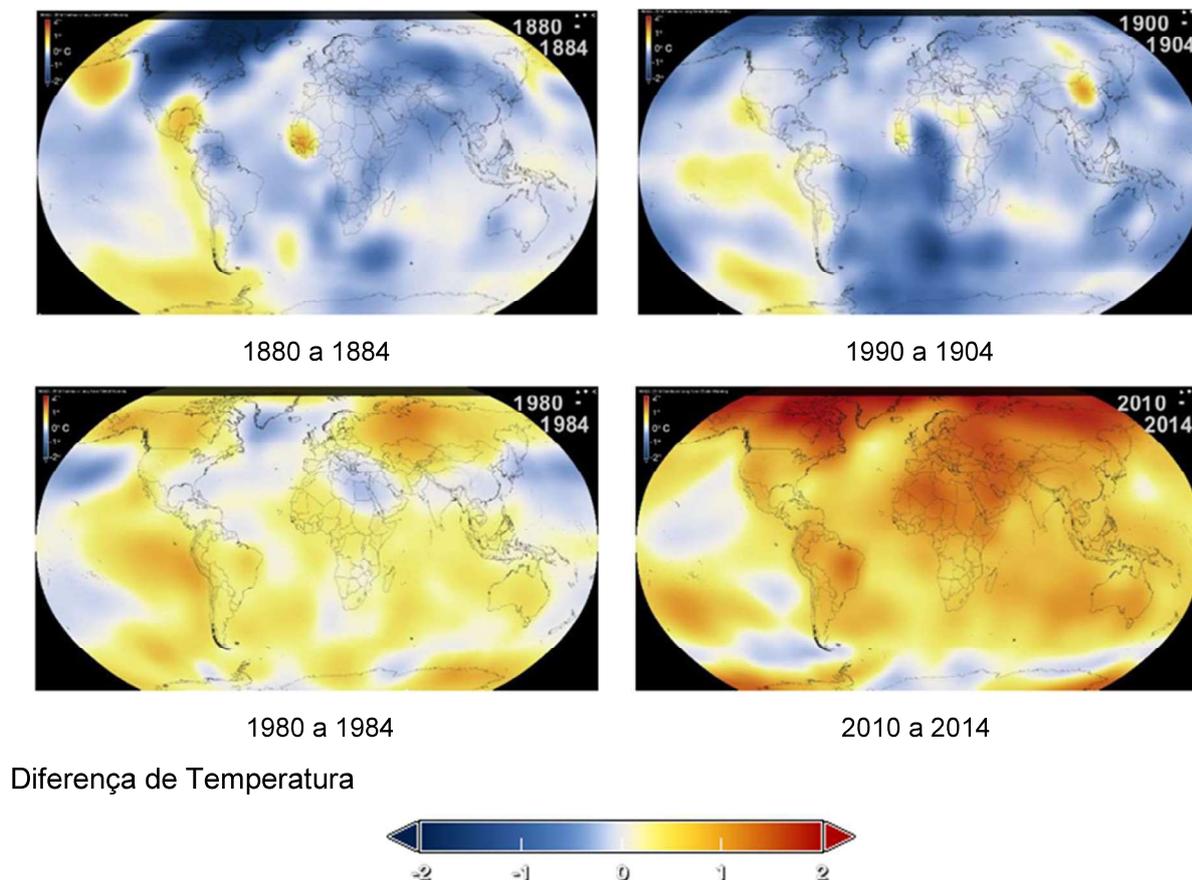
As edificações com fachadas totalmente envidraçadas, envolvendo ambientes refrigerados artificialmente, são comuns em empreendimentos corporativos no Brasil. Anteriormente, considerava-se que esses edifícios se comportavam como grandes estufas, mas hoje, vidros especiais podem conferir status de solução sustentável. As características dos vidros (como o Fator Solar) interferirão nas cargas térmicas e na solução adequada para cada projeto. Contudo, não somente as características do vidro, mas a sua quantidade aplicada no projeto, traduzida pelo percentual de aberturas na fachada (PAFT), contribuem para o desempenho energético da edificação. Especialmente em edificações onde há grande áreas de vidro, percebe-se uma delicada relação de equilíbrio necessário entre estas e as características do vidro utilizado. Com o objetivo de verificar parâmetros que subsidiem decisões projetuais, este trabalho investigou como a relação estabelecida entre percentual de aberturas na fachada e as características do vidro pode interferir na classificação de desempenho energético da edificação, considerando ainda a existência ou não de sombreamento. Como procedimento metodológico, foi utilizado o Webprescritivo, um mecanismo de cálculo que auxilia na verificação da classificação (de “A” a “E”) do nível de eficiência energética de edificações pelo método prescritivo do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). Como resultados dos ensaios realizados, foi verificado que nos casos onde há um PAFT elevado (50% ou superior) não se consegue atingir a classificação “A”, mesmo que o vidro apresente um dos Fatores Solares mais reduzidos do mercado (0,19). Esta verificação se reveste de especial interesse pelo fato de, atualmente, todas as edificações públicas federais brasileiras novas ou reformadas serem obrigadas por Instrução Normativa a possuírem o nível “A” de classificação de eficiência energética, o que pode se tornar impossível se o projeto arquitetônico não contemplar um adequado dimensionamento das aberturas nas fachadas.

1. INTRODUÇÃO

As edificações com fachadas totalmente envidraçadas e vedadas, envolvendo ambientes climatizados artificialmente, sem ventilação natural, se tornaram um modelo corrente para o setor de empreendimentos corporativos em diferentes condições climáticas (ASTE et al., 2018), inclusive nos grandes centros urbanos brasileiros, como o município do Rio de Janeiro. Contudo, desde o final do século XX, considera-se que esses modelos de edifícios se comportam, na realidade, como estufas, por conta do baixo desempenho térmico dos vidros (GAMMARANO, 1992), inadequados, portanto, para regiões de clima quente. Segundo Lam (2000), mesmo em climas subtropicais (ou seja, menos quentes do que os tropicais), em edifícios corporativos com fachadas de vidro, até 50% da carga térmica total é constituída pelo calor adquirido através das janelas.

Como fator agravante ao consumo energético elevado que é necessário para o resfriamento ativo da edificação, uma das consequências do excessivo uso de condicionadores de ar é a

sua contribuição para o aquecimento no ambiente externo das edificações. Mesmo sendo apenas parte de um processo maior, de variadas causas e amplas consequências, a NASA (Agência Espacial Americana) e a NOAA (Administração Oceânica e Atmosférica Americana), por meio de medições realizadas separadamente, concluíram que o ano de 2014 foi o mais quente já registrado desde o início das medições, em 1880 (Figura 1). Em 2014 foi verificada uma amplitude global de aproximadamente 2oC em relação ao início dos registros (1880), sendo que nos polos essa amplitude chegou a alcançar 4oC (FIGUEIREDO, 2016).



Graus Celsius

Figura 1. Amplitude térmica global entre os anos de 1880 e 2014.

Fonte: Adaptado de Figueiredo (2016)

Apesar disso, muitas edificações que adotam pele de vidro nas fachadas como estilo arquitetônico vêm adquirindo categoria de sustentáveis, alcançando pontos para a aquisição de “selos verdes”. Mesmo em cidades com climas muito quentes no Brasil, como o Rio de Janeiro, vem se verificando essa tendência de multiplicações de novos edifícios corporativos adotando pele de vidro nas fachadas, especialmente na região do porto, que passou recentemente por um movimento de início de reabilitação urbana. Muitos desses edifícios têm adquirido certificações de sustentabilidade reconhecidas internacionalmente.

Edifícios corporativos que possuem uma elevada porcentagem de vidro em suas fachadas podem alcançar alto grau de sustentabilidade por utilizar matéria-prima regional, conteúdo reciclado, diminuição do consumo de água por propriedades autolimpantes e, também, pelo aproveitamento da luz natural (CORNETET, 2009). Entretanto, em regiões com clima quente, a envoltória destes edifícios, se fossem avaliadas pela legislação brasileira de eficiência energética, por meio da concessão da respectiva Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE (BRASIL, 2013), teriam seu consumo de energia considerado ineficiente por conta da carga térmica mais elevada que penetra no interior.

Essa carga térmica exige um consumo maior do sistema de ar condicionado do edifício. Como a eficiência energética é apenas um dos itens que compõem o conceito de sustentabilidade, essa avaliação pode não ser suficiente para suprimir o grau de sustentabilidade alcançado por esses edifícios. E como a ENCE (BRASIL, 2013) ainda é voluntária, a maioria desses edifícios não têm a etiquetagem solicitada. Apenas para efeito de comparação, apesar de haver diferentes realidades socioeconômicas e disponibilidades energéticas, Omrany et al. (2016), analisando sistemas para aumento da eficiência energética nas edificações, sugerem que entre 30-40% da energia global é utilizada diretamente para manter o clima confortável no interior dos edifícios.

Há argumentos tecnológicos e comportamentais para justificar o uso excessivo de áreas envidraçadas nas fachadas das edificações. Atualmente, os modernos vidros low-e possuem baixa emissividade e filtram uma grande parcela dos raios solares, sem impedir a transmissão luminosa. Os vidros de espectro seletivo são capazes de selecionar o comprimento de onda solar e melhorar os controles solar e luminoso. Há vidros autolimpantes, projetados especialmente para uso externo, que espalham a água da chuva igualmente por toda a superfície, levando com ela toda a poeira. Muitas multinacionais reivindicam peles de vidro na arquitetura de suas edificações, como estratégia de marketing para obter certificação de eficiência ambiental. Além disso, visualmente, esses modelos arquitetônicos são vinculados à ideia de modernidade e tecnologia. A essas vantagens se somam o baixo custo de limpeza e conservação da fachada, além de uma maior rapidez na construção (CORNETET, 2009).

Pereira (2007) indica que, entre os vidros e películas presentes no mercado, os refletivos são as melhores opções em clima quente. Possuem baixa transmissão da radiação visível (TL) e bloqueiam os raios ultravioleta (UV), diminuindo a absorção e o ganho de calor. Ainda assim, reconhece que seu uso excessivo em fachadas como elemento de transparência permanece longe do ideal de uma boa solução bioclimática para clima quente. Figueiredo (2016) destaca como vantagens relevantes do vidro nas fachadas a economia de energia em função do aproveitamento da luz natural, a reprodução das cores e a adaptação visual aos ambientes internos. Cita, também, o aumento e a diminuição de hormônios e neurotransmissores, frente ao relógio biológico. Ainda de acordo com Figueiredo (2016), estudos recentes demonstram que o uso da luz natural e o acesso visual para o exterior do edifício estimulam o incremento do sentimento de bem-estar dos funcionários nos ambientes de trabalho, trazendo como resultados positivos o aumento da produtividade e a redução do absentismo.

Todas essas vantagens citadas na utilização de fachadas envidraçadas devem ser analisadas com muito critério. As características de cada tipo de vidro, como fator solar (FS), transmitância térmica (U), em geral elevada nos vidros, e transmissão da radiação visível (TL) vão interferir diretamente nas cargas térmicas que penetrarão no edifício e na solução energética mais eficiente para cada projeto (CORNETET, 2009).

Ainda que levando em consideração as vantagens citadas e a apuração estética do vidro, como elemento de transparência e de integração entre o exterior e o ambiente interno de execução de tarefas, não se pode desconsiderar função “ética” (LIMA, 2010) da arquitetura e a pertinência da adequação do objeto arquitetônico às características físicas, ambientais e culturais da localidade onde será construído.

As vantagens descritas pelos diversos pesquisadores em relação ao emprego desse elemento de brilho e transparência nas fachadas são de relevância indiscutível. Assim sendo, o que se coloca em foco no presente estudo não é a supressão desse elemento das fachadas, mas sim as suas características e a proporção entre a área envidraçada nas fachadas e a área total dessas superfícies, relação essa que já tem sido analisada como um dos pontos mais críticos no desempenho energético da edificação (KONTOLEON; BIKAS,

2002; PRIETO et al., 2018). Espera-se, dessa forma, contribuir na discussão sobre a concepção de projetos arquitetônicos de edifícios corporativos, tendo em vista a melhoria de sua classificação de eficiência energética segundo a legislação brasileira (BRASIL, 2013).

2. OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho é analisar parâmetros projetuais relacionados às aberturas (fator solar do vidro, percentual de abertura nas fachadas e elementos de sombreamento) em edifícios de uso corporativo no Rio de Janeiro, com vistas a subsidiar decisões de projeto em prol de um melhor desempenho energético das edificações.

3. ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

A classificação do nível de eficiência energética de edificações comerciais, no Brasil, é estabelecida pelo Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) (BRASIL, 2013). O RTQ-C classifica a edificação em cinco níveis expressos por letras, de “A” a “E”, do melhor para o pior nível (compõem a classificação geral da edificação três sistemas: envoltória, iluminação artificial e condicionamento de ar; neste trabalho, porém, toda a investigação ocorrerá a respeito da classificação da envoltória).

A classificação da envoltória da edificação é calculada a partir de um indicador de consumo obtido por uma equação, própria para cada zona bioclimática (ABNT, 2005) e para duas possibilidades de áreas médias de pavimentos (A_{pe}^4), até 500m² ou maiores. A equação indicada para a edificação em avaliação determinará indicadores de consumo máximo e mínimo de referência, e seus respectivos intervalos para cada classificação. A mesma equação definirá o valor final do indicador de consumo da envoltória avaliada, indicando a respectiva classificação. Cada equação considera da edificação fatores como forma (FF), altura (FA), percentual de aberturas nas fachadas (PAF_T), ângulos de sombreamento vertical e horizontal (AVS e AHS) e fator solar dos vidros (FS)⁵.

A avaliação pode ser feita pelo Método da Simulação ou pelo Método Prescritivo. Para este último método, o Laboratório de Eficiência Energética de Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina (LABEEE) disponibiliza *online* uma ferramenta auxiliar de avaliação de eficiência energética de edificações, o *WebPrescritivo* (disponível em <<http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html>>). Essa ferramenta considera os parâmetros descritos no RTQ-C, para cada Zona Bioclimática do Brasil e informa a classificação dos três sistemas (envoltória, iluminação artificial e condicionamento de ar) e a classificação final da edificação avaliada. Todos as avaliações e testes feitos neste artigo utilizam esta ferramenta de cálculo, na sua seção destinada à envoltória (Figura 2).

⁴ Ape: “Área de Projeção da Edificação”, denominação utilizada pelo RTQ-C (BRASIL, 2013) para fazer referência à área média dos pavimentos de um edifício

⁵ Esta classificação também dependerá do cumprimento de pré-requisitos como transmitâncias térmicas máximas e absorvâncias solares máximas das superfícies externas da edificação (envoltória).

Envoltória

Localização: Zona Bioclimática: ZB 8, Cidade: Rio de Janeiro RJ

Dados Dimensionais da Edificação:

A_{TOT}	2700 m ²	FA: 0,08
A_{COOB}	225 m ²	
A_{PE}	225 m ²	
V_{TOT}	11250 m ³	FF: 0,29
A_{ENV}	3225 m ²	

Características das Aberturas:

FS	0,06
PAF _T	29 %
PAF _O	29 %
AVS	0 °
AHS	0 °

Desde que observados os pré-requisitos da envoltória para o nível de eficiência pretendido.

Botões: Calcular Eficiência, Limpar

Indicador de eficiência: B

Figura 2. Exemplo da avaliação de uma envoltória pelo Webprescritivo.

Para inferir a significância das aberturas envidraçadas na eficiência (ou ineficiência) energética das edificações comerciais, de serviços e públicas, foram testadas quatro tipologias arquitetônicas nesta investigação: duas delas com A_{pe} menor do que 500m² e duas com A_{pe} maior do que 500m², condicionadas artificialmente, sem ventilação natural e ambientadas em ZB 8 (zona bioclimática do Rio de Janeiro). Em todos os casos foram aferidos, especificamente, os limites percentuais de aberturas nas fachadas (PAF_T) entre cada uma das classificações consecutivas, empregando os parâmetros constantes do diagrama da Figura 3. Foram considerados vidros com os seguintes fatores solares: (i) FS = 0,86 (vidro transparente simples, com 3mm de espessura) e (ii) FS = 0,19 (vidro especial de controle solar, com pelo menos 6mm de espessura). Também foram consideradas aberturas sem sombreamento externo (AHS = AVS = 0°) e com ângulos horizontais e verticais de sombreamento de 10° (AHS = AHS = 10°). A Figura 3 apresenta um diagrama dos quatro experimentos, e a Figura 4 apresenta as quatro tipologias testadas, com suas respectivas dimensões e parâmetros de cálculo da eficiência energética.

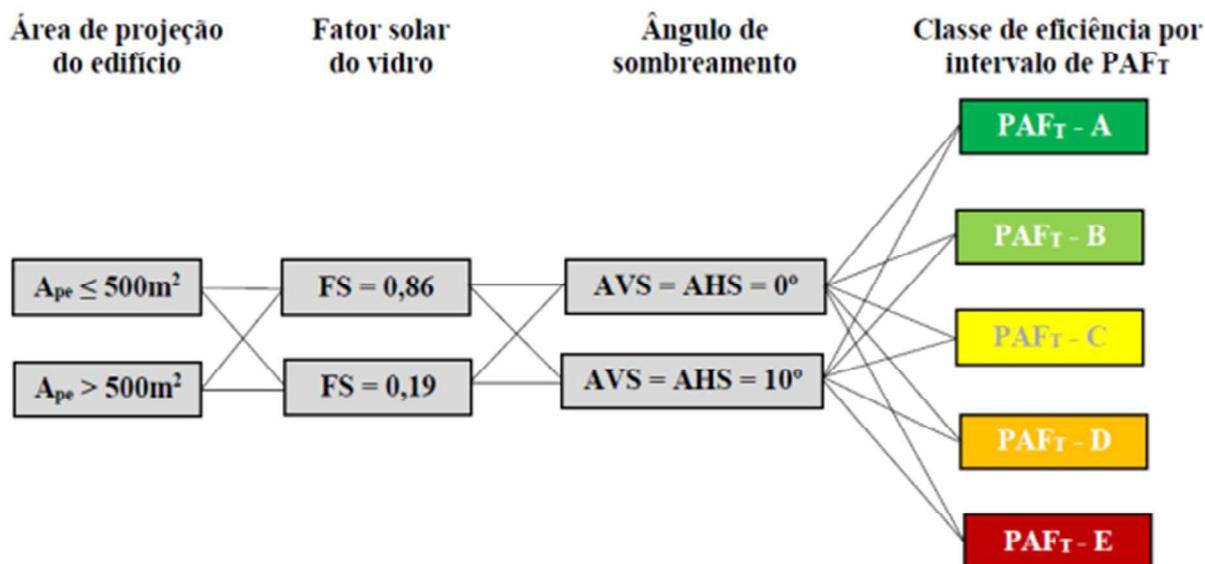


Figura 3. Diagrama de classificação por intervalos de PAF_T

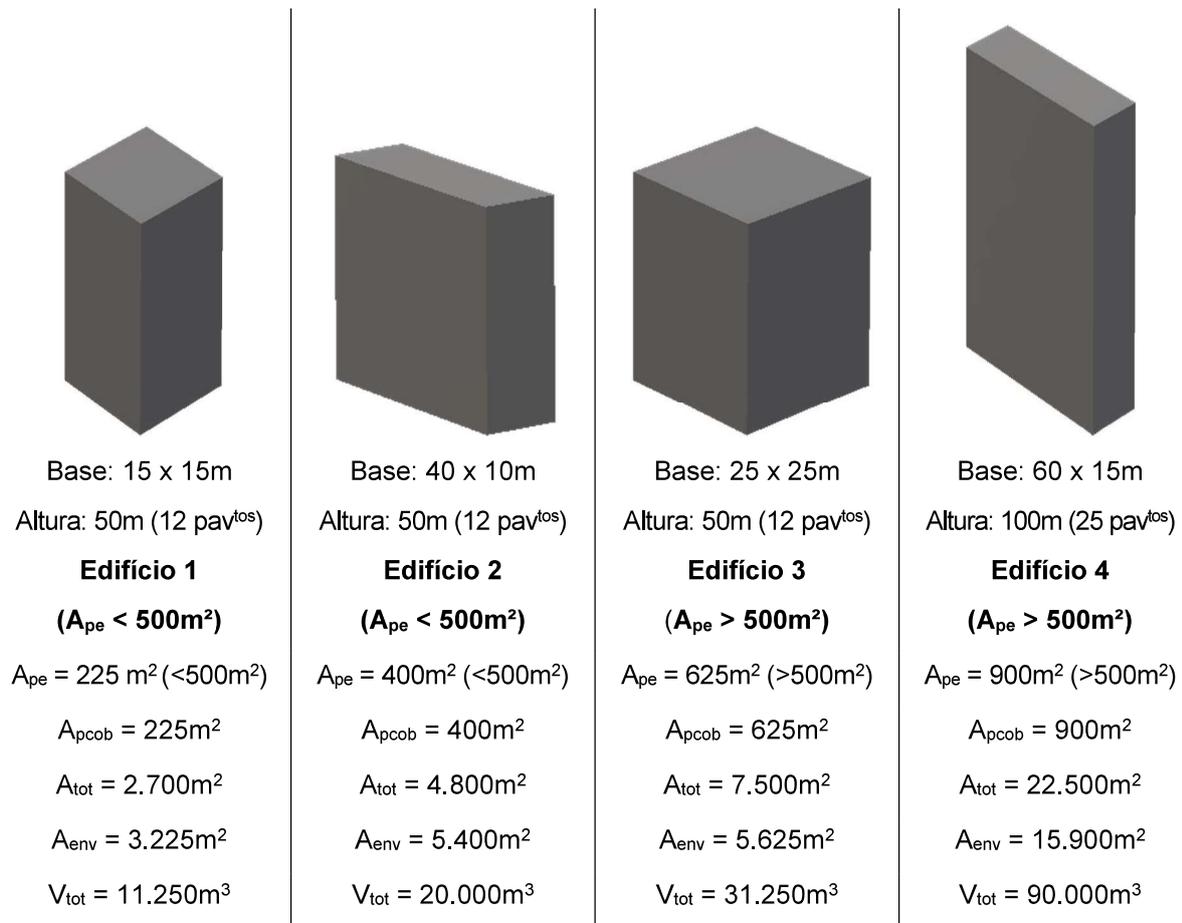


Figura 4. Parâmetros e proporções dos quatro modelos testados

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os limites de PAF_T calculados entre as classes de eficiência energética dos Edifícios 1 e 2 estão mostrados na Figura 5:

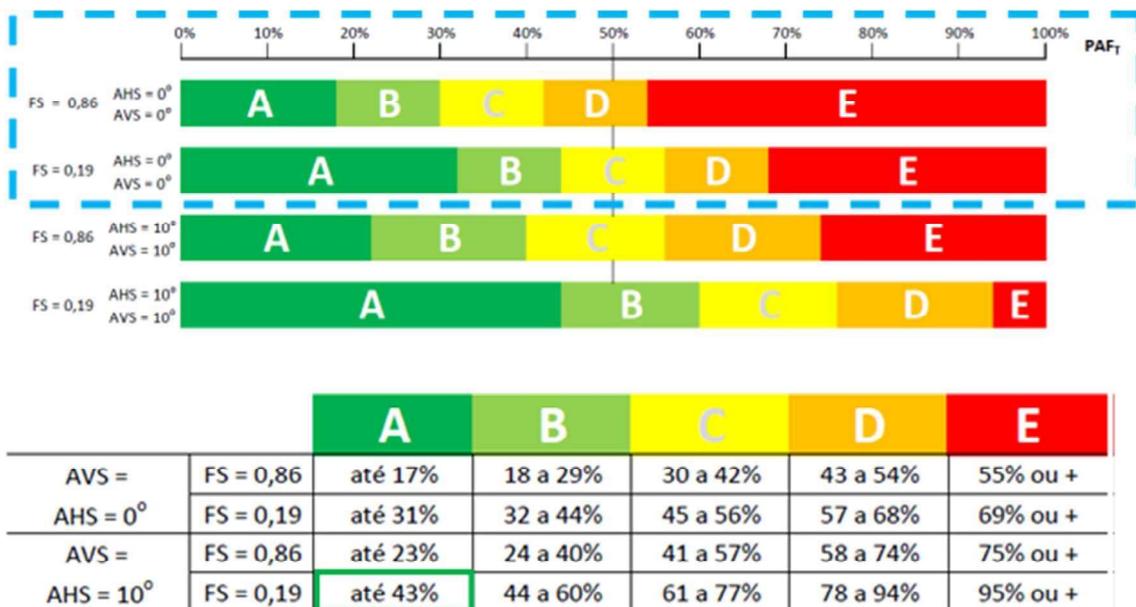


Figura 5. Limites por classe (representação gráfica e numérica) do PAF_T nos Edifícios 1 e 2

Os limites de PAF_T calculados entre as classes de eficiência energética dos Edifícios 3 e 4 estão mostrados na Figura 6:

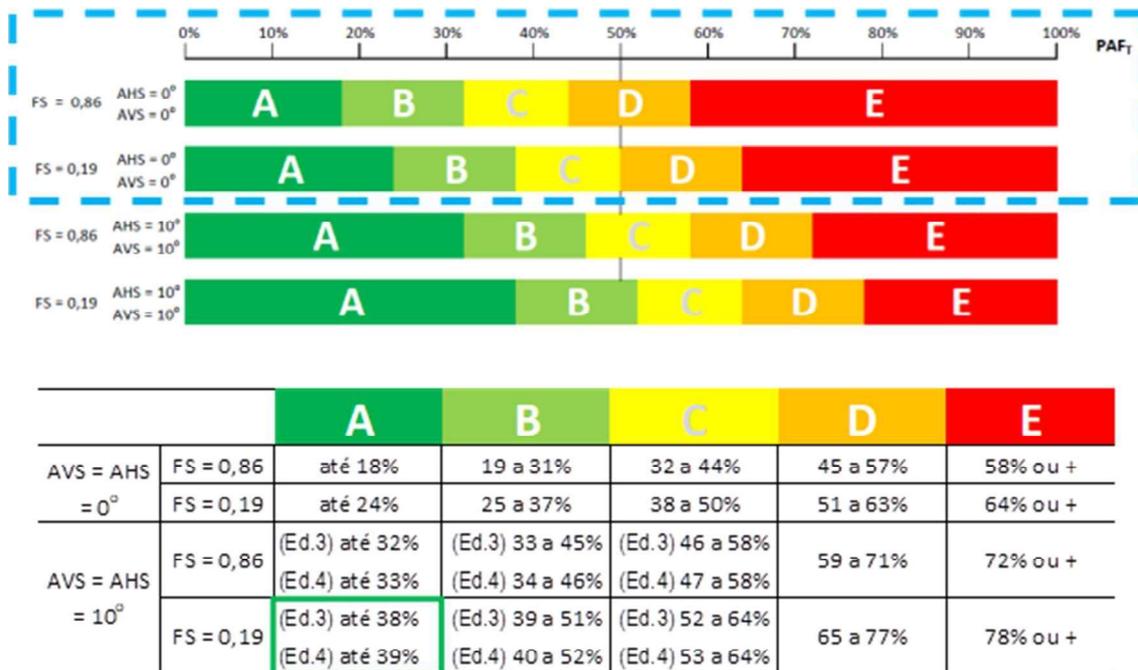


Figura 6. Limites por classe (representação gráfica e numérica) do PAF_T nos Edifícios 3 e 4

4.1. Edifícios com $A_{pe} \leq 500m^2$

As duas primeiras edificações configuradas (Edifício 1 e Edifício 2) apresentaram resultados semelhantes entre si, isto é, intervalos de classificação da envoltória iguais em relação aos respectivos limites de PAF_T . Isto se verificou em todos casos, tanto na presença (ou não) de elementos de sombreamento quanto no uso de vidro comum ($FS = 0,86$) ou vidro eficiente ($FS = 0,19$).

Em ambas as experimentações, com ou sem sombreamento, a alteração de vidro comum para um vidro com fator solar de 0,19 tendeu a elevar cada uma das classificações para um nível superior consecutivo. Por exemplo, a mudança do parâmetro FS, de 0,86 para 0,19, fez com que a classificação “E” subisse um nível para classificação “D”; no caso da classificação “D”, subiu para “C”; e assim foi até a classificação “B”, que subiu para “A” com a mudança do fator solar (ver retângulo de realce em linha tracejada na Figura 5).

Enquanto o realce em linha tracejada na Figura 5 mostra o gráfico da troca de vidro comum ($FS = 0,86$) por vidro eficiente ($FS = 0,19$), na Figura 7 considerou-se que a estratégia adotada foi o sombreamento externo. Comparando as duas situações, verifica-se que a troca de vidro comum por vidro eficiente é ligeiramente mais eficaz do que a estratégia de sombreamento externo.

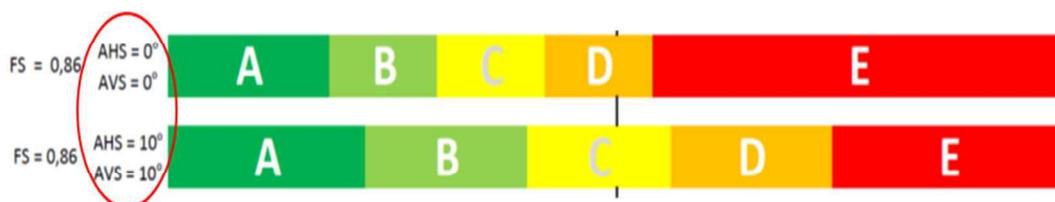


Figura 7. Evolução da classificação com a troca dos parâmetros AHS e AVS nos Edifícios 1 e 2 ($A_{pe} < 500m^2$), mantendo inalterado o parâmetro FS

O melhor resultado de todos, conforme esperado, foi a composição de vidro eficiente ($FS = 0,19$) com sombreamentos externos horizontais e verticais de 10°. Neste caso, a edificação

que almejasse a classificação “A” poderia tirar partido de até 43% de área de aberturas transparentes ou translúcidas nas fachadas (ver realce na célula com esse valor na Figura 5).

4.2. Edifícios com $A_{pe} > 500m^2$

As configurações das edificações com área de projeção (A_{pe}) maior do que $500m^2$ (Edifício 3 e Edifício 4) também apresentaram resultados semelhantes entre si (intervalos de classificação da envoltória semelhantes em relação aos respectivos limites de P_{AFT}). Estes resultados, porém, diferiram dos resultados dos Edifícios 1 e 2.

Nos Edifícios 3 e 4 ($A_{pe} > 500m^2$), a alteração de vidro comum para vidro eficiente, sem alterações nos parâmetros de sombreamento, não apresentou resultados tão satisfatórios quanto no caso dos Edifícios 1 e 2 ($A_{pe} \leq 500m^2$), como se pode verificar, comparando o realce em linha tracejada na Figura 6 com o mesmo elemento na Figura 5.

Ainda no caso dos Edifícios 3 e 4 ($A_{pe} > 500m^2$), a alteração do sombreamento elevou, aproximadamente, cada uma das classificações para um nível superior consecutivo, ou seja, a classificação “E” subiu um nível consecutivo (para “D”); e assim por diante até a classificação “B”, que subiu para “A” (Figura 8).

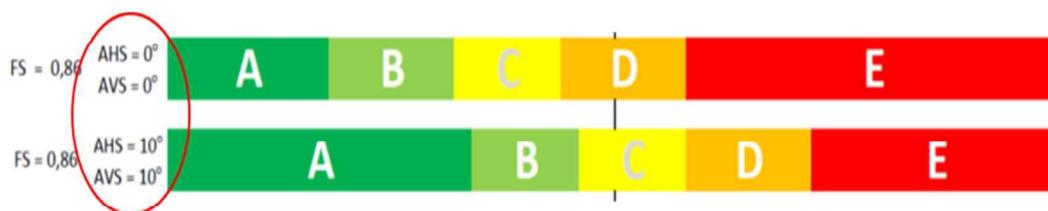


Figura 8. Evolução da classificação com a troca dos parâmetros AHS e AVS nos Edifícios 3 e 4 ($A_{pe} < 500m^2$), mantendo inalterado o parâmetro FS

Novamente, conforme esperado, o melhor resultado de todos, foi a composição de vidro eficiente com sombreamentos externos. Nos dois casos (Edifício 3 e Edifício 4), a edificação que almejasse a classificação “A” deveria compor vidro eficiente com sombreamento externo e ter até 38-39% de área de aberturas nas fachadas (PAF_T) (ver realce na célula com esses valores na Figura 6). Sang *et al.* (2014) obtiveram resultados que apontam a mesma tendência, ao verificar, por simulação, que um projeto mais adequado da envoltória pode contribuir para a redução da energia anual utilizada no resfriamento do edifício. Entre as diversas contribuições, as mais expressivas são o tipo de vidro (20,26% de redução), o ajuste do tamanho das aberturas (17,82% de redução) e a incorporação de mecanismos de sombreamento (16,8% de redução).

No presente artigo, em todos os quatro casos foi possível verificar que edificações comerciais, de serviços e públicas com PAF_T elevado (50% ou superior) não conseguem obter classe de eficiência “A”, nem mesmo na composição vidro eficiente mais sombreamento externo. Também se verificou que, em todos os casos, se o PAF_T for de 50% ou mais, o uso de vidro com fator solar 0,19 (vidro eficiente) apenas, sem elementos de sombreamento externos, não capacitará o edifício a obter uma classificação “A” ou “B”. Especialmente no Brasil, isso se torna um importante aspecto para edificações públicas federais novas ou reformadas, que devem necessariamente obter classificação “A” de eficiência energética (BRASIL, 2014).

Comparando os casos dos edifícios que têm $A_{pe} > 500m^2$ com os que têm $A_{pe} \leq 500m^2$, verifica-se que os limites de PAF_T entre as classificações são ligeiramente diferentes. Sendo uma relação percentual, o valor nominal do PAF_T expressa, na realidade, uma quantidade de superfície (m^2) ocupada por vidros, que tende a ser maior (em valores absolutos) quando a área média dos pavimentos (A_{pe}) também é maior do que $500m^2$. Pela mesma razão, a

alteração no Fator Solar do vidro teve mais impacto em menores superfícies ($A_{pe} \leq 500m^2$). Em superfícies maiores ($A_{pe} > 500m^2$), apenas a mudança do Fator Solar não foi suficiente para obter a mesma vantagem, sendo necessário acrescentar algum nível de sombreamento na superfície envidraçada. Essa sutil diferença pode incrementar parâmetros de projeto de edifícios comerciais, de serviços e públicos, que dependendo de seu tamanho, podem contar com mais liberdade projetual, podendo optar pelo investimento na qualidade do vidro ou nos elementos de sombreamento.

Desse modo, analisando os quatro edifícios testados, conclui-se que o parâmetro PAF_T é o que tem maior peso na classificação de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos, ratificando as conclusões de Maciel (2011) e também os estudos de Aste *et al.* (2018).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise de parâmetros projetuais das aberturas de uma edificação com vistas a minimizar o seu consumo energético indicou que sua correta combinação pode produzir bons resultados.

Assim como Mirrahimi *et al.* (2016), que em seu estudo do efeito da envoltória sobre o consumo energético em edifícios altos, corroboram a importância do papel que o tipo de vidro, o tamanho das aberturas e os elementos de sombreamento desempenham em edificações em clima tropical quente úmido, a atenção voltada às características das aberturas, analisadas neste trabalho, mostra-se de especial interesse.

Deve-se atentar que, dos elementos avaliados na classificação de eficiência energética das edificações, a envoltória é o único que não consome energia elétrica, mas suas características arquitetônicas e projetuais vão interferir diretamente no consumo energético dos sistemas de manutenção de conforto dos usuários, que irão buscá-lo, independentemente do quão responsiva for a envoltória a essa solicitação. A falta de resposta da envoltória às condições climáticas locais é um caminho para o aumento do consumo de energia. No hemisfério norte, por exemplo, onde o frio é mais problemático do que o calor, Berardi (2015) dá uma ideia do quão importantes para a economia de energia podem ser as envoltórias das edificações, indicando que envoltórias de alto desempenho podem obter uma redução global de 33% na demanda por energia dos edifícios, sendo elas prioridades nas zonas frias dos Estados Unidos, União Europeia e Rússia.

Falando em linhas gerais sobre o consumo de energia pelo setor das edificações, Wang, Yan e Xiao (2012) mencionam que uma grande parte do consumo efetivo é desperdiçado devido a falhas que começam na concepção do projeto, passam pela construção e seguem até o estágio da operação dos edifícios. Especificamente no Brasil, as edificações são responsáveis por cerca de 50% do consumo de energia elétrica (BRASIL, 2015), e há que se levar em consideração que o país continua a atravessar uma grave crise ambiental, com escassez de chuvas e com muitas barragens de hidrelétricas apresentando níveis críticos em diversas regiões. A região sudeste, maior responsável pelo desenvolvimento geoeconômico do país e que possui o maior parque industrial da América Latina, já sofreu uma crise hídrica atípica entre os anos de 2012 e 2015. Várias cidades do Sudeste tiveram, neste período, recordes de calor, com temperaturas máximas absolutas acima dos 40°, além de seca extrema, com valores de umidade relativa abaixo dos 15%. E as previsões meteorológicas para o futuro próximo não diferem muito dessa realidade, algumas são até mais pessimistas. Considerando que o Brasil está entre os países que apresentam um consumo total de energia ascendente (BERARDI, 2015), a convergência entre clima e edifícios aponta urgentemente para a necessidade de um maior nível de eficiência energética em edificações.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) (2005). *Desempenho térmico de edificações. NBR 15220*. Rio de Janeiro: ABNT.
- ASTE, N. et al. (2018). *Glazing 's techno-economic performance: A comparison of window features in office buildings in different climates*. *Energy and Buildings*. V. 159, p.123-135.
- BERARDI, U. (2015). *Building energy consumption in US, EU, and BRIC countries*. *Procedia Engineering*. V.118, p. 128 – 136.
- BRASIL (2015). *Anuário estatístico de energia elétrica 2015 - ano base 2014*. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética.
- BRASIL (2014). *Instrução normativa Nº 2. Ministério do Orçamento, Planejamento e Gestão. Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação*. Disponível em: <<http://www.comprasgovernamentais.gov.br/paginas/instrucoes-normativas/instrucao-normativa-no-2-de-4-de-junho-de-2014>>
- BRASIL (2013). *Regulamento técnico da qualidade do nível de eficiência energética de edificações comerciais, de serviços e públicas*. Brasília: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.
- CORNETET, M. C. (2009). *Recomendações para especificação de vidros em edificações comerciais na região climática de Porto Alegre – RS*. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria, Programa de pós-graduação em Engenharia Civil. Santa Maria, Brasil.
- FIGUEIREDO, E. C. (2016). *Peles de vidro: otimização do desempenho da luz natural difusa em fachadas envidraçadas*. Tese de doutorado. (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Presbiteriana Mackenzie, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. São Paulo, Brasil.
- GAMMARANO, B. (1992). *As fachadas de vidro e o modernismo: uma reflexão*. Dissertação de mestrado (Mestrado em Arquitetura). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Rio de Janeiro, Brasil.
- KONTOLEON, K. J.; BIKAS, D. K. (2002). *Modeling the influence of glazed openings percentage and type of glazing on the thermal zone behavior*. *Energy and buildings*. V. 34, p.389-399.
- LAM, J. C. (2000). *Energy analysis of commercial buildings in subtropical climates*. *Building and Environment*. V. 35, p. 19-26.
- LIMA, F. A. A. (2010). *Ética e estética nas arte, arquitetura e urbanismo contemporâneos – uma crítica realista*. In: *Pós*. v.14, n.28, p.158-181. São Paulo: FAUUSP.
- MACIEL, L. F. (2011). *Análise de sensibilidade do indicador de consumo frente às variáveis das equações do RTQ-C*. Relatório PROBIC/FAPEMIG. Viçosa: UFV.
- MIRRAHIMI, S. et al. (2016). *The effect of building envelope on the thermal comfort and energy saving for high-rise buildings in hot–humid climate*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. V.53, p. 1508–1519.
- OMRANY, H. et al. (2016). *Application of passive wall systems for improving the energy efficiency in buildings: a comprehensive review*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. V.62, p. 1252-1269.
- PEREIRA, E. G. S. A. (2007). *Caracterização ótica de vidros e películas de proteção solar utilizados na construção civil e sua relação com o conforto ambiental*. Dissertação de mestrado. (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente). Universidade Federal de Goiânia, Escola de Engenharia Civil. Goiânia, Brasil.
- PRIETO, A. et al. (2018). *Passive cooling & climate responsive façade design: exploring the limits of passive cooling strategies to improve the performance of commercial buildings in warm climates*. *Energy and Buildings*. V.175, p. 30-47.

-
- SANG, X. et al. (2014). *Informing energy-efficient building envelope design decisions for Hong Kong. Energy Procedia*. V. 62, p. 123 – 131.
 - WANG, S.; YAN, C.; XIAO, F. (2012) *Quantitative energy performance assessment methods for existing buildings. Energy and Buildings*. V. 55, p. 873–888.