

## Projeto padrão de arquitetura para escola pública – uma ideia eficiente e sustentável?

### *Standard architectural design for public school – an efficient and sustainable idea?*

**Larisse Hellen Soares da Silva, mestranda na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).**

larisse.soares.079@ufrn.edu.br

**Gleice Virgínia Medeiros de Azambuja Elali, pós-doutora, professora na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).**

azambuja.elali@ufrn.br

### **Resumo**

Em muitos setores, notadamente na educação, as políticas na área da construção recorrem a projetos padrão, que são replicados em todo o país em nome da economia de tempo e recursos financeiros. Neste sentido, este trabalho tem por objetivo analisar aspectos do desempenho térmico de uma destas propostas, diante da diversidade climática do território brasileiro. Para isso, avaliou-se o projeto padrão tipo C para escolas de educação infantil do FNDE considerando a zona bioclimática 7. O estudo, que é uma pesquisa qualitativa, se fundamentou em: (i) avaliação do desempenho térmico da envoltória (quanto à transmitância, absorptância, capacidade térmica e características das aberturas definidos em normativas); (ii) análise das horas ocupadas em conforto, por meio do software *Climate Consultant 6.0*; (iii) investigação dos impactos de cada variável na carga térmica, utilizando um metamodelo baseado na INI-C. A pesquisa demonstrou a insustentabilidade deste tipo de proposta que, ao ser implantada na ZB7, gera desconforto para seus ocupantes, e considerável aumento da dependência de recursos artificiais para climatização. Aponta-se a necessidade de adaptar o modelo arquitetônico a diferentes condições climáticas, ou de se criar modelos arquitetônicos específicos para diferentes realidades.

**Palavras-chave:** Projeto de escola. Zona bioclimática 7. Sustentabilidade ambiental.

### **Abstract**

*In many sectors, notably education, construction policies use standard projects, which are replicated across the country in the name of saving time and financial resources. In this sense, this work aims to analyze aspects of the thermal performance of one of these proposals, considering the climatic diversity of the Brazilian territory. To this end, the standard type C project for FNDE early childhood schools was evaluated considering bioclimatic zone 7. The study, which is a qualitative research, was based on: (i) evaluation of the thermal performance of the envelope (in terms of transmittance, absorptance, thermal capacity and characteristics of openings defined in regulations); (ii) analysis of hours spent in comfort, using the Climate Consultant 6.0 software; (iii) investigation of the impacts of each variable on thermal load, using a metamodel based on INI-C. The research demonstrated the unsustainability of this type of proposal which, when implemented in ZB7, generates discomfort for its occupants, and a considerable increase in dependence on artificial resources for air conditioning. The need to adapt the architectural model to different climatic conditions, or to create specific architectural models for different realities, is highlighted.*

**Keywords:** School project; Bioclimatic zone 7; Environmental sustainability

## 1. Introdução

Apesar das normativas de desempenho e de investimentos nacionais no campo da educação, muitas cidades brasileiras ainda carecem de infraestrutura adequada em escolas públicas de educação infantil e ensino fundamental, principalmente por falta de verbas e corpo técnico especializado nos municípios para financiar, projetar, licitar e fiscalizar obras. Diante dessa realidade, o governo federal, através do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), instituiu o Programa Proinfância, visando suprir a demanda por infraestrutura em escolas públicas de educação infantil. Embora a solução promova agilidade na construção de escolas, o programa dá margem a críticas pelo uso de projetos padronizados para todo o Brasil, ignorando a diversidade cultural, econômica e climática do país.

A padronização projetual deve ser analisada de forma cuidadosa, pois apesar de contribuir para o contexto das deficiências das obras públicas, ao não considerar o clima local e utilizar estratégias pouco compatíveis com a realidade climática, pode comprometer o processo de aprendizagem justamente por não fornecer ambientes adequados ao seu pleno desenvolvimento.

Quanto ao conforto ambiental, estudos apontam que o conforto térmico contribui para a relação harmônica entre o estudante e o ambiente, pois um espaço termicamente confortável contribui para o melhor desempenho dos processos de ensino e de aprendizagem [1],[2],[3].

O próprio Manual e Orientações Técnicas do FNDE traz que a edificação escolar deve reunir características que atendam às exigências de desempenho térmico [4], considerando-se as zonas bioclimáticas definidas na NBR 15220-3 [5], bem como o atendimento a níveis de desempenho intermediário (I), para as condições de verão; e, mínimo (M) para as condições de inverno constantes da NBR 15575-1 [6], considerando as exigências do usuário e a natureza das atividades desenvolvidas.

Kowaltowski também defende que os projetos arquitetônicos das escolas sejam individualizados, de modo que considerem as condições do terreno e da localidade onde o prédio será construído, bem como as especificidades da comunidade que vai habitar aquele espaço [7].

Uma pesquisa conduzida pelo professor Peter Barrett e sua equipe de especialistas em projetos de escolas no Reino Unido, mostrou evidências claras de que escolas bem projetadas podem aumentar substancialmente o desempenho acadêmico das crianças em leitura, escrita e matemática. As descobertas dessa pesquisa revelam que certos elementos do projeto são intrínsecos à melhoria da aprendizagem em sala de aula e também ao aumento do desempenho dos funcionários. São eles: luz solar, qualidade do ar interno, qualidade acústica, temperatura, projeto da sala de aula e estimulação [8].

Considerando a importância de promover escolas termicamente confortáveis, sabendo que as temperaturas globais estão aumentando e que o desconforto por calor já é um problema enfrentado no clima semiárido, e entendendo que um projeto genérico pode aumentar os custos de operação e o gasto energético da edificação, esse trabalho objetivou avaliar o desempenho térmico da envoltória do projeto padrão tipo C do programa Proinfância, para o clima quente e seco da Zona Bioclimática 7 (ZB7). A partir disso, propôs-se ajustes visando um projeto arquitetônico mais confortável termicamente, mais eficiente e sustentável para a ZB7.

## 2. Procedimentos Metodológicos

Trata-se de pesquisa qualitativa, na qual inicialmente foram levantadas as características da envoltória do projeto padrão tipo C, para em seguida avaliá-las de acordo com parâmetros das

NBRs 15220-3 e 15575. Nesse processo, além das normas foram utilizadas referências bibliográficas de artigos que estudaram o mesmo projeto padrão, como Babick e Torres [9].

Em etapa seguinte, foi utilizado um metamodelo que trabalha com os dados da INI-C, um protótipo em desenvolvimento pelo mestrando Allyson Santos, do PPGAU/UFRN, o qual permite avaliar diferentes parâmetros de cobertura, parede e aberturas e sua influência na carga térmica para um dado edifício de uma dada região. Para esse estudo, mais uma vez, utilizou-se os dados bioclimáticos de Teresina no Piauí. Além disso, considerou-se uma zona térmica do edifício térreo localizada a oeste e coberta.

Depois disso, procedeu-se análise da quantidade de horas em conforto para o clima estudado, para isso utilizou-se o software *Climate Consultant 6.0*, alimentado por dados bioclimáticos específicos por localidade para gerar cartas psicrométricas que permitem o levantamento de horas ocupadas em conforto ou em desconforto por calor ou por frio naquele dado clima. No programa, foi selecionado o Modelo de Conforto Adaptativo da ASHRAE Standard 55-2010, o qual considera edificações ventiladas naturalmente, em que os ocupantes se adaptam ao clima tanto através das vestimentas quanto no controle de aberturas.

Os dados climáticos utilizados no estudo foram da cidade de Teresina, Piauí, por considerar que essa cidade apresenta uma das características climáticas mais difíceis de ser tratada com soluções passivas de conforto dentro da zona bioclimática 7. Então, se as soluções pensadas conseguirem aumentar as horas de conforto de uma cidade com características mais extremas, então também aumentarão o conforto nas cidades com medições mais amenas dentro do mesmo clima. Aqui, seguiu-se as etapas sugeridas por Pedrini:

1. Identificar quando o clima proporciona conforto térmico, desconforto ao frio, e desconforto ao calor;
2. Relacionar cada situação com uma resposta por meio de estratégias bioclimáticas:
  - . Se confortável, é mais racional trazer o clima para o ambiente construído;
  - a. Se pouco desconfortável ao calor ou ao frio, é necessário que o ambiente construído compense o desconforto térmico, resfriamento ou aquecendo o ambiente, por meio de recursos passivos;
  - b. Se muito desconfortável ao calor ou ao frio, é necessário isolar o ambiente construído do clima. [10]

Por fim, relacionou-se as estratégias bioclimáticas com os recursos arquitetônicos disponíveis.

### 2.1. Avaliação do projeto padrão

O Projeto Padrão Tipo C, desenvolvido para o Programa Proinfância, tem capacidade para até 120 crianças, em dois turnos (matutino e vespertino), ou 60 crianças em período integral e foi escolhido por atender à demanda de estudantes matriculados na cidade objeto de estudo. O programa considera ideal a implantação das escolas do Tipo C em terreno retangular com medidas mínimas de 35m de largura por 45m de profundidade, mas não considera a orientação ou o posicionamento do acesso principal para o lote.

A escola em análise é térrea e divide-se em quatro blocos distintos, cada um desempenhando uma função específica. São eles: o administrativo (almoxarifado, sala de professores, secretaria e banheiro de funcionários), o de serviços (cozinha, lavanderias, despensa, vestiários, copa e banheiros de funcionários) e dois blocos pedagógicos (salas de aula e banheiros infantis), conforme se observa na Figura 1.

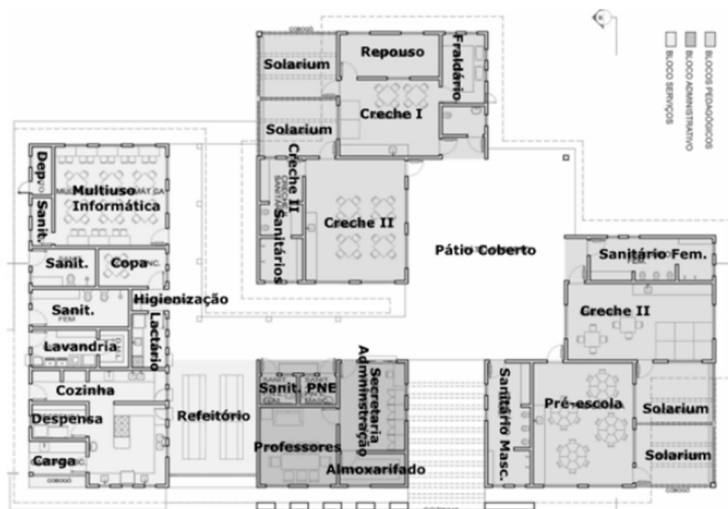


Figura 1: Planta baixa do Projeto Padrão Tipo C. Fonte: Babick, Torres, 2017.

Esses blocos estão interligados por circulações cobertas. Além disso, a edificação conta com um pátio coberto, um refeitório e uma área externa descoberta que abriga um playground e um castelo d'água. O projeto prevê somente um acesso principal e um acesso de serviços, ambos localizados na fachada principal (Figura 2).



Figura 2: Fachada Principal do Projeto Padrão Tipo C. Fonte: FNDE.

Não foram consideradas soluções de fachada diferenciadas com base na orientação solar, uma vez que a localização exata do edifício será determinada pelos municípios, principalmente levando em consideração a facilidade de acesso [9].

Segundo Babick e Torres [9], essa falta de atenção à distinção das fachadas em relação à orientação solar pode resultar em diversos impactos negativos no conforto térmico dos ambientes internos. Isso ocorre porque os elementos verticais da construção representam as maiores áreas de contato com o ambiente externo, e neles estão inseridas as aberturas, que, devido ao uso de vidros simples, facilitam as trocas térmicas entre os ambientes internos e externos. Além disso, apesar das diretrizes da NBR 15.220-3 e do próprio FNDE, o projeto não oferece flexibilidade de dimensões e tipos de esquadrias de acordo com cada zona bioclimática.

Há outros estudos a respeito dos projetos do programa Proinfância que já constataram o impacto do projeto padronizado, como é o caso da dissertação de Sartori [11], que quantificou as horas ocupadas em conforto para diferentes orientações do acesso principal da escola Tipo C. Observou-se nesse estudo que, em todas as orientações, a escola tipo localizada na zona bioclimática 7 apresenta em média 35% menos horas ocupadas em conforto do que a mesma escola localizada na zona bioclimática 8. Ou seja, já há uma demonstração de que aquele projeto tipo é menos confortável para o clima semiárido (ZB7) do que para o clima quente e úmido (ZB8).

Apesar dessas observações sobre o projeto padronizado, os projetistas do FNDE mencionam no memorial descritivo a diversidade climática e cultural do Brasil e reconhecem as limitações da adoção de uma única solução para o país inteiro, por isso recomendam que modificações sejam feitas pelas equipes técnicas de cada cidade para minimizar os danos causados pela não adequação do projeto ao clima local.

Ainda quanto às características da envoltória do projeto Tipo C, Babick e Torres [9] fizeram um levantamento das propriedades das paredes e coberturas da escola em questão, as organizando conforme a Tabela 1.

**Tabela 1.** Caracterização das vedações do Projeto padrão Tipo-C

	Transmitância térmica $U[W/(m2.K)]$	Capacidade térmica $CT[kJ/(m2.K)]$	Atraso Térmico [horas]	Absortância $\alpha$	Classificação NBR 15220
Parede	2,24	167	3,7	$\alpha= 0,5^1$	Leve
Cobertura	1,92	113	3,6	$\alpha= 0,5^1$	Leve isolada

<sup>1</sup> = valor da absortância à radiação solar por cor média das fachadas externas

Fonte: Babick e Torres [9].

Depois de fazer o levantamento das características das vedações da escola estudada, os mesmos autores observaram que nem as paredes externas nem a cobertura atendiam às recomendações da NBR 15220 [5] para a zona bioclimática 7.

Adiante, o mesmo estudo apontou que, em relação à NBR 15575 [6], as paredes e a cobertura apresentam desempenho mínimo (M), conforme Tabela 2, mas de acordo com as recomendações do FNDE, deveriam apresentar pelo menos um desempenho intermediário (I).

**Tabela 2.** Caracterização das vedações do Projeto padrão Tipo-C

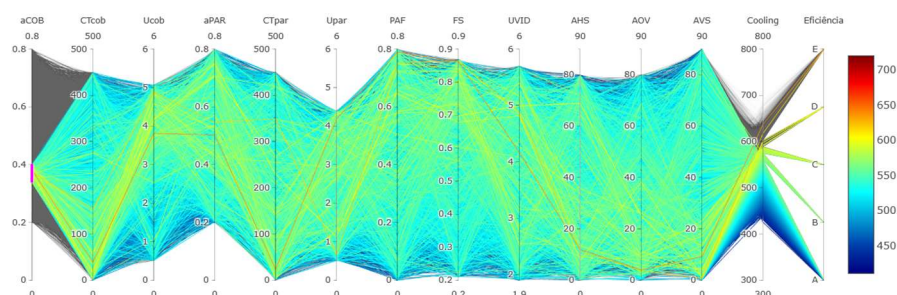
Projeto Padrão Tipo C		Zona Bioclimática							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Paredes externas	Transmitância térmica $U[W/(m2.K)] - 2,24$	M	M	M	M	M	M	M	M
	Capacidade térmica $CT[kJ/(m2.K)] - 167$	M	M	M	M	M	M	M	s/e
Cobertura	Transmitância térmica $U[W/(m2.K)] - 1,92$	M	M	M	M	M	M	NA	NA

**Legenda:** M (desempenho mínimo); I (desempenho intermediário); S (desempenho superior); NA (não atende); s/e (sem exigência)

Fonte: Babick e Torres [9].

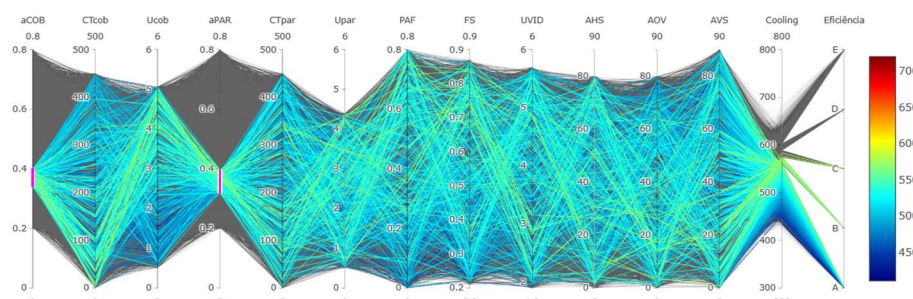
## 2.2. Análise do impacto das variáveis através do Metamodelo

De acordo com Pedrini [12], a influência da absortância é muito grande em regiões com alta incidência de radiação solar, como as zonas bioclimáticas 7 e 8; isso se comprova no metamodelo ao selecionar uma baixa absortância para a cobertura a eficiência “E” quase deixa de existir:



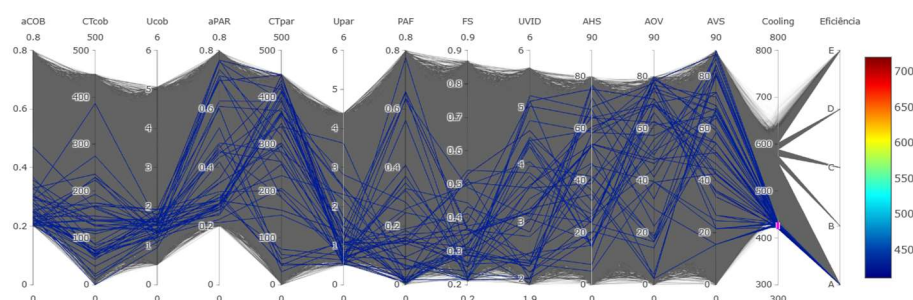
**Figura 3:** Gráfico de linhas para transmitância da cobertura entre 0,3 e 0,4. Fonte: Metamodelo de Allyson Santos.

Ao seleccionar absorptâncias abaixo de 0,4 ou 40% para paredes e coberturas, não há resultado para eficiência “E” e há muitas possibilidades de obtenção de alta eficiência em relação à carga térmica da envoltória, conforme demonstra a figura 4.



**Figura 4:** Gráfico de linhas para transmitância da cobertura e da parede entre 0,3 e 0,4. Fonte: Metamodelo de Allyson Santos.

Como o objetivo é propor um sistema de envoltória que absorva a menor quantidade de calor possível, seleccionou-se somente as menores cargas térmicas do gráfico (na coluna *cooling*), buscando entender que características têm mais peso no desempenho, conforme figura 5. Observou-se mais uma vez que a baixa absorptância, principalmente na cobertura, tem papel fundamental, seguida da baixa transmitância da cobertura e da parede.



**Figura 5:** Gráfico de linhas para valores baixos de *cooling* (baixa carga térmica a ser resfriada). Fonte: Metamodelo de Allyson Santos.

O fator solar do vidro também influencia bastante no ganho térmico, de modo que o gráfico não retornou nenhum *cooling* muito baixo com fator solar acima de 0,55 aproximadamente. Percebe-se ainda que quanto maior o percentual de aberturas na fachada, menor teria que ser o fator solar do vidro, sendo mais viável, no caso de uma escola da rede pública, reduzir a área envidraçada.

Depois disso, seleccionou-se somente as características da cobertura e percentual de aberturas na fachada (49%), de modo que o metamodelo não retornou resultados na faixa ótima de

cooling. Sendo assim, para obtenção de menor carga térmica, deve-se alterar o sistema da cobertura e/ou o percentual de abertura da fachada.

### 2.3. Quantificando horas ocupadas em conforto no *Climate Consultant 6.0*

Foram feitas simulações focadas nos horários de ocupação da escola, primeiramente para o período da manhã (horário de funcionamento atual da escola) e depois para manhã e tarde, no caso da escola funcionar em regime integral de aulas. Também foi analisada a carta psicrométrica para o todas as horas do dia, ao longo do ano inteiro.

Para o período mais quente do ano, considerando para esse estudo os meses entre outubro e fevereiro, observa-se que o desconforto por calor se torna mais expressivo caso as aulas aconteçam tanto pela manhã quanto pela tarde, ou seja, o desconforto por calor aumenta caso a escola funcione em período integral, conforme demonstram as figuras 6 e 7.

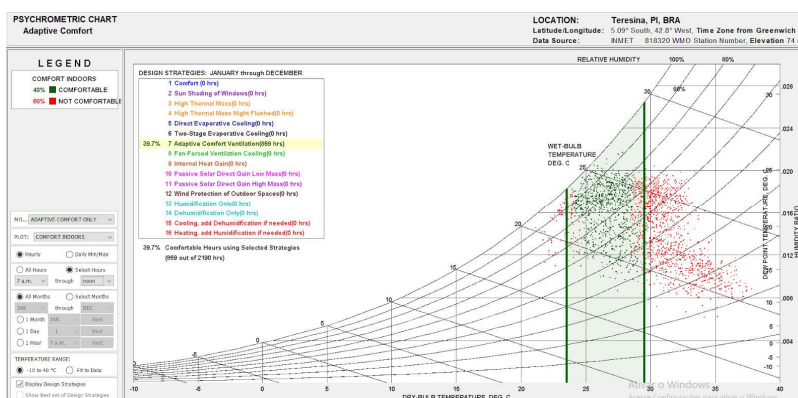


Figura 6: Carta psicrométrica para horário de funcionamento pela manhã. Fonte: Produção da autora no *Climate Consultant 6.0*, 2023.

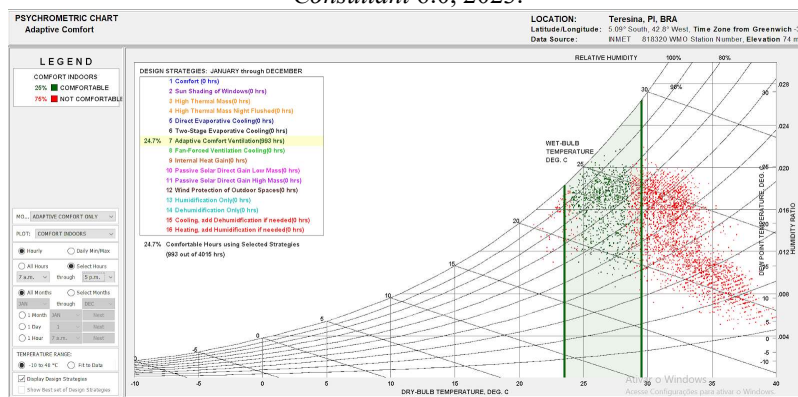


Figura 7: Carta psicrométrica para horário de funcionamento integral da escola. Fonte: Produção da autora no *Climate Consultant 6.0*, 2023.

Durante a madrugada se observa maior porcentagem de medições de horas em desconforto por frio, especialmente entre 11 horas da noite e 6 horas da manhã ao longo de todo o ano. Nesse intervalo de horas, há 38% de conforto térmico e 62% de desconforto por frio, conforme figura 8. Essa medição demonstra que o uso de massa térmica e ventilação noturna dos ambientes internos podem funcionar como importantes ferramentas na promoção da inércia térmica e consequente conforto térmico passivo para os usuários ao longo do dia.

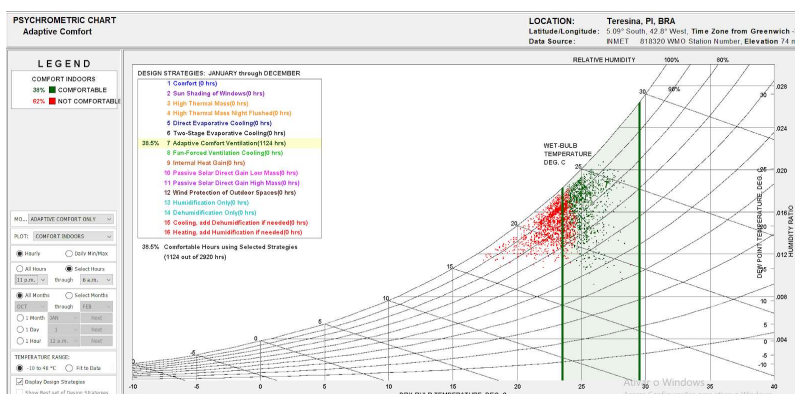


Figura 8: Carta psicrométrica para horário da noite e madrugada. Fonte: Produção da autora no *Climate Consultant 6.0*, 2023.

A faixa horária em que se observa maior porcentagem de medições de horas em desconforto por calor ficou entre 10 horas da manhã e 4 horas da tarde. Nesse período diurno, há apenas 7% de horas em conforto e nos outros 93% das horas os ocupantes do ambiente sentirão desconforto por calor. Sabendo disso, durante esse intervalo deve ser evitada a entrada de ventilação externa nos ambientes internos, além de promover sombreamento, proteção da radiação solar, umidificar o ar, entre outras soluções.

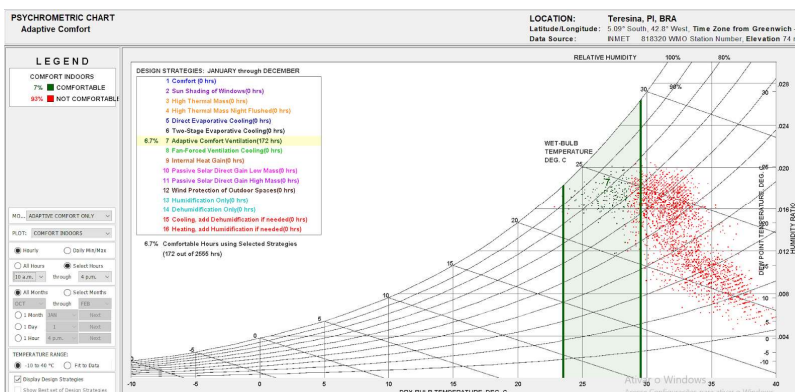


Figura 9: Carta psicrométrica para horários do dia com maior porcentagem de desconforto por calor. Fonte: Produção da autora no *Climate Consultant 6.0*, 2023.

Em uma análise geral, para todas as horas do dia ao longo de todo o ano, observa-se que as horas em conforto térmico representam apenas 38% das medições, conforme figura 10.

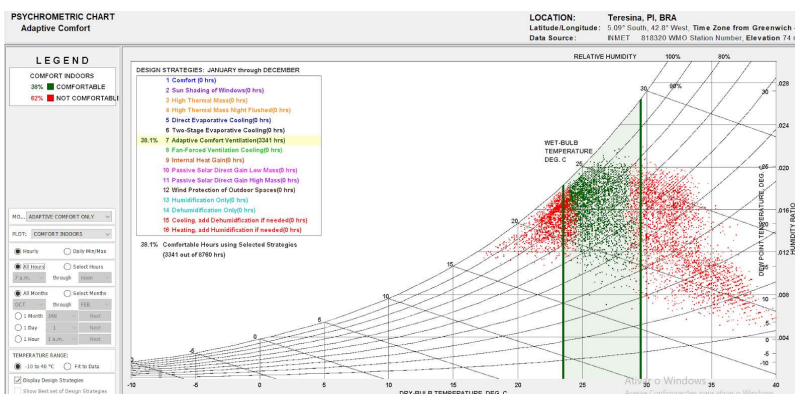


Figura 10: Carta psicrométrica para todos os horários e todos os meses do ano. Fonte: Produção da autora no *Climate Consultant 6.0*, 2023.



As soluções projetuais deverão se concentrar na promoção de conforto térmico para as horas de calor, já que o uso mais ativo da edificação se dá entre 7 horas da manhã e 17 horas da tarde. Para isso, estratégias como o uso da ventilação noturna dos ambientes, associado ao uso de grandes massas térmicas nas envoltórias deve promover um resfriamento das superfícies e causar um atraso no ganho térmico dentro dos ambientes ao longo do dia.

Se por um lado a ventilação noturna deve ser estimulada, por outro, a ventilação durante as horas mais quentes do dia, especialmente entre 9 horas da manhã e 17 horas, deve ser evitada para que o sistema consiga manter as temperaturas amenas nos ambientes internos por mais tempo. Deve-se prever também o uso de cores claras, com baixa absorvância, nas fachadas externas, de modo a aumentar a reflexão do calor por aquelas superfícies, bem como protegê-las da radiação solar direta. As aberturas também devem ser sombreadas.

Observa-se também que a maior parte das horas de calor foi verificada quando o ar está menos úmido, com umidade entre 78% e 13%, aproximadamente. A partir disso e da análise da carta psicrométrica, pode-se inferir que na maior parte dos casos, aumentar a umidade relativa do ar irá diminuir a temperatura, podendo alcançar a zona de conforto térmico. Para isso, pode ser feito o uso de sistemas umidificadores no entorno da edificação e junto das envoltórias, de modo a criar um microclima nos ambientes ocupados.

### 3. Análises dos Resultados

Então, pode-se pensar em elementos arquitetônicos e de projeto que podem proporcionar maior controle sobre o clima e com isso, mais horas de conforto aos usuários da futura escola, entre elas:

- Esquadrias bem projetadas para o controle de iluminação e ventilação natural ao longo do dia, de modo que seja estanque ao ar quente e permita a ventilação noturna sem comprometer a segurança da edificação, além disso, o uso de vidro com Fator solar menor que 0,55 é desejável;
- Envoltória com massa térmica, suficiente para promover atraso térmico de ao menos 8 horas e com absorvância menor que 40% (uso de cores claras inclusive na cobertura);
- Vegetação tipo forração, arbustivas e arbóreas adequadas ao clima semiárido, que resistam aos períodos de seca, protegendo as fachadas e ajudando a umidificar o ar no entorno da edificação. Associar a isso, a manutenção do máximo de área permeável no lote, permitindo absorção de umidade pelo solo e diminuição da ilha de calor;
- Elementos de sombreamento de paredes e aberturas (segunda pele, parede de cobogós, brises, e/ou ático ventilado, por exemplo), evitando radiação solar direta nos componentes da envoltória;
- Resfriamento evaporativo, utilizando de elementos umidificadores de ar, como espelhos d'água, fontes de água, gotejamento ou aspersão de águas, entre outros. Sugere-se para isso a coleta e aproveitamento de água da chuva.

Apesar das soluções arquitetônicas terem papel preponderante no desempenho da edificação, há outros elementos que também podem ter grande influência no conforto térmico dos usuários e no desempenho energético da edificação. Abaixo são listadas alguns fatores que devem ser levados em consideração:

- Uniformes/vestimentas – deve-se prever o uso de roupas leves, de preferência de tecido natural como o algodão, que permita a livre transpiração;

- Mobiliário – deve-se prever cadeiras e mesas em materiais com maior calor específico, que ganhem calor com mais dificuldade e que permitam a transpiração das crianças, com assentos e encostos das cadeiras vazados;
- O número de ocupantes dentro de uma mesma sala de aula e o tamanho dessa sala - quanto maior a densidade ocupacional dos espaços, maior a carga térmica gerada;
- Uso e operação dos sistemas de esquadrias (ex: fechar esquadrias para troca de ar durante o dia e abrir durante a noite para resfriamento das superfícies internas);
- Manutenção das propriedades da envoltória, principalmente as cores claras das fachadas e cobertura.

#### 4. Conclusão

O projeto padrão analisado se mostrou pouco eficiente pois não adotou soluções essenciais à diminuição do ganho térmico pela envoltória, o que no clima quente e seco da ZB7 obrigaria o uso de condicionamento artificial em alguns ambientes ao longo do ano, especialmente nos horários do fim da manhã e tarde, aumentando os custos de operação e manutenção, expondo as crianças a um microclima artificial dentro da sala de aula, em oposição ao ambiente externo, quente e seco.

Diante de uma realidade de aquecimento global e pensando na arquitetura como ferramenta para minimizar os impactos do clima no ambiente construído, conclui-se que o projeto padrão tipo C é pouco sustentável para a zona bioclimática 7, pois oferece poucas soluções de adaptabilidade ao clima quente e seco, deixando de atender premissas relacionadas ao desempenho térmico do próprio FNDE [4], da NBR 15220 [5] e NBR 15575 [6].

Com o uso das estratégias projetuais sugeridas no tópico anterior, espera-se que haja uma diminuição do ganho térmico pela edificação, aumentando as horas ocupadas em conforto pelo usuário através de estratégias passivas. Quando isso não for possível, espera-se que pelo menos haja diminuição considerável de carga térmica a ser resfriada artificialmente, gerando maior eficiência energética para o edifício e principalmente gerando um ambiente saudável para o processo de ensino-aprendizado.

#### Referências

- [1] Azevedo, G. A. N. Arquitetura escolar e educação: um modelo conceitual de abordagem interacionista. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Pós-graduação em Engenharia-COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.
- [2] Azevedo, G. A. N. et al. Padrões de infra-estrutura para o espaço físico destinado à educação infantil. Universidade Federal do Rio de Janeiro: Grupo Ambiente Educação (GAE/PROARQ/FAU/UFRJ). Rio de Janeiro, junho de 2004.
- [3] Bertolotti, D. Iluminação natural em projetos de escolas: uma proposta de metodologia para melhorar a qualidade da iluminação e conservar energia. 2007. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Universidade de São Paulo, 2007.
- [4] Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (BRASIL). Diretoria de Gestão, Articulação e Projetos Educacionais. Elaboração de projetos de edificações escolares: educação infantil/ Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, Diretoria de Gestão, Articulação e Projetos Educacionais. – Brasília: FNDE, 2017. 175 p. : il. color. – (Manual de Orientações Técnicas; v.2)

- [5] Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR-15220-3: Desempenho térmico de edificações – parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005f.
- [6] Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR-15575-1: Edificações habitacionais – desempenho – parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013a.
- [7] Kowaltowski, Doris K.. Arquitetura escolar. O projeto do ambiente de ensino. São Paulo, Oficina de Textos, 2011.
- [8] Barrett, Peter et al. “The Holistic Impact of Classroom Spaces on Learning in Specific Subjects.” *Environment and behavior* vol. 49,4 (2017): 425-451.  
doi:10.1177/0013916516648735. Disponível em:  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5394432/#bibr4-0013916516648735>
- [9] Babick, Cláudia Silva; TORRES, Maurício Carvalho Ayres. Análise do desempenho térmico, lumínico e de ventilação natural de projeto padrão de edifício escolar do FNDE de acordo com os requisitos de normas e referenciais nacionais e internacionais nas 8 zonas bioclimáticas brasileiras. *Revista de Engenharia Civil IMED, Passo Fundo*, v. 4, n. 2, p. 110-128, dez. 2017. ISSN 2358-6508. Disponível em:  
<https://seer.atitus.edu.br/index.php/revistaec/article/view/2283/1391>. Acesso em: 18 ago. 2023. doi:<https://doi.org/10.18256/2358-6508.2017.v4i2.2283>.
- [10] Pedrini, A. Análise bioclimática. [s.l.] UFRN, 2021.
- [11] Sartori, G. Avaliação do impacto da orientação solar no conforto e desempenho térmico de projeto padrão de pré-escola do Programa Proinfância nas zonas bioclimáticas brasileiras. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.
- [12] Pedrini, A. Propriedades térmicas de sistemas construtivos. Livro texto da disciplina de Conforto Ambiental 2. V. 14. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2018.