

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO DE FACHADAS: SIMULAÇÃO DE EDIFÍCIO COMERCIAL EM DIFERENTES ZONAS BIOCLIMÁTICAS BRASILEIRAS¹

ANDRADE, M. T. B., Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, e-mail: marcotbandrade@gmail.com; FERREIRA, C. C., Universidade Federal de Viçosa, e-mail: camilacferreira@yahoo.com.br; HIRASHIMA, S. Q. S., Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, e-mail: simonehirashima@cefetmg.br

ABSTRACT

This study aimed to analyze the influence of façades on energy demand for air conditioning of commercial buildings located in different Brazilian bioclimatic zones. In total 132 scenarios were simulated using the software DesignBuilder, considering 4 façade types, 3 building sizes and 11 cities, located in seven distinct bioclimatic zones, as parameters. Results highlighted that the climatic conditions play an important role on air conditioning demand. Among the façade types studied, the white painting had the best energetic performance, followed by ventilated façades in aluminum composite material (ACM) and red granite and finally the black painting. In each case, the heat gains were related to the material absorptance and emissivity and to the air flux dynamics inside the ventilated cavities. Also, the increase of building dimensions led to a reduction of energy demand per area, related to the increase of air volume in the internal environment, and to a reduction of façade influence, due to the increase of roofing influence and internal heat gains (equipment, lighting and human metabolism).

Keywords: Commercial building. Façade. Bioclimatic zoning. Simulation. Energy efficiency.

1 INTRODUÇÃO

Considerando o elevado consumo de eletricidade pelas edificações no Brasil (BRASIL, 2016) e a elevada participação média do condicionamento de ar no consumo do setor comercial (ELETROBRAS, 2009), estratégias de eficiência energética nas edificações são imprescindíveis.

Tais estratégias a serem consideradas em projetos devem estar em consonância com as condições climáticas locais e incluem as características geométricas do empreendimento, sua orientação e os materiais empregados (JOHN; PRADO, 2010). Na busca por tecnologias que melhorem o desempenho termoenergético das edificações, as envoltórias têm papel chave, visto que são diretamente ligadas às trocas de calor entre os ambientes externo e interno (MIZGIER; PENSO, 2016).

Neste contexto, as simulações computacionais são extremamente úteis no processo de concepção e desenvolvimento de projetos eficientes, uma vez que possibilitam comparações de características de projeto de forma rápida e barata (PEREIRA; LOURA, 2012). É possível encontrar estudos sobre materiais e edifícios na literatura, entretanto essa prática ainda pode ser expandida

¹ ANDRADE, M. T. B.; FERREIRA, C. C.; HIRASHIMA, S. Q. S. Avaliação do desempenho energético de fachadas: simulação de edifício comercial em diferentes zonas bioclimáticas brasileiras. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

no cenário brasileiro, com o desenvolvimento de trabalhos que considerem parâmetros aplicáveis à realidade nacional.

O presente estudo tem por objetivo comparar os impactos gerados por sistemas de fachada na demanda de energia elétrica para climatização de uma edificação comercial padrão localizada em diferentes zonas bioclimáticas brasileiras. Para isso, foram considerados diversos cenários de tipos de fachadas, dimensões do edifício e localidades, simulados por meio do programa *DesignBuilder*.

2 METODOLOGIA

Para direcionar a pesquisa, foram estabelecidas seis etapas (Figura 1).

Figura 1 – Etapas da metodologia



Fonte: Os autores

2.1 Definição das cidades

A seleção das cidades a serem avaliadas baseou-se na escolha de cidades que possuíam arquivo climático e que são situadas nas diferentes zonas bioclimáticas, buscando abranger o maior espectro possível de características climáticas (Quadro 1).

Quadro 1 – Relação das cidades selecionadas para simulação e suas respectivas zonas bioclimáticas

Zona	Cidade	UF
1	Curitiba	PR
2	Santa Maria	RS
3	Florianópolis	SC
	Belo Horizonte	MG
4	Brasília	DF
6	Goiânia	GO
	Campo Grande	MS

7	Cuiabá	MT
8	Recife	PE
	Manaus	AM
	Porto Velho	RO

Fonte: Os autores

2.2 Caracterização do edifício

Para avaliar a influência da fachada na demanda de energia para climatização de acordo com as dimensões do edifício, propôs-se três modelos geométricos com diferentes dimensões horizontais (Quadro 2). O formato do prédio, o número de pavimentos e as dimensões verticais foram mantidas em todos os casos, assim como a localização da área de circulação horizontal e vertical de cada pavimento.

Quadro 2 – Características geométricas

Característica	Geometria 20x20	Geometria 30x30	Geometria 40x40
Formato	Quadrado		
Dimensões do edifício	20m x 20m	30m x 30m	40m x 40m
Dimensões da circulação	10m x 10m	15m x 15m	20m x 20m
Pavimentos	10		
Distância entre lajes	3,80m		
Pé-direito	2,80m		

Fonte: Os autores

As demais características da edificação, incluindo as estruturais, de ocupação, de iluminação e de climatização, foram mantidas constantes. Para a estrutura principal do prédio adotou-se o sistema em concreto armado, enquanto para as partições verticais foram definidos sistemas de alvenaria e *drywall*. O Quadro 3 apresenta um resumo dos demais parâmetros.

Quadro 3 – Características de ocupação, iluminação e climatização

Característica		Escritórios	Circulação
Ocupação	Densidade de ocupação	0,14pessoa/m ²	0,1173pessoa/m ²
	Taxa de calor liberado	130W/pessoa	
	Densidade de carga de equipamentos	10,7W/m ²	1,85W/m ²
	Funcionamento	Dias úteis e sábado (meio turno)	
Iluminação	Densidade de carga de iluminação	16W/m ²	8W/m ²
Climatização	Sistema de condicionamento	Split + ventilação mecânica	Ventilação mecânica

Fonte: Os autores

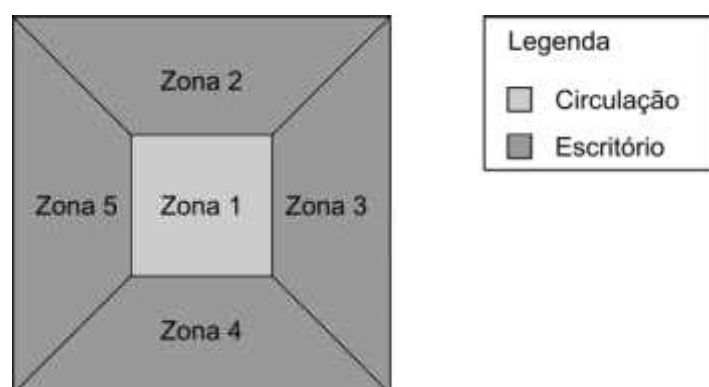
2.3 Especificação das fachadas

Quatro fachadas foram detalhadas para a realização deste estudo: revestimento em pintura branca, em pintura preta, fachada ventilada com revestimento em granito vermelho e em alumínio composto (ACM). Em todos os casos, considerou-se em suas composições um bloco cerâmico de 12 furos e camadas interna e externa de argamassa. Já nas fachadas ventiladas, foram adotadas ainda uma cavidade de ar de 10cm. Em relação às aberturas, delimitou-se características fixas, incluindo relação abertura-parede de 30% e vidro simples incolor.

2.4 Elaboração dos modelos

A modelagem dos sistemas no *DesignBuilder* foi realizada com a definição de cinco zonas térmicas por andar, conforme Figura 2. Assim, foi possível delimitar de forma simplificada os ambientes de acordo com seu tipo de ocupação (circulação ou escritório). Para as fachadas ventiladas, empregou-se o componente *baffle*, que simula simplificada uma cavidade exterior ventilada naturalmente.

Figura 2 – Definição das zonas térmicas do edifício



Fonte: Os autores

2.5 Execução das simulações

As simulações energéticas realizadas no *DesignBuilder* tiveram como base os cenários correspondentes às variações dos parâmetros delimitados, incluindo 11 cidades, 4 composições de fachada e 3 geometrias do prédio, totalizando 132 combinações. Como resultado, obteve-se as demandas anuais de energia elétrica referentes à climatização, à iluminação e aos equipamentos do edifício comercial em todos os cenários.

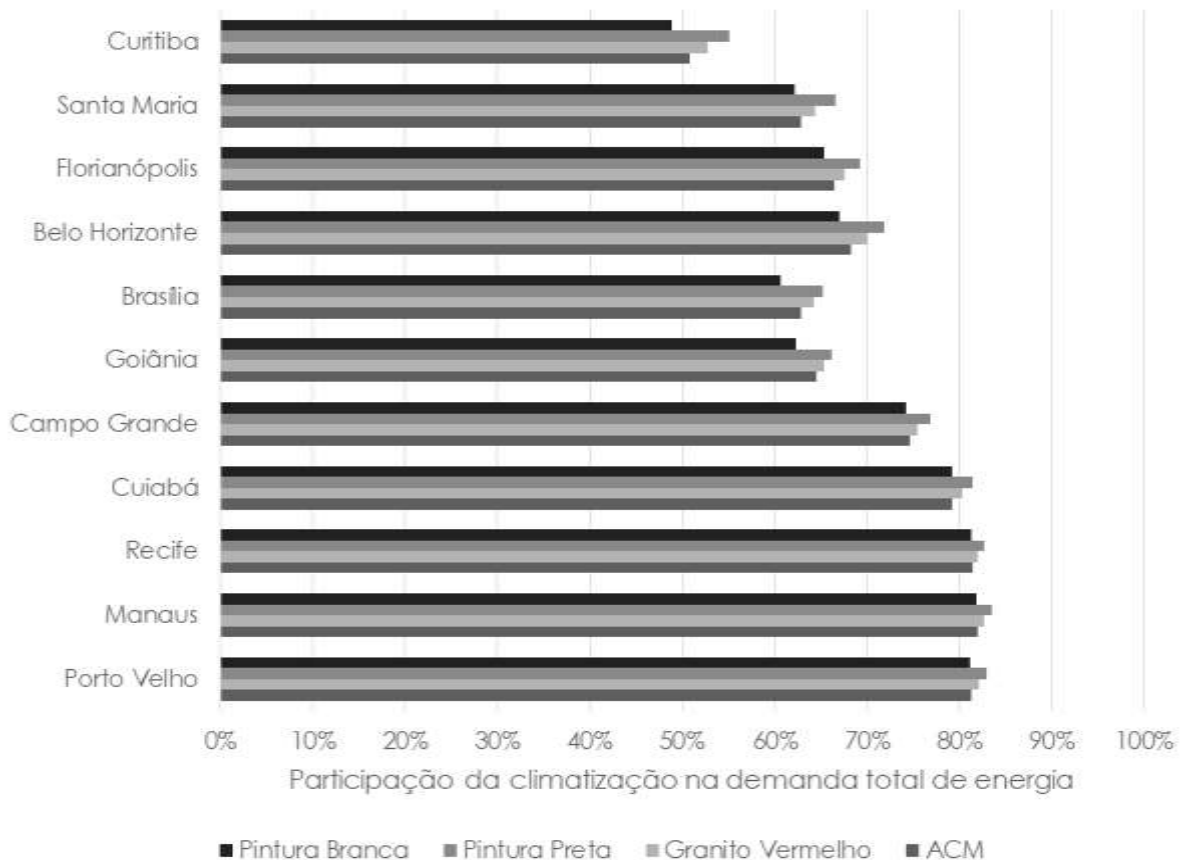
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das simulações executadas foram analisados sob três óticas distintas: participação da climatização na demanda total de energia elétrica, comparação entre as demandas de climatização relativas a cada fachada e verificação da influência da fachada em função da geometria do edifício.

3.1 Participação da climatização na demanda total de energia

Em todos os cenários, a climatização foi o item com a maior participação na demanda total de energia elétrica do edifício (Figura 3), superando, em grande parte dos casos, inclusive a soma dos valores referentes à iluminação e aos equipamentos.

Figura 3 – Participação média da climatização na demanda total de energia



Fonte: Os autores

Ainda que preponderantes, os valores obtidos para a climatização apresentaram uma ampla variação entre as cidades simuladas e, em menor nível, entre os sistemas de fachada e as geometrias. Pode-se afirmar, portanto, que o fator climático possui papel primordial no desempenho térmico, e consequentemente energético, de um edifício climatizado artificialmente, sendo assim imprescindível a especificação de materiais e técnicas construtivas compatíveis com a região em que o empreendimento é alocado.

3.2 Comparação entre as demandas de climatização para cada fachada

Em quase todos os cenários simulados, o revestimento em pintura branca apresentou as menores demandas de energia para climatização do edifício, enquanto a pintura preta gerou os piores resultados, ressaltando a relevância da absorvância das fachadas no desempenho termoenergético das

edificações comerciais. As fachadas ventiladas, em geral, geraram resultados intermediários, sendo a performance do ACM melhor que a do granito vermelho. Na Tabela 1 são indicadas as médias de aumento de demanda observado tomando a pintura branca como base, sendo as exceções ao padrão apresentado comentadas posteriormente.

Tabela 1 – Média do aumento de demanda de energia para climatização

Fachada	Geometria 20x20	Geometria 30x30	Geometria 40x40
Pintura branca	Base	Base	Base
Pintura preta	21,52%	18,06%	15,98%
Granito vermelho	12,43%	10,26%	8,89%
ACM	5,53%	4,04%	2,95%

Fonte: Os autores

Ao confrontar os resultados dos revestimentos em pintura, é notória a grande influência que a cor tem no ganho de calor pelo prédio. Este fato é explicado pelos distintos valores de absorvância das cores branca e preta (0,20 e 0,97 respectivamente).

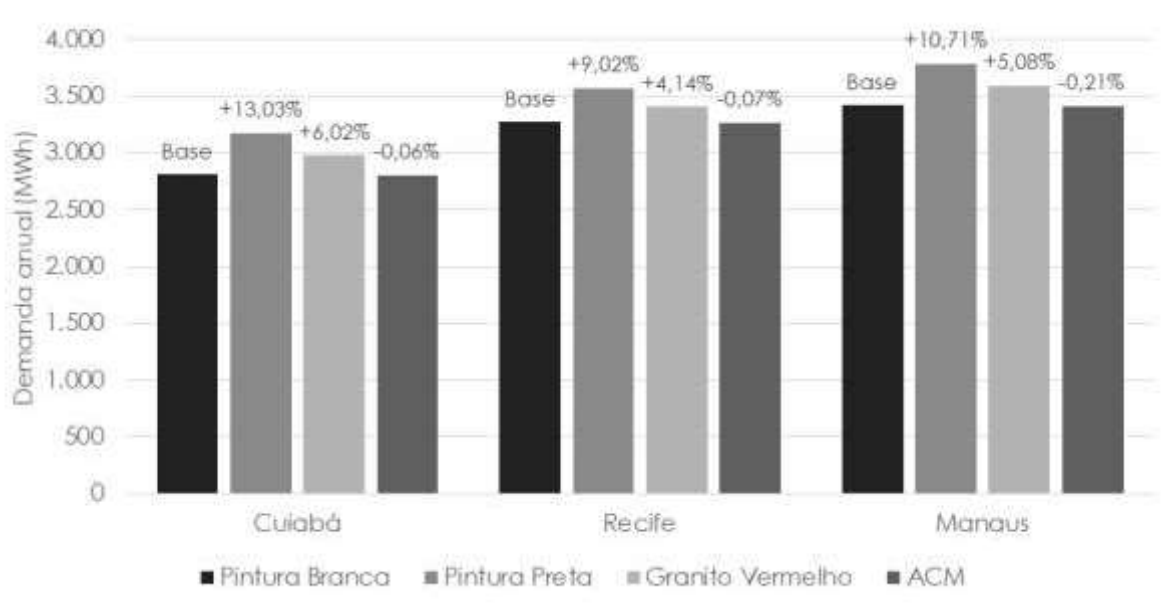
De modo similar, as diferenças entre as fachadas ventiladas também são explicadas pelas propriedades das superfícies do granito vermelho e do ACM. Tanto os valores de emissividade quanto de absorvância do ACM (0,05 e 0,05, respectivamente) são menores que os do granito vermelho (0,55 e 0,44, respectivamente), indicando que, além de absorver menos radiação solar, a placa de ACM também emite menos radiação, aquecendo menos a câmara de ar entre ela e a composição principal da fachada do edifício e exigindo assim menor demanda para sua climatização.

Ao comparar os resultados médios da pintura branca e do ACM, pode-se dizer que, apesar deste apresentar menor ganho de calor devido às suas propriedades de superfície, em geral o sistema ventilado gerou nos cenários simulados condições de contorno que dificultaram a perda de calor do edifício, o que explica o aumento da demanda para resfriamento dos ambientes. Todavia, três exceções foram encontradas nos cenários de Geometria 40x40 para as cidades de Cuiabá, Manaus e Recife. Conforme observado na Figura 4, nestes casos a utilização da fachada em ACM resultou em demandas ligeiramente menores que as referentes à pintura branca.

Ainda que o método utilizado para a simulação das fachadas ventiladas tenha sido simplificado e que as diferenças entre as demandas das fachadas em pintura branca e ACM tenham sido menores que 0,25%, é interessante investigar esses resultados. Como a área externa do edifício para troca de calor é a mesma para todos os cenários de mesma geometria e como o ACM passa a responder melhor que a pintura branca com o aumento dessa área, tem-se então a possibilidade de que a maior dimensão horizontal da fachada crie condições favoráveis à ocorrência de fluxos de ar capazes de auxiliar de modo mais significativo na perda de calor pelo edifício. Contudo, estudos mais aprofundados da dinâmica dos fluidos na

cavidade ventilada seriam necessários para sua confirmação.

Figura 4 – Variação da demanda anual de energia – Geometria 40x40

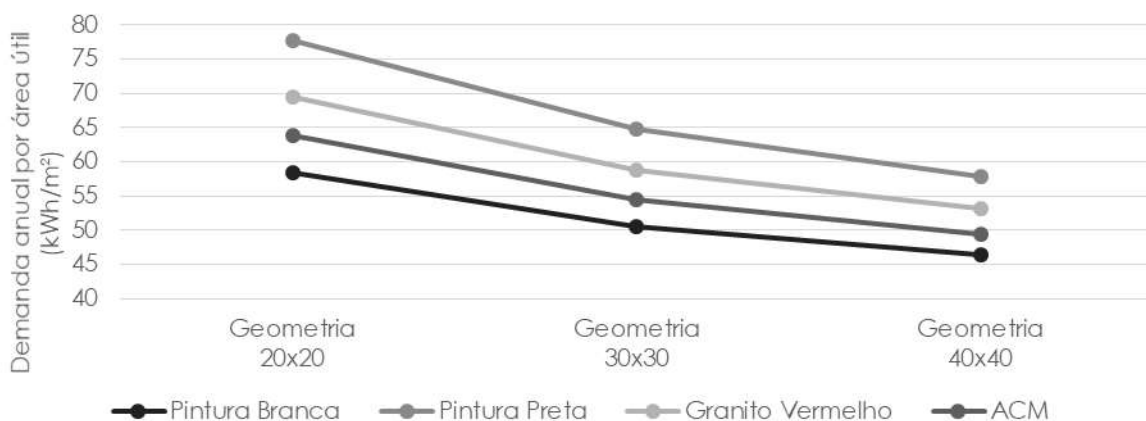


Fonte: Os autores

3.3 Influência da fachada em função da geometria do edifício

Ao analisar a demanda de energia para climatização por área útil, foi constatado que ela decresce com o aumento das dimensões do edifício, conforme apresentado para a cidade de Curitiba no Figura 5.

Figura 5 – Demanda anual de climatização por área útil – Curitiba



Fonte: Os autores

Tal fenômeno pode ser explicado pelo fato de a área da fachada crescer de modo linear, enquanto o volume de ar interno da edificação aumenta de forma quadrática. Assim, é necessário ainda mais calor para aquecer o seu interior do que o ganho adicional advindo do aumento da fachada.

Além disso, foi percebido ainda que a diferença percentual entre as demandas referentes a cada tipo de fachada também diminui com o aumento das dimensões do edifício. Tal diminuição de influência da fachada no ganho de calor é explicada, por sua vez, pelo aumento da participação dos ganhos advindos da cobertura e dos fatores internos (equipamentos, iluminação e metabolismo), que crescem de forma quadrática.

4 CONCLUSÕES

Os resultados expostos estão ligados aos parâmetros de entrada empregados nas simulações e, portanto, como modelos são simplificações, eles podem diferir muito das situações reais, em que os usos e ocupações do ambiente podem ser diferenciados. Contudo, o presente estudo ressalta a relevância do desenvolvimento de projetos de edificações eficientes e da utilidade do procedimento de simulação computacional na avaliação do desempenho dos edifícios desde as fases iniciais da concepção dos projetos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo auxílio para participação neste evento.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2016**: Ano base 2015. Rio de Janeiro: EPE, 2016. 292p.

ELETROBRAS. **Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso, ano base 2005**: classe Residencial Relatório Brasil - Sumário Executivo. Rio de Janeiro: ELETROBRAS; PROCEL, 2009. 187 p.

JONH, V. M.; PRADO, R. T. A. (Coord.). **Boas práticas para habitação mais sustentável**. São Paulo: Páginas & Letras, 2010, 204p.

MIZGIER, M. O.; PENSO, E. A. Desempenho térmico de fachadas ventiladas como proposta de retrofit em edifícios comerciais na cidade de São Paulo. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16, 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016. p. 1385-1399.

PEREIRA, I. M.; LOURA, R. M. (Org.). **Curso de introdução à modelagem termoenergética de edificações com os softwares Energyplus e Openstudio**. Belo Horizonte: UFMG, 2012. 58p.