



XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído

XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído

JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

INFLUÊNCIA DA COBERTURA E DA ORIENTAÇÃO NO DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA CRECHE DO PROGRAMA PROINFÂNCIA EM CLIMA QUENTE E ÚMIDO

Mayna Lais Tenório de Araújo (1); Veridiana Atanasio Scalco (2); Juliana Oliveira Batista (3)

(1) Mestranda em Arquitetura e Urbanismo, Arquiteta e Urbanista, mayna.araujo@fau.ufal.br, Universidade Federal de Alagoas, Av. Lourival Melo Mota, s/n, CEP:57072-900, Maceió – AL, (82)996025626

(2) Doutora em Engenharia Civil, Arquiteta e Urbanista, veridi@gmail.com, Universidade Federal de Santa Catarina, PósARQ/CTC, CEP 88040-900 Florianópolis/SC, (48) 98813-9282

(3) Doutora em Engenharia Civil, Arquiteta e Urbanista, juliana.batista@fau.ufal.br, Universidade Federal de Alagoas, Av. Lourival Melo Mota, s/n, CEP:57072-900, Maceió – AL, (82) 999829534

RESUMO

Projetos padrão são frequentemente utilizados em obras públicas devido à racionalização na construção. No âmbito da educação destaca-se o programa Proinfância, que preconiza projetos padrão de Centros Municipais de Educação Infantil (CMEI) para o Brasil. Entretanto, o desempenho térmico desses projetos pode ser prejudicado, visto que, questões como implantação do projeto não podem ser previstas frente a possibilidade de implantação em diferentes contextos climáticos do país. Assim, o artigo busca avaliar a influência de diferentes orientações e coberturas sobre o desempenho térmico de um CMEI tipo B do programa Proinfância em Maceió-AL. Para tal, foram feitas a caracterização do objeto de estudo; a definição de um modelo computacional representativo do CMEI, com o programa EnergyPlus; análises do ganho de calor por superfícies; simulações em oito orientações de implantação e testes com diferentes coberturas. Os resultados indicaram o maior ganho de calor pela cobertura, atingindo os 180 W/m², das 7h às 16h. Observou-se que não houve variação significativa no desempenho térmico das salas ao variar as orientações, onde todas as salas apresentaram percentuais anuais de desconforto de aproximadamente 38% (600°ChR). As coberturas avaliadas resultaram em reduções de aproximadamente 50% no desconforto em relação ao modelo real (cobertura escura sem isolamento), sendo a cobertura clara a mais viável. Com os resultados é possível realizar adaptações no projeto que potencializem as atividades desenvolvidas nos ambientes e favoreçam o processo de aprendizagem das crianças, por meio da obtenção de conforto térmico.

Palavras-chave: Desempenho Térmico, Simulação Computacional, Projeto Padrão.

ABSTRACT

Standard projects are often used in public works due to rationalization in construction. In the education's area, the Proinfância Program stands out, which advocates standard projects of the Municipal Center for Early Childhood Education (CMEI) for Brazil. However, the thermal performance of these projects can be impaired, since issues such as project implementation can not be predicted against the possibility of implementation in different climatic contexts of the country. Thus, the article seeks to evaluate the influence of different orientations and coverage on the thermal performance of a CMEI type B of the Proinfância program in Maceió-AL. The development of this research involved: the definition of a computational model representative of the CMEI and simulation with EnergyPlus Program; surface heat gain analysis; simulations in eight implementation guidelines and tests with different coverage. The results indicated the highest heat gain from the coverage, reaching 180 W/m², from 7 am to 4 pm. It was observed that there was no significant variation in the thermal performance of the rooms when the guidelines varied, where all rooms presented annual percentages of discomfort of approximately 38% (600 ° ChR). The coverages evaluated resulted in reductions of approximately 50% in discomfort compared to the real model (dark coverage without insulation), with clear coverage being the most feasible. With the results it is possible to make adaptations in the project that potentialize the activities developed in the environments, and favor the learning process of the children through the achievement of thermal comfort.

Keywords: Thermal Performance, Computational Simulation, Standard Design.

1. INTRODUÇÃO

Projetos padrão são frequentemente utilizados em obras públicas devido à racionalização e celeridade na construção. Entretanto, questões como implantação da edificação não podem ser previstas na etapa projetual, visto que tais projetos são construídos em série em diferentes contextos climáticos do país. No âmbito educacional destaca-se o Programa Nacional de Reestruturação e Aquisição de Equipamentos para a Rede Escolar Pública de Educação Infantil (Proinfância). O Programa preconiza projetos padrão de Centros Municipais de Educação Infantil (CMEI), para diferentes demandas municipais. Dentre as tipologias disponíveis, destaca-se o tipo B, que tem capacidade para 224 crianças e é o mais recorrente no Brasil.

Diversos estudos abordam a influência que condições de conforto térmico em edificações escolares exercem sobre o desempenho dos alunos e destacam que o processo de aprendizagem pode ser afetado significativamente quando o ambiente de ensino é projetado com má qualidade (MENDELL; HEATH, 2005, JIANG et al., 2018, KALAMEES et al., 2015, KOWALTOWSKI, 2011, GIULI; POS; CARLI, 2012, VILCEKOVA et al., 2017). Nesse aspecto é importante adaptar os projetos aos contextos climáticos em que serão inseridos.

Dentre os parâmetros que influenciam no projeto passivo, a orientação pode ser um dos mais importantes e mais estudados (MORRISSEY; MOORE; HORNE, 2011). Por isso, a primeira medida a ser tomada durante a concepção projetual é a definição da orientação, que é capaz de reduzir o ganho de calor pelas aberturas e paredes ao mesmo tempo em que proporciona a ventilação natural adequada.

Diversos estudos afirmam que em países com clima quente a ventilação e a radiação solar exercem grande influência no desempenho térmico de edificações, principalmente das não condicionadas artificialmente (AKUTSU; VITTORINO, 1997; PEREIRA, 2009; CORBELLA; YANNAS, 2003).

A alta incidência de radiação solar também desperta atenção para a composição dos telhados das edificações, pois estes são a parte crítica da envoltória, altamente suscetíveis à radiação solar, sendo indicado o uso de isolamentos térmicos para diminuir o ganho de calor solar pela cobertura. Sugere-se ainda a pintura da superfície externa do telhado na cor branca, cobertura com vegetação para fornecer umidade e sombra, ou usar materiais com alta capacidade térmica para minimizar o ganho de calor solar (SADINENI; MADALA; BOEHM, 2011, MIRRAHIMI et al., 2016, CHENG; NG; GIVONI, 2005).

Dentre os estados brasileiros que recebem investimentos do programa Proinfância, o estado de Alagoas, localizado na região nordeste, se destaca por apresentar deficiência no setor educacional, com o menor IDH-M¹ (0,631), bem como o menor IDH-M Educação (0,520) do Brasil (PNUD, 2018). Por isso, um CMEI na cidade de Maceió foi escolhido para análise.

É importante mencionar que de acordo com a NBR 15220 (ABNT, 2005), o estado de Alagoas está inserido na Zona Bioclimática 08, com clima quente e úmido e altos índices de radiação solar ao longo do ano, o que pode gerar longos períodos em desconforto nas edificações. Dessa forma, é importante avaliar a influência de diferentes orientações e composições de telhados sobre o desempenho das salas de aula desses projetos.

2. OBJETIVO

O objetivo do artigo é avaliar, por meio de simulações computacionais, a influência de diferentes orientações e coberturas sobre o desempenho térmico de um CMEI, tipo B, do programa Proinfância, em Maceió-AL.

3. MÉTODO

O método deste trabalho está dividido em três etapas principais: 1) Caracterização do objeto de estudo; 2) Definição de um modelo computacional representativo do CMEI, utilizando o programa EnergyPlus 3) Alternativas simuladas; 4) Análises dos resultados.

3.1. Caracterização do objeto de estudo

3.1.1. O contexto climático

Localizada na região nordeste do Brasil, Maceió é a capital do estado de Alagoas e faz parte da mesorregião do leste alagoano, com latitude -9°67', longitude -35°74' e altitudes que variam entre 7 e 300 metros. Possui área territorial de 509,552 km² e uma população estimada, em 2017, de 1.029.129 habitantes (IBGE, 2018).

¹ O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) é uma medida composta de indicadores de três dimensões do desenvolvimento humano: longevidade, educação e renda. O índice varia de 0 a 1. Quanto mais próximo de 1, maior o desenvolvimento humano (PNUD, 2018).

A cidade de Maceió apresenta temperatura média anual de 25,5°C, com média mensal máxima de 26,8°C em março e média mensal mínima de 23,7°C no mês de agosto. A umidade relativa média atinge 86,51% no mês de maio e a mínima de 72,77% no mês de novembro, com média anual de 78,8%. Em razão da sua proximidade com a linha do equador, Maceió recebe radiação solar intensa na maior parte do ano, com período de insolação das 6h às 18h, reforçando a necessidade de sombreamento nas edificações. A radiação média mensal atinge os 284 Wh/m² no mês de novembro. A ventilação é proveniente do quadrante Leste, com maior frequência de ocorrência da orientação Leste, seguida da Sudeste e Nordeste (Figura 1 e Figura 2).



Figura 1- Médias mensais de temperaturas do ar e umidade relativa do ar em Maceió (INMET,2016).

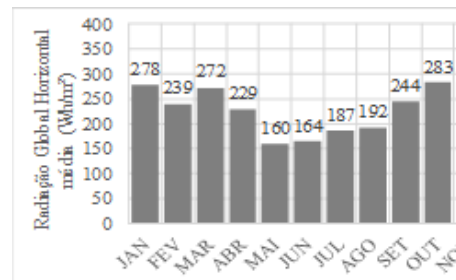


Figura 2- Médias mensais de Radiação Global Horizontal ao longo do ano em Maceió/AL (INMET, 2016).

3.1.2. A edificação de análise

A edificação escolhida para análise consiste em um Centro Municipal de Educação Infantil – CMEI, do tipo B do programa Proinfância, localizada na cidade de Maceió-AL, no bairro Benedito Bentes. A tipologia B foi escolhida por ser a mais recorrente em Alagoas². Optou-se pelo contexto climático de Maceió, por se tratar de um clima quente e úmido que pode oferecer desconforto em edificações naturalmente ventiladas, como é o caso da edificação de análise (Figura 3-A e Figura 3-B).



Figura 3 – (A) Localização do objeto de estudo. Fonte: Google Maps adaptado pela autora, 2019; (B) Foto do CMEI Rodrigues Alves (AUTORA, 2019).

A setorização é definida de acordo com os conjuntos funcionais, sendo composta por cinco blocos distintos: administrativo, serviços, multiuso e dois blocos pedagógicos, todos interligados por uma circulação e um pátio coberto (Figura 4). O sistema construtivo adotado no projeto é composto por estrutura de concreto armado, com paredes em alvenaria de tijolo de 6 furos, laje pré-moldada e telhas de cerâmica do tipo colonial.

² De acordo com o mecanismo de busca do Ministério do Planejamento, das 22 creches concluídas no estado de Alagoas, 17 são tipo B. A consulta pode ser realizada através do link: <<http://www.pac.gov.br/infraestrutura-social-e-urbana/creches-e-pre-escolas/al>>. Acesso em: 10 jun. 2018.



Figura 4 – Planta baixa do CMEI com setorização e localização das salas avaliadas (AUTORA, 2018).

3.2. Definição do modelo computacional

O modelo foi elaborado no *software* Sketchup, com o *plugin* Euclid (versão 9.0). As simulações computacionais foram efetuadas com o *software* EnergyPlus v.8.8 (DOE, 2018) e com arquivos climáticos .EPW, compilados por Roriz (2012). Por se tratarem de ambientes de permanência prolongada, quatro salas de aula do setor pedagógico foram escolhidas para as análises, essas são demarcadas na cor preta e enumeradas, na figura 4. Os demais setores foram modelados como objetos de sombreamento, por não serem ambientes anexos às salas de aula escolhidas para análise, não exercendo grande influência sobre as cargas térmicas dos ambientes avaliados (Figura 5).

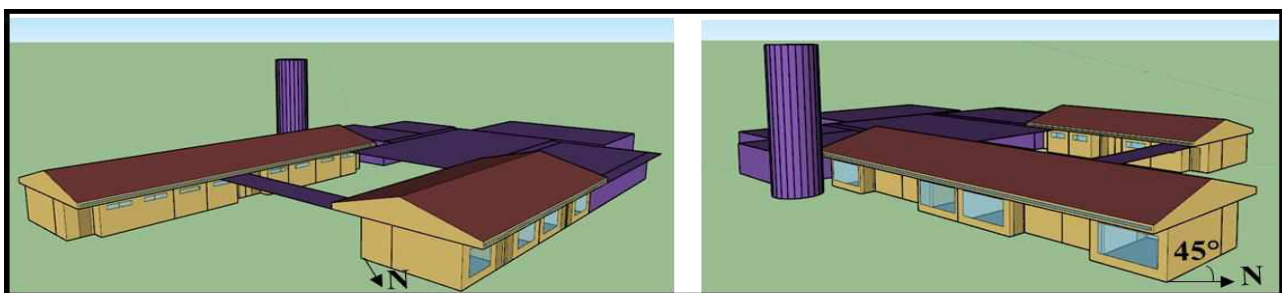


Figura 5 – Modelo computacional da edificação de análise (AUTORA, 2018).

O entorno da edificação foi definido como terreno de subúrbio, caracterizado pela presença de árvores e espaçamento entre obstruções do tamanho ou maiores do que casas unifamiliares.

As propriedades térmicas dos componentes construtivos que compõem a edificação podem ser observadas na Tabela 01. As paredes apresentam transmitância térmica de $2,39 \text{ W/m}^2\text{K}$ e a cobertura $2,02 \text{ W/m}^2\text{K}$. Os valores foram obtidos em Weber et al (2017). Utilizou-se absorvância de 0,2 nas paredes externas, conforme indicado na NBR 15220 (ABNT, 2005) para pinturas claras.

As aberturas (portas e janelas) foram modeladas e dimensionadas de acordo com o projeto padrão do FNDE, sendo ajustadas conforme a situação real observada *in loco* na edificação de análise.

Na modelagem das trocas de calor entre a edificação e o solo, utilizou-se o objeto *Site: Ground Domain*, que faz parte da classe de objetos *Site: Ground Temperature*. Ele utiliza um modelo de diferenças finitas implícito para gerar as temperaturas do solo (EERE, 2016).

A ventilação natural foi configurada por meio do objeto *AirflowNetwork*, que de acordo com Gu (2007) permite simular fluxos de ar pela ação dos ventos em múltiplas zonas, através de um modelo de redes onde “nós” são vinculados por percursos de fluxo de ar que atuam pela diferença de pressão. Através do objeto *MultiZone: Component: DetailedOpening* é possível especificar as características e propriedades do fluxo de ar para cada abertura. Adotou-se o coeficiente de descarga padrão do EnergyPlus (0,6) para todas as aberturas.

Para o cálculo dos coeficientes de pressão (C_p) do vento nas superfícies, foi aplicada a equação de Swami e Chandra (1988), utilizada pelo EnergyPlus para edifícios cuja altura é menor que três vezes o menor lado de sua base. Vale ressaltar que esse método é simplificado e apresenta algumas limitações como: aplicabilidade restrita a edificações retangulares, não considera os diferentes padrões de rugosidade do entorno e calcula os C_p médios das superfícies.

Tabela 1– Propriedades térmicas dos componentes construtivos utilizados na simulação computacional.

	Tipologia	Elemento construtivo	Condutividade térmica (W/m K)	Densidade de massa aparente (kg/m ³)	Calor Específico (J/kg K)	Transmitância térmica total (W/m ² K)	
Envoltoória	Parede de tijolo cerâmico 6 furos	Argamassa externa (2,5cm)	1,15	2000	1000	2,39	
		Cerâmica (1,34cm)	0,9	1600	920		
		Câmara de ar (6,32cm)	resistência térmica = 0,175 M ² -k/W				
		Cerâmica (1,34cm)	0,9	1600	920		
		Argamassa interna (2,5cm)	1,15	2000	1000		
	Piso	Concreto (9,85 cm)	1,75	2200	1000	3,44	
		Contra piso (2 cm)	1,15	2300	1000		
		Piso Cerâmico (0,75cm)	1,05	2000	920		
	Cobertura	Telha cerâmica (0,01 cm)	1,05	2000	920	2,05	
		câmara de ar >5,0cm	resistência térmica = 0,175 M ² -k/W				
		Argamassa interna (2,5cm)	1,15	2000	1000		
		concreto maciço (10 cm)	1,15	2200	1000		
			Argamassa interna (2,5cm)	1,15	2000	1000	

O padrão anual de funcionamento foi definido de acordo com o ano letivo de escolas de ensino infantil, sendo 200 dias letivos, com 30 dias de recesso em janeiro e 15 dias em julho. Com base em entrevistas realizadas com a administração do CMEI, o período de ocupação foi definido das 7:30 às 11:30 e das 13:00 às 17:00 durante a semana. Durante esse período a iluminação é mantida ligada e todas as portas e janelas externas abertas.

As salas são ocupadas por vinte e duas pessoas, sendo vinte alunos, um professor e um auxiliar de classe. Foi feita uma estimativa da taxa metabólica das crianças com base na correção da área corporal de um adulto (Equação 01). Dessa forma, adotou-se a atividade de um adulto escrevendo 1,2 Met (60 W/m²) para efetuar a correção e obteve-se o valor de 2,55 met (148,41 W/m²) para as crianças.

$$M_{criança} = 1,2 \times \frac{ADu_{adulto}}{ADu_{criança}}$$

Equação 01

Onde:

1,2 é a taxa metabólica de um adulto em atividade sedentária, de acordo com a ISSO 7730.

ADu adulto= Área de superfície corporal DuBois, assumindo 1,7m² para um adulto.ADu crianças= Área de superfície corporal DuBois para crianças menores que 6 anos (0,8m²)

3.3. Alternativas simuladas

Inicialmente foi feita uma análise do fluxo de calor por superfícies a fim de identificar onde acontece o maior ganho de calor. Para isso, a sala 2, que possui três fachadas voltadas para o exterior foi simulada na implantação real do CMEI (janela da sala de atividades voltada para noroeste). Para tal, utilizou-se a variável de saída do EnergyPlus: *Surface Average Face Conduction Heat Transfer Rate per Area (W/m²)*.

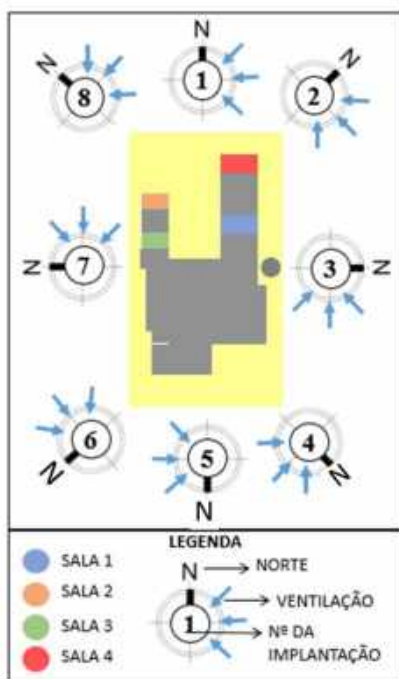


Figura 6 – Identificação das Salas com as orientações de implantação simuladas.

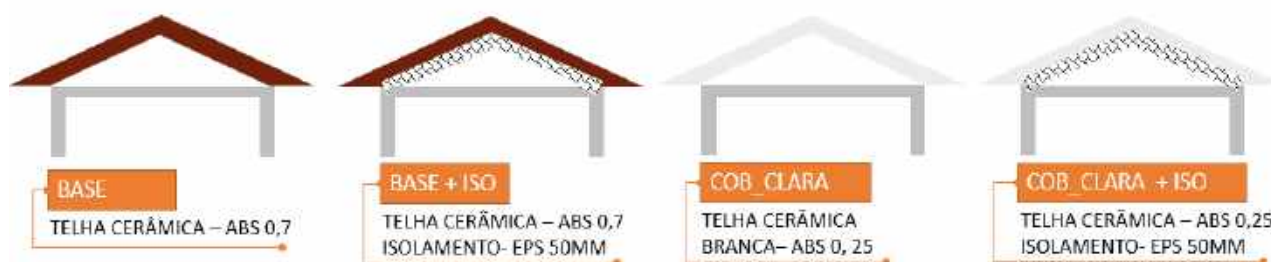


Figura 7 – Modelo BASE e modelos simulados com adaptações nos telhados.

Para análise dos resultados foi utilizado o modelo adaptativo que é aplicável à edificações naturalmente ventiladas. Considerou-se o limite de aceitabilidade de 80% para conforto, estabelecido pela ASHRAE Standard 55 (2013). Os parâmetros de análise foram o percentual de horas ocupadas em desconforto, somatório de graus-hora em desconforto e o grau-hora médio.

4. RESULTADOS

Nas análises de transferência de calor por superfície, evidenciou-se que o maior ganho de calor acontece pelas superfícies referentes às duas águas do telhado. Os valores positivos indicam que o fluxo de calor é transferido em direção à superfície, já os negativos indicam o oposto. Na figura 8 é possível observar que das 7h da manhã até as 16h, o ganho de calor pela cobertura atinge os 180 W/m², já durante a noite, quando não há radiação solar incidente, o telhado é a superfície por onde ocorre a maior perda de calor, em relação as demais superfícies de parede e laje, com -25 W/m². As demais superfícies apresentam comportamento semelhante, com destaque para as paredes 1, 6, 7 9 e 10 que recebem insolação direta pela manhã e por isso apresentam maiores ganhos nesse período, com até 25W/m² na parede 6. Destaca-se que o piso é a superfície onde ocorrem os menores ganhos de calor, apresentando valores negativos maior parte do dia.

Ao analisar as diferentes orientações observou-se que não houve variação significativa no desempenho térmico das salas. Em todas as orientações foram observados percentuais anuais de desconforto de aproximadamente 38%, com somatórios de graus-hora de resfriamento de aproximadamente 600°ChR. Isto indica que a cada hora em desconforto nas salas seriam acrescidos, em média, 0,5°C à temperatura limite superior de conforto (Figura 8).

As orientações 4, 5 e 6 evidenciaram maior intensidade de desconforto nas salas de aula 1 e 4, pois nessas implantações as aberturas das salas são voltadas para o poente. Destaca-se que na orientação 5 as

salas 1 e 4 ultrapassam os 600°ChR, sendo esta a orientação com pior desempenho, ainda que tenha apresentados resultados semelhantes às demais.

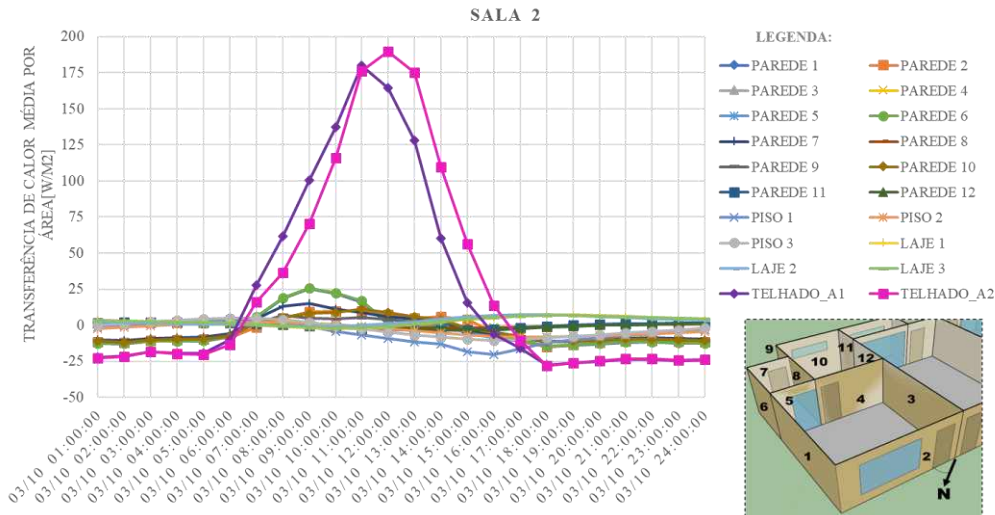


Figura 8 – Estudo do Fluxo de calor por superfícies da sala de aula 2.

Em seguida, o uso do isolamento térmico na cobertura buscou evidenciar possíveis variações no desempenho térmico, ocasionadas pelo ganho de calor pelas paredes. As oito implantações foram simuladas e observou-se que com o isolamento, o percentual de desconforto foi reduzido pela metade, assim como o somatório de graus-hora de resfriamento, que foi reduzido, em média, em 50% em todos os casos simulados. Tal fato resultou em acréscimo de, em média, 0,4°Ch a cada hora em desconforto. Entretanto, verificou-se comportamento semelhante entre as salas de aula em todas as orientações, assim como nas simulações sem isolamento. Apesar do grau-hora médio ter reduzido, a orientação 5 se manteve como a de pior desempenho (Figura 9).

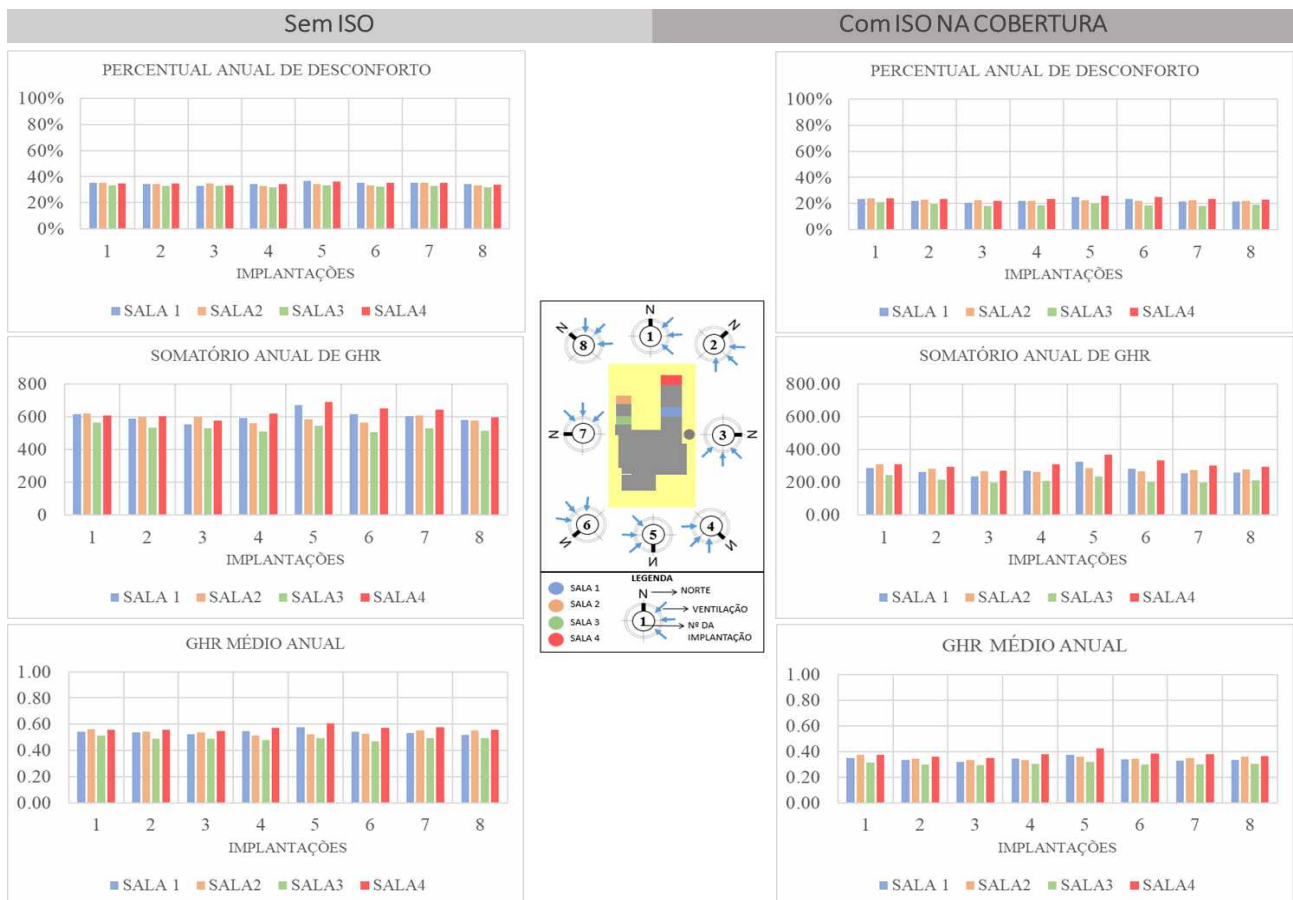


Figura 9 – Percentuais anuais de horas em desconforto, Somatório anual de graus-hora e graus-hora médio para todas as salas em oito orientações de implantação, sem isolamento na cobertura e com isolamento.

Ao constatar que a orientação de implantação não iria interferir de forma significativa no conforto térmico dos ocupantes das salas, buscou-se potencializar o desempenho dessas salas com alterações na cobertura. Observou-se que os três modelos testados resultaram em reduções de aproximadamente 50% no desconforto, em relação ao modelo real. A mudança na cor da cobertura e no uso de isolamento térmico junto às telhas resultou em aproximadamente 20% das horas ocupadas, nas quatro salas, em desconforto por calor (Figura 10 e Figura 11).

Nos três modelos avaliados, a sala 4 apresentou o pior desempenho, sendo acrescidos, em média, 0,4°C a cada hora em desconforto, em todos os modelos adaptados. A sala 3 foi a que apresentou o melhor desempenho, com acréscimo de, em média, 0,3°C a cada hora ocupada em desconforto (Figura 12).

Destaca-se que a pintura do telhado na cor branca (absortância de 0,3) causou o mesmo efeito que a adição de lã de vidro à um telhado escuro (absortância de 0,7). Percentuais de desconforto semelhantes foram observados no modelo em que a cor clara foi associada ao isolamento, entretanto nesse modelo houve um aumento inferior a 2 pontos percentuais no desconforto, em relação ao modelo com cor clara sem isolamento. Tal fato reforça o que foi observado no modelo COB_CLARA, onde há a redução do ganho de calor desde a superfície do telhado, que reflete parte da radiação solar incidente. Por isso o isolamento térmico atua como uma barreira secundária nesse caso e, a depender da situação, poderia impedir a perda de calor pela cobertura nos períodos mais quentes, gerando ainda mais desconforto no ambiente.

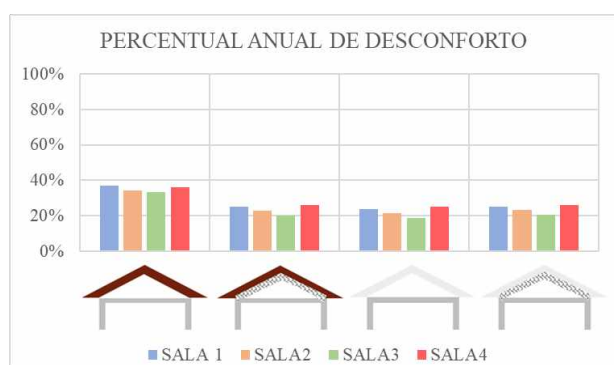


Figura 10 – Percentuais anuais de horas em desconforto, nas quatro salas, para os quatro modelos.

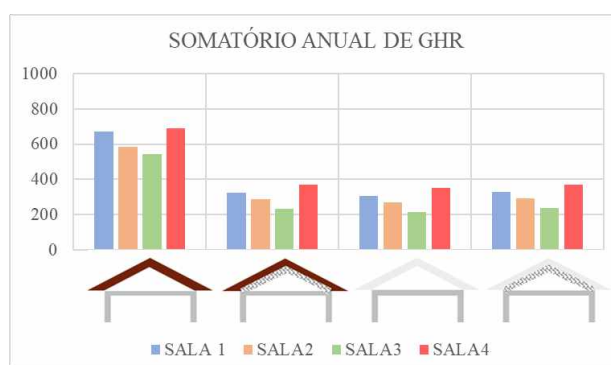


Figura 11 – Somatório anual de graus-hora em desconforto, nas quatro salas, para os quatro modelos.

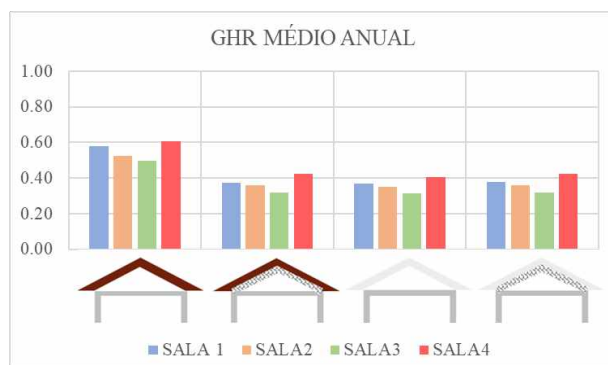


Figura 12 – Graus-hora médio, nas quatro salas, para os quatro modelos.

5. CONCLUSÕES

Os resultados das simulações indicaram que o ganho de calor pela cobertura é seis vezes maior que pelas paredes, laje e piso. Tal resultado evidencia a necessidade de alterações na composição da cobertura para que ocorra a redução no ganho de calor por essa superfície.

As diferentes implantações da edificação não exerceram influência significativa no desempenho térmico das salas de aula, principalmente por se tratar de uma edificação térrea onde o maior ganho de calor acontece pela cobertura. Mesmo com a adição de isolamento térmico na cobertura, não houve variação no desempenho térmico das salas, nas oito orientações avaliadas. Entretanto, quando comparados aos casos simulados sem isolamento na cobertura, tal incremento reduziu os percentuais de horas ocupadas em desconforto e a intensidade do desconforto pela metade, nas quatro salas, em relação aos casos sem isolamento.

O uso de coberturas com cores claras, coberturas escuras com isolamento e coberturas claras com isolamento proporcionaram reduções de aproximadamente 50% no desconforto em relação ao modelo real. Tais alterações no telhado resultaram em aproximadamente 20% das horas ocupadas, nas quatro salas, em desconforto por calor.

O modelo COB_CLARA se mostrou o mais adequado para o presente estudo, visto que a pintura na cor clara se apresenta como uma medida viável financeiramente e de fácil execução, em relação ao uso da lâ de vidro. Destaca-se também que frente a grande escala do programa Proinfância, seria uma alteração projetual que não ocasionaria em impactos ao projeto arquitetônico e ao mesmo tempo potencializaria o conforto térmico nesses ambientes de aprendizagem. Além disso, é importante ressaltar que outras estratégias associadas a pinturas claras poderiam reduzir ainda mais os percentuais de desconforto, como por exemplo a ventilação noturna ou o uso de ventiladores de teto, que contribuiriam para o resfriamento interno das salas de aula

Considerando os fatos citados, o presente estudo contribui com a melhoria do ambiente de ensino nessas edificações padronizadas ventiladas naturalmente, à medida que comprova que a orientação de implantação não impacta em diferenças significativas quanto ao desempenho térmico das salas de aula considerando o conforto adaptativo. Além disso, ao indicar o desempenho de diferentes coberturas é possível realizar adaptações no projeto que potencializem as atividades desenvolvidas nesses espaços, e favoreçam o processo de aprendizagem das crianças por meio da obtenção de conforto térmico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKUTSU, M.; VITTORINO, F. A Tendência Atual dos Métodos de Avaliação do Desempenho Térmico e Energético de Edificações. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., 1997, Salvador. **Anais...** Salvador: ANTAC, 1997. p. 147-151.
- ASHRAE – AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **Standard 55** – Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta, Georgia: ASHRAE, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005b.
- CHENG, V.; NG, E.; GIVONI, B. Effect of envelope colour and thermal mass on indoor temperatures in hot humid climate. **Solar Energy**, v. 78, n. 4, p. 528–534, 1 abr. 2005.
- CORBELLA, O; YANNAS, S. **Em Busca de uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos: Conforto Térmico**. Rio de Janeiro: Revan, 2003.
- GIULI, V.; POS, O.; CARLI, M.. Indoor environmental quality and pupil perception in Italian primary schools. **Building And Environment**, [s.l.], v. 56, p.335-345, out. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.03.024>.
- JIANG, J. et al. A study on pupils' learning performance and thermal comfort of primary schools in China. **Building and Environment**, v. 134, p. 102–113, 15 abr. 2018.
- KALAMEES, T. et al. Simulated Influence of Indoor Climate and Ventilation on Schoolwork Performance in Estonian Manor Schools. **International Journal Of Ventilation**, [s.l.], v. 14, n. 2, p.153-164, set. 2015. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/14733315.2015.11684077>.
- KOWALTOWSKI, D. C. K. **Arquitetura escolar: o projeto do ambiente de ensino**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- MENDELL, M. J.; HEATH, G. A.. Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature. **Indoor Air**, [s.l.], v. 15, n. 1, p.27-52, jan. 2005. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0668.2004.00320.x>.
- MIRRAHIMI, S. et al. 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, 1 jan. 2016.
- MORRISSEY, J.; MOORE, T.; HORNE, R. E. Affordable passive solar design in a temperate climate: An experiment in residential building orientation. **Renewable Energy**, v. 36, n. 2, p. 568–577, 1 fev. 2011.
- PEREIRA, C. D. **A Influência do Envelope no Desempenho Térmico de Edificações Residenciais Unifamiliares Ocupadas e Ventiladas Naturalmente**. Orientação: Enedir Ghisi. Florianópolis, SC. 2009. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.
- PNUD (Org.). **ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL**. Disponível em: <<http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/consulta/>>. Acesso em: 10 mar. 2018.
- SADINENI, S. B.; MADALA, S.; BOEHM, R. F. Passive building energy savings: A review of building envelope components. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 8, p. 3617–3631, 1 out. 2011.
- VILCEKOVA, S. et al. Indoor environmental quality of classrooms and occupants' comfort in a special education school in Slovak Republic. **Building And Environment**, [s.l.], v. 120, p.29-40, ago. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.05.001>.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Alagoas pelo afastamento para cursar o mestrado junto à Universidade Federal de Santa Catarina.