XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8670

Análise do Impacto do COP e de parâmetros da envoltória no consumo energético de edificação escolar em Maceió-AL

Analysis of the Impact of COP and Building Envelope Parameters on the Energy Consumption of a School Building in Maceió-AL

Mara Rúbia de Oliveira Araújo
UFAL | Maceió | Brasil | mara.araujo@fau.ufal.br
Leonardo Salazar Bittencourt
UFAL | Maceió | Brasil | lsb54@hotmail.com
Fernando Antonio De Melo Sa Cavalcanti
UFAL | Maceió | Brasil | fernando.antonio@fau.ufal.br@fau.ufal.br

Resumo

O uso indiscriminado de estratégias projetuais empregadas indistintamente ao clima, somado à inexistência de legislação específica sobre eficiência energética, resulta em modelos arquitetônicos ineficientes. Neste sentido, o objetivo deste estudo foi analisar o impacto do Coeficiente de Performance (COP) e de parâmetros da envoltória no consumo energético de uma edificação escolar situada em Maceió-AL. Foram testados diferentes níveis de eficiência dos sistemas de climatização e absortâncias. A metodologia consistiu em simulações computacionais térmicas e energéticas através do *software EnergyPlus*, utilizando o plug-in *Euclid* para modelagem. O estudo utilizou 3 variações de valores para o COP e 4 para os de absortância. Os resultados demonstraram que o aumento do COP para 4,54 proporcionou a redução mais significativa no consumo, atingindo economia de até 34%. Quanto à envoltória, constatou-se que o uso de baixas absortâncias contribui para reduções de até 14% no consumo energético. O estudo reforça a viabilidade econômica da integração entre eficiência tecnológica e adequação bioclimática em climas quentes e úmidos.

Palavras-chave: Eficiência energética. Simulação computacional. Conforto térmico.

Abstract

*The historical use of design strategies applied without considering local climatic conditions, coupled with the lack of specific legislation on energy efficiency, results in inefficient architectural models. In this sense, the objective of this study was to analyze the impact of the Coefficient of Performance (COP) and building envelope parameters on the energy consumption of a school building located in Maceió-AL. Different efficiency levels of air conditioning systems and absorptances were tested. The methodology consisted of thermal and energy computer simulations conducted via EnergyPlus software, utilizing the Euclid plug-in for modeling. The study evaluated 3 variations of COP values and 4 for absorptances. The results demonstrated that increasing the COP to 4.54 provided the most **substantial** reduction in consumption, achieving savings of up to 34%. Regarding the building envelope, it was found that the use of low absorptances contributes to reductions of up to 14% in energy consumption. The study reinforces the economic viability of integrating technological efficiency and bioclimatic suitability in hot and humid climates.*

Keywords: Energy efficiency. Computer simulation. Thermal comfort.

Como citar:
ARAÚJO, M. R. O. et al. Análise do Impacto do COP e de parâmetros da envoltória no consumo energético de edificação escolar em Maceió-AL. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8670

INTRODUÇÃO

O conforto das edificações foi historicamente compreendido como um processo que, se controlado artificialmente, poderia otimizar o consumo de energia. Sob essa lógica, surgiram os edifícios de concepção "fechada", onde a ciência do conforto se fundamentou em princípios industriais, incentivando sistemas de aquecimento, resfriamento e ventilação mecânicos [1]. Nesse período, a responsabilidade pelo conforto térmico e lumínico foi transferida majoritariamente para a engenharia de sistemas.

Diante de um cenário pretérito de recursos abundantes e energia de baixo custo, muitas edificações foram construídas alheias às condicionantes climáticas locais. O profissional arquiteto, em muitos casos, suprimiu a gestão das características ambientais passivas para projetar com base em complexos sistemas automatizados [2]. Paradoxalmente, o edifício concebido como eficiente energeticamente deveria ser fruto da integração entre os aspectos técnicos instalados e as estratégias inerentes à própria arquitetura.

Atualmente, a determinação de parâmetros ambientais converge para a discussão urgente sobre o consumo de energia elétrica. Conforme o *Energy Institute Statistical Review of World Energy* [3], a demanda global continua a desafiar as metas climáticas. No contexto brasileiro, de acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) [4], as altas temperaturas e a maior frequência de ondas de calor impulsionam a busca por climatização artificial. Projeta-se que, em 2036, a climatização poderá representar entre 13,7% e 17,9% do consumo residencial, sendo o Nordeste uma das regiões mais afetadas pelo aumento da demanda devido à tendência de secas prolongadas.

Nesse panorama, a relação entre eficiência energética e a envoltória da edificação é direta: paredes, coberturas e aberturas atuam como barreiras físicas que determinam a carga térmica interna. Uma envoltória bem projetada reduz a dependência de sistemas artificiais, resultando em menor custo operacional e maior sustentabilidade.

Em climas quentes e úmidos, a carga térmica para resfriamento é predominante e torna-se potencialmente elevada quando analisada em ambientes escolares devido à alta ocupação, tornando o COP um fator crítico. Sob essa perspectiva, investigações recentes em edificações escolares, avaliadas segundo os métodos estabelecidos pela Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C), demonstram que o detalhamento rigoroso dos parâmetros da envoltória pode reduzir a carga térmica total anual em até 38% em relação a modelos de referência, chegando a 72% de redução quando integradas estratégias passivas como a ventilação natural [5]. Sob esse aspecto, elevar os níveis mínimos de desempenho exigidos pelo Procel motivando a inovação tecnológica, contribui para minimizar o crescimento do consumo de eletricidade no setor de edificações.

Os materiais de construção tradicionalmente empregados no meio urbano apresentam uma elevada capacidade de retenção de energia térmica [6]. Nesse contexto, a envoltória da edificação funciona como um filtro dinâmico entre o

microclima exterior e o ambiente interno, sendo responsável por refletir e absorver a radiação solar incidente. A relevância estratégica dessa propriedade é evidenciada em pesquisas no litoral do Nordeste (ZB-8), as quais demonstram que intervenções simples na envoltória, como a redução da absortância térmica da cobertura e das paredes externas para favorecer a reflexão solar, são capazes de reduzir a carga térmica total da edificação em mais de 41%, apresentando-se como soluções altamente viáveis economicamente [7]. Consequentemente, torna-se um elemento de grande relevância para à eficiência energética das edificações.

Diante disso, objetivo do estudo é analisar o impacto do Coeficiente de Performance (COP) e de parâmetros da envoltória no consumo energético de uma edificação escolar situada em Maceió-AL.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi delineada a partir de um estudo de caso em uma edificação escolar existente, situada em Maceió-AL. O município localiza-se em baixa latitude (9° 39' S) está localizada na Zona Bioclimática 8 de acordo com a classificação da NBR 15.220 [8]. Apresenta temperatura média de 25,02 °C e umidade relativa atingindo os 82,52%. O clima é classificado como tropical quente e úmido (*As*), segundo Köppen-Geiger [9], caracterizado por alta radiação solar e baixa amplitude térmica.

Apresenta temperatura média de 25,02 °C e umidade relativa atingindo os 82,52%.

A simulação computacional é uma ferramenta consolidada para a predição do desempenho térmico e energético de edificações, permitindo a análise comparativa de estratégias projetuais sob condições controladas. O *software EnergyPlus*, desenvolvido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE), é amplamente reconhecido pela comunidade científica por atender aos rigorosos requisitos da norma ASHRAE 140 [10].

O *software* opera em regime dinâmico, processando balanços térmicos simultâneos, realizando a simulação para as 8.760 horas do ano. Sua capacidade de integração permite processar dados climáticos locais, ganhos de calor internos (ocupação, iluminação e equipamentos), trocas térmicas entre zonas e o desempenho de sistemas de climatização [9]. Segundo Lamberts, Dutra e Pereira [12], a precisão da simulação termoenergética reside na capacidade do algoritmo em resolver equações complexas de condução, convecção e radiação, fornecendo dados detalhados como temperaturas operativas, cargas térmicas e consumo energético final. Nesse sentido, utilizar a ferramenta foi essencial para quantificar a relação envoltória-sistema pretendida.

CARACTERIZAÇÃO DO CASO REAL E MODELAGEM

O objeto do estudo de caso é uma edificação escolar (Bloco D) de ensino superior com 4 pavimentos localizada no bairro da Mangabeiras em Maceió-AL. A geometria foi modelada no *software SketchUp Pro 2018*, utilizando o *plugin Euclid* (v. 0.9.2) para a tradução dos componentes em zonas térmicas compatíveis com o *software*. (Figura 1).

Figura 1: Edificação real modelada para o estudo de caso: Planta Baixa da Instituição com destaque para a edificação selecionada para o estudo (à esquerda, acima), foto da edificação (à direita acima) e modelagem no EnergyPlus (abaixo)



Fonte: a autora.

A envoltória real possui alvenaria de bloco cerâmico de 15cm e a cobertura por laje nervurada de concreto. As propriedades térmicas utilizadas para a modelagem do "Caso Real" foram calculadas segundo a NBR 15220-2 [8] e estão sintetizadas na Tabela 1.

Tabela1: Propriedades térmicas dos materiais

Componente	Descrição	U [W/(m2·K)]	CT [kJ/(m2·K)]	α ou FS
Parede externa	Bloco cerâmico revestido	2,48	156,2	0,30 a 0,70
Parede interna	Bloco cerâmico com argamassa	2,56	154,6	-
Cobertura	Laje nervurada com forro	1,18	9,45	0,30 a 0,70
Piso térreo	Cerâmica sobre concreto	3,35	7,81	-
Piso intermediário	Laje com camada de ar e forro	1,18	9,04	-
Aberturas	Vidro fumê 4mm.	5,80	-	FS = 0,58

Fonte: Calculados com base na NBR 15 220.

As propriedades térmicas dos componentes construtivos (Tabela 1) foram calculadas pelo método das resistências térmicas e somatório das capacidades térmicas das camadas, propriedades térmicas da envoltória, utilizando-se os parâmetros da NBR 15220-2 [8], vigentes à época do desenvolvimento da pesquisa base deste estudo (2020), cujos valores de absortância solar permaneceram como referência técnica para a região de Maceió-AL. Para os fechamentos opacos externos (paredes e coberturas), a absortância solar (α) alternou entre 0,30, 0,50 e 0,70. As aberturas foram modeladas com vidro fumê de 4mm, apresentando Fator Solar de 0,58 e transmitância visível de 0,55.

MATRIZ DE SIMULAÇÃO E CENÁRIOS

O delineamento dos cenários para a simulação do sistema ativo de climatização seguiu uma lógica de progressão tecnológica baseada no panorama real da edificação e nos referenciais normativos nacionais. Inicialmente, o Caso Real foi configurado a partir do monitoramento local, que identificou equipamentos com Coeficientes de Performance (COP) variando entre 2,65 W/W e 3,01 W/W. Para a modelagem de referência do Caso Real, adotou-se o limite superior mapeado, correspondente ao COP de 3,01 W/W.

A partir dessa base operacional, determinou-se a matriz de substituição tecnológica para avaliar o potencial de redução do consumo energético. O primeiro salto de eficiência considerou o patamar estabelecido pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) do INMETRO, adotando-se os valores de 3,50 W/W e 3,80 W/W, condizentes com os níveis mais elevados de eficiência energética (Selo "A") disponíveis no mercado nacional de expansão direta.

Por fim, com o objetivo de aprofundar a análise e investigar os limites potenciais de economia a partir de inovações tecnológicas de ponta, foi incorporado um cenário extremo com COP de 4,54 W/W. A adoção desse valor fundamentou-se nos estudos de desempenho anual de sistemas *Split* conduzidos por Rech [14] para as diferentes zonas bioclimáticas brasileiras. Dessa forma, a matriz de simulação consolidou-se em quatro níveis de eficiência mecânica (3,01; 3,50; 3,80 e 4,54 W/W), os quais foram cruzados com as variáveis de envoltória.

Para a definição dos parâmetros da envoltória, o Manual da INI-C [15] estabelece que a absortância solar adotada na avaliação do pré-requisito seja calculada a partir da média das absortâncias de cada segmento das paredes (ou da cobertura), ponderada pelas suas respectivas áreas. Desse modo, o valor utilizado para a absortância da fachada nesta pesquisa resultou do cálculo dessa média ponderada, totalizando $\alpha_{Fachadas}$=50,21. Para a cobertura, como trata-se apenas de um tipo de material (concreto), utilizou-se a absortância para cor de concreto, de acordo com a tabela disponível do Manual do RTQ-R [14]. Assim $\alpha_{cobertura}$=74,5. Segundo o INI-C [16], é obrigatório para Zonas Bioclimáticas 2 a 8 a utilização de materiais de revestimento externo de paredes com absortância solar baixa, α <0,50[1] do espectro solar.

Desse modo, a matriz de simulação para a variação do COP e da absortância, foi definida conforte a Tabela 2:

[1] O padrão atual para edificações eficientes busca valores de α ainda menores $\alpha \leq 0,40$ ou $\alpha < 0,50$.

Tabela 2: Valores adotado para as simulações termoenergéticas do COP e da absortância

COP	W/W	Absortância	$\alpha_{Fachadas}$	$\alpha_{cobertura}$[2]
1*	3,01	1*	50,21	74,5
2	3,5	2	79,9 (azul)	74,5
3	3,8	3	61,1 (cinza)	74,5
4	4,54	4	36,2 (branco gelo)	74,5
		5	15,8 (branco)	74,5

* Valores adotados na simulação do Caso real. Fonte: a autora.

SIMULAÇÃO TERMOENERGÉTICA – ESTUDO DE CASO

Para analisar as proposições demonstradas na Tabela 2, foi inicialmente simulado o modelo que mantém as características da edificação existente, o Caso Real. Foram mantidos dados referentes à orientação geográfica e características da envoltória para que posteriormente fossem aplicadas as intervenções de modo a investigar o impacto no percentual de variação no consumo energético.

A definição da temperatura de acionamento dos aparelhos condicionadores de ar da Instituição, seguia orientações do DIM- Departamento de Infraestrutura e Materiais, da Instituição em estudo, variando da seguinte maneira: no inverno, é utilizava-se a temperatura em 23 °C para o *setpoint* dos sistemas condicionadores de ar e no período de verão o valor era de 22 °C. Ainda segundo o Departamento, quando havia uma mudança de clima repentina, as temperaturas eram modificadas devido à alteração da temperatura externa, caso contrário, permaneceriam constantes durante todo o período de inverno ou verão. Por isso, para o Caso Real as temperaturas foram 23 °C para o inverno e 22 °C para o verão. Já para as simulações com base na investigação comparativa do impacto no consumo energético, a sugestão foi utilizar os valores contidos no intervalo de temperaturas medidas no local (21 °C a 28 °C) fixas durante todo o ano, e diante da afirmação que, em alguns casos, a instituição utilizava-se de dois valores para o *setpoint* durante o ano, o estudo investigou também essa variação com duas temperaturas anuais dentro do intervalo medido (21 °C e 22 °C; 22 °C e 23 °C; 23 °C e 24 °C; 24 °C e 25 °C; 25 °C e 26 °C; 26 °C e 27 °C; e 27 °C e 28 °C).

Portanto, foram simulados impactos das variáveis COP e absortância, diante de um cenário que varia temperaturas do *setpoint*, para analisar o impacto no consumo energético para o estudo de caso apresentado.

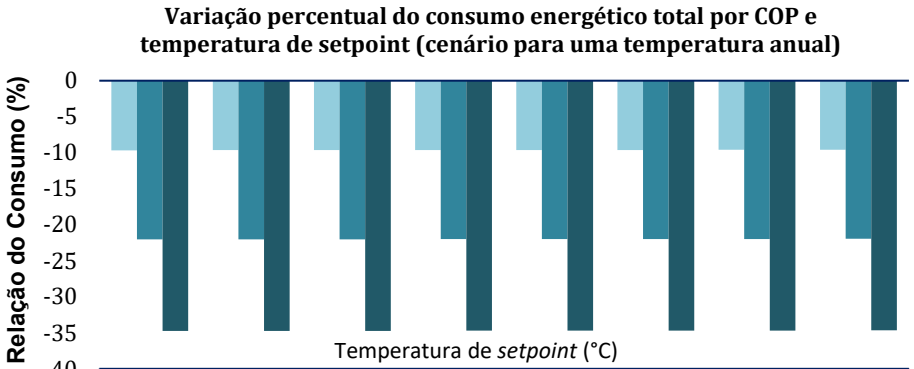
RESULTADOS E DISCUSSÕES

IMPACTO DO COP

Os gráficos da Figura 2 e 3, mostram que a troca por equipamentos mais eficientes (COP 4,54) apresentou uma redução média de 34% no consumo energético. E, mesmo considerando o uso de aparelhos com selo "A" (COP 3,8), já reduz o consumo em cerca de 22%.

[2] Valor dentro do intervalo também sugerido pela Tabela do Anexo B da NBR 15220-2 (concreto aparente $0,65 > \alpha < 0,80$.

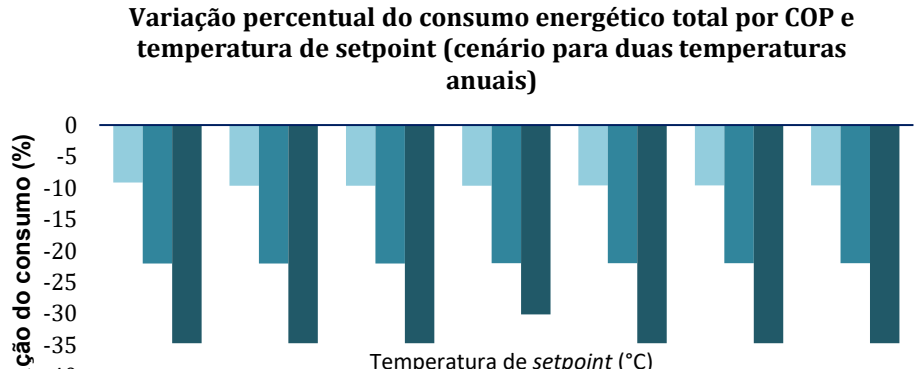
Figura 2: Impacto da variação do COP na redução do consumo energético anual para uma temperatura de *setpoint*.



	21°	22°	23°	24°	25°	26°	27°	28°
3,28	-9,66	-9,65	-9,65	-9,63	-9,62	-9,61	-9,60	-9,57
3,8	-22,02	-22,01	-22,01	-22,00	-21,99	-21,98	-21,97	-21,94
4,54	-34,73	-34,72	-34,72	-34,71	-34,70	-34,70	-34,69	-34,67

Variação percentual (%) em relação ao Caso Real (COP 3.01). Fonte: a autora.

Figura 3: Impacto da variação do COP na redução do consumo energético anual para duas temperaturas de *setpoint*



	21° e 22°	22° e 23°	23° e 24°	24° e 25°	25° e 26°	26° e 27°	27° e 28°
3,28	-9,14	-9,65	-9,65	-9,63	-9,62	-9,61	-9,59
3,8	-22,02	-22,01	-22,01	-22,00	-21,99	-21,98	-21,96
4,54	-34,73	-34,72	-34,72	-30,10	-34,70	-34,69	-34,68

Variação percentual (%) em relação ao Caso Real (COP 3.01). Fonte: a autora.

Observa-se que o comportamento da economia é praticamente linear entre as diferentes temperaturas de *setpoint* simuladas, com uma exceção no cenário de duas temperaturas anuais (Figura 3). No intervalo de 24 °C e 25 °C, a redução para o COP 4,54 foi de 30,10%, valor discretamente inferior à média de 34,7% observada nos demais intervalos. Esse comportamento sugere que, sob condições específicas de carga térmica e eficiência do sistema, a interação entre o *setpoint* e o desempenho do equipamento pode apresentar variações de sensibilidade, embora a tendência de alta economia permaneça clara.

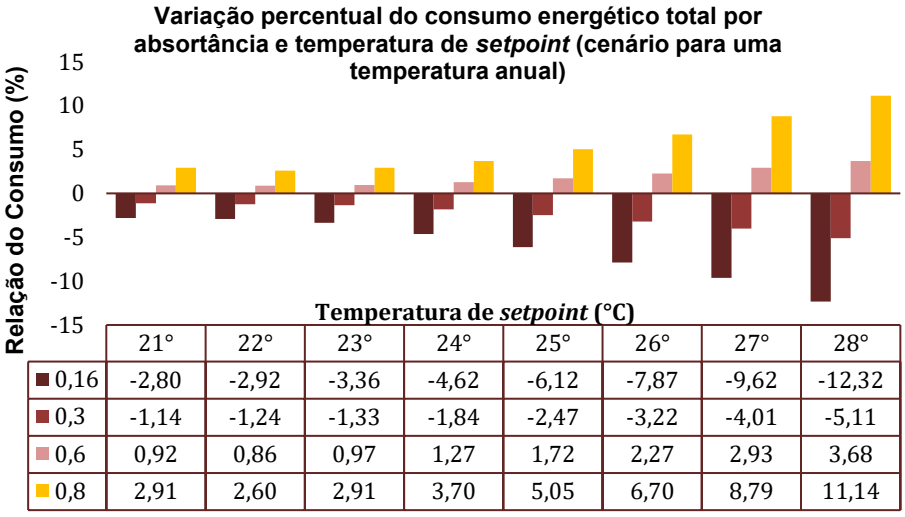
Quanto às temperaturas anuais, conclui-se que não houve variação expressiva no consumo de energia elétrica, além daquele percebido pelo uso de equipamentos mais eficientes. Isso reforça que, para o clima quente e úmido de Maceió, o investimento em tecnologia (maior COP) é uma estratégia mais determinante para a gestão energética do que a tentativa de controle operacional por meio do *setpoint*.

IMPACTO DA ENVOLTÓRIA (ABSORTÂNCIA)

Os dados utilizados para a análise na simulação da absortância foram apresentados na Tabela 2, selecionados com base nas cores presentes na fachada da edificação e mais três outras cores, totalizaram 5 simulações para este parâmetro.

Pelo gráfico da Figura 4, conclui-se que, para uma temperatura anual, nas cores mais escuras, os parâmetros indicam não somente que a aplicação delas na envoltória atua na maior absorção de calor, como também resultam em aumento no consumo de energia elétrica em torno de 1% a 11%. Este aumento é mais acentuado em *setpoints* elevados, onde a diferença entre a temperatura interna desejada e a temperatura superficial da parede (aquecida pela radiação) torna o sistema de climatização menos eficiente.

Figura 4: Impacto da variação da absortância na redução do consumo energético anual para uma temperatura de *setpoint*



	21°	22°	23°	24°	25°	26°	27°	28°
0,16	-2,80	-2,92	-3,36	-4,62	-6,12	-7,87	-9,62	-12,32
0,3	-1,14	-1,24	-1,33	-1,84	-2,47	-3,22	-4,01	-5,11
0,6	0,92	0,86	0,97	1,27	1,72	2,27	2,93	3,68
0,8	2,91	2,60	2,91	3,70	5,05	6,70	8,79	11,14

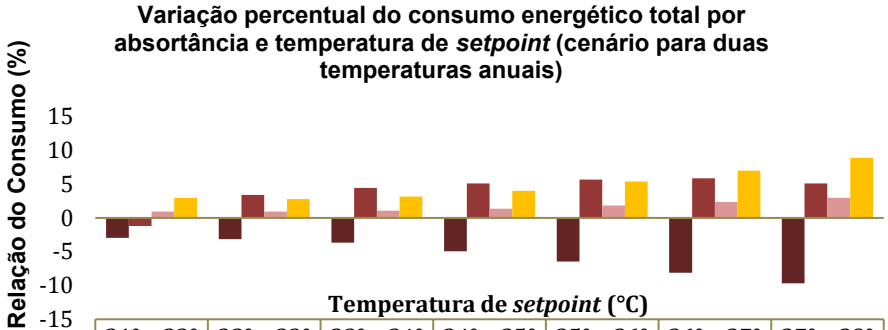
Fonte: a autora

Em contrapartida, para os tons mais claros, como o branco gelo e o branco, houve economia de energia elétrica com reduções de até 12,3%. Pode-se perceber também que quanto maior a temperatura de *setpoint* (ex: 28° C), maior é o benefício percentual das cores claras. Isso ocorre porque, em temperaturas de projeto mais altas, a envoltória de baixa absortância reduz as horas de acionamento do compressor.

Para duas temperaturas anuais (Figura 5), a economia se mantém mais expressiva em cores claras, alcançando reduções próximas a 10% no consumo total de energia elétrica. Estes dados corroboram as exigências do INI-C para a Zona Bioclimática de

Maceió, reforçando que o uso de cores com é uma estratégia passiva fundamental para mitigar o consumo energético em edificações escolares climatizadas.

Figura 5: Impacto da variação da absortância na redução do consumo energético anual para duas temperaturas de *setpoint*



	21° e 22°	22° e 23°	23° e 24°	24° e 25°	25° e 26°	26° e 27°	27° e 28°
0,16	-2,95	-3,14	-3,67	-4,94	-6,45	-8,09	-9,68
0,3	-1,21	3,39	4,45	5,11	5,66	5,86	5,09
0,6	0,95	0,93	1,05	1,36	1,83	2,36	2,96
0,8	2,96	2,79	3,15	3,99	5,38	7,00	8,90

Fonte: a autora

CONCLUSÕES

O presente estudo permitiu quantificar o impacto de estratégias passivas (envoltória) e ativas (eficiência de sistemas) no consumo energético de uma edificação escolar no clima quente e úmido de Maceió-AL. A partir dos resultados obtidos, conclui-se que:

A substituição de equipamentos obsoletos por modelos de alta eficiência (COP 4,54) proporcionou uma economia superior a 34%, independentemente do regime de temperatura adotado. Esse resultado reforça a importância das novas métricas de rotulagem do Inmetro (2026) como indutoras de eficiência no parque edificado.

Embora com impacto menor que o sistema mecânico, o uso de cores claras (baixa absortância) gerou reduções de até 12%. Por outro lado, cores escuras podem elevar o consumo em até 11%, evidenciando que uma escolha estética inadequada pode anular ganhos de eficiência obtidos em outras áreas.

Quanto à variação do *setpoint* operacional, não se constatou diferença expressiva no consumo quando comparada ao impacto da eficiência do equipamento. No entanto, observou-se que as cores claras potencializam a economia em temperaturas de operação mais elevadas (26 °C a 28 °C).

Conclui-se, portanto, que para edificações escolares em Maceió, a prioridade de intervenção deve focar na atualização tecnológica dos sistemas de climatização, sendo a manutenção da envoltória com cores claras a estratégia passiva mais eficaz para garantir que o consumo energético permaneça em níveis otimizados. Para trabalhos

futuros, sugere-se a análise da viabilidade econômica dessas substituições, considerando o tempo de retorno do investimento frente às tarifas locais de energia.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Grupo de Pesquisas em Conforto Ambiental (GECA), aos professores do PPGAU/FAU/UFAL, bem como aos professores, funcionários e à Reitoria (à época) do Centro Universitário Tiradentes, pelo suporte, disponibilidade e contribuição para a realização deste trabalho. Um agradecimento especial ao Prof. Dr. Leonardo Bittencourt pelo apoio, orientação e valiosos ensinamentos prestados ao longo da pesquisa.

DECLARAÇÃO

Os autores declaram que não utilizaram IA generativa nem tecnologias assistidas por IA no processo de preparação do manuscrito.

REFERÊNCIAS

[1] SOUSA, M. C. B. de; LEDER, S. M. **Reflexões sobre terminologias utilizadas para definir o conforto térmico humano**. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, v. 10, p. e019028, 2019.

[2] FERNANDES, J. T. **Código de obras e edificações do DF**: inserção de conceitos bioclimáticos, conforto térmico e eficiência energética. 2009. 150 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

[3] ENERGY INSTITUTE. **Statistical Review of World Energy 2025**. 74. ed. Londres: Energy Institute, 2025. Disponível em: https://www.energyinst.org/statistical-review. Acesso em: 4 maio 2026.

[4] EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Balanço Energético Nacional 2025: Relatório Síntese - ano base 2024. Brasília, DF: EPE, 2025. Disponível em: https://www.epe.gov.br. Acesso em: 4 maio 2026.

[5] BONISEM, M. M.; SILVA, S. V. O.; CÓ, M. A.; MUNIZ, P. R. **Avaliação da eficiência energética de um edifício escolar por meio de simulação no método Procel INI-C**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ENTAC), 20., 2024, Porto Alegre. *Anais [...].* Porto Alegre: ANTAC, 2024.

[6] OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. 2. ed. Londres: Routledge, 1987.

[7] MARTINS, Fernanda Gonçalves. **Avaliação da eficiência energética e aplicação de medidas de eficiência energética em edificações comerciais, de serviços e públicas**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.

[8] 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: ABNT, 2005.

[9] ALVARES, C. A. *et al*. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

[10] U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. **EnergyPlus Engineering Reference**: the reference for EnergyPlus calculations. Washington, DC: DOE, 2023. Disponível em: https://energyplus.net/documentation. Acesso em: 27 abr. 2026.

[11] PEREIRA, F. O. R. *et al*. **Manual de simulação computacional de edifícios naturalmente ventilados no programa EnergyPlus – versão 8.0**. Florianópolis: LabEEE, 2015. Disponível em: http://www.labeee.ufsc.br. Acesso em: 10 jan. 2019.

[12] LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência energética na arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

[13] BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). **Nova etiqueta do Inmetro para refrigeradores entra em vigor a partir de 1º de Janeiro de 2026**. Rio de Janeiro: INMETRO, 2025. Disponível em: https://www.gov.br/inmetro. Acesso em: 1 maio 2026.

[14] RECH, L. D. **Análise do COP anual de condicionadores de ar tipo Split fixo e inverter nas diferentes zonas bioclimáticas brasileiras**. 2018. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2018.

[15] BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (INI-C)**. Rio de Janeiro: INMETRO, 2012.

[16] BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R)**. Rio de Janeiro: INMETRO, 2013.