

## **ESTUDO PRELIMINAR PARA UMA ESCOLA MODELO DO UNICEF A SER IMPLANTADA EM CORIBE-BA**

**Luiz Gustavo Oliveira da Silva (1); Vinicius Silva Nascimento (2); Leonardo Bittencourt  
(3)**

(1) Graduando do Curso de Arq/Urb da UFAL, luizgustavo.oliveiradasilva@gmail.com

(2) Graduando do Curso de Arq/Urb da UFAL, vini\_sn@hotmail.com

(3) Professor Voluntário do Curso de Arq/Urb e do Programa de pós-Graduação em Dinâmicas do Espaço Habitado da UFAL, lsb54@hotmail.com

Universidade Federal de Alagoas, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Laboratório de Conforto Ambiental, Campus A. C. Simões, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro dos Martins, CEP 57.072-900.

### **RESUMO**

O semiárido brasileiro é uma das regiões menos assistidas pelo poder público do país. Além do clima rigoroso, caracterizado pelo baixo volume pluviométrico e elevada amplitude térmica, os habitantes desses locais precisam enfrentar a falta d'água e a pobreza que assola a região. Neste cenário, as crianças se tornam vulneráveis, pois muitas vezes elas não têm acesso aos serviços básicos, como escolas com condições de aprendizagem adequadas. Pensando nisso, o UNICEF Brasil decidiu criar uma escola modelo na cidade de Coribe, no interior da Bahia, que se adaptasse ao clima do semiárido brasileiro. No presente artigo será apresentado o estudo preliminar elaborado para uma escola de 2º grau, adotando estratégias bioclimáticas, adequadas ao clima local. Utilizando o projeto dessa escola como um estudo de caso, pretende-se demonstrar que uma avaliação preliminar do desempenho térmico do edifício proposto pode ser realizada nas etapas iniciais do projeto arquitetônico através de simulação computacional simplificada. No caso apresentado, as simulações sugerem que o partido arquitetônico adotado proporciona um bom desempenho térmico da edificação, encorajando a implantação de ajustes no desenvolvimento do mesmo na etapa de Anteprojeto.

Palavras-chave: desempenho térmico, semiárido, escola, eficiência energética.

### **ABSTRACT**

The Brazilian semi-arid region has been poorly assisted by the Brazilian government. Beyond its harsh climate, characterised by low rainfall and high temperature oscillation, the local inhabitants need to face water shortage and poverty that strikes the region. In this scenario, the children become particularly vulnerable, because they have no access to some basic social services, such as proper education. For these reasons, UNICEF decided to build a reference school adapted to the semi-arid climate located in Coribe, a small town situated in the Brazilian's state Bahia. This school building project is used as a case study, where an evaluation of a preliminary design, based on bioclimatic strategies for the local climate, is discussed. The evaluation of the building thermal performance is carried out using simplified computer simulations. Results suggest that an overall adequate building performance is achieved, encouraging the implementation of adjustments towards the next stage of the design process.

Keywords: thermal performance, semi-arid, school, energy efficiency.

## **1. INTRODUÇÃO**

A cidade de Coribe, localizada na região oeste do Estado da Bahia, dista cerca de 940 km de Salvador e se insere na zona do semiárido nordestino. Esta região tem como principal característica as frequentes secas. As condições econômicas e sociais dessa região estão entre as piores do país, enfrentando problemas como pobreza e escassez de abastecimento alimentar, além da ausência de diversos serviços básicos (SUDENE, 2015). Nessa situação, os habitantes sofrem diariamente e as crianças são ainda mais penalizadas.

O Fundo das Nações Unidas para a Infância – UNICEF está presente no Brasil desde 1950 e tem como objetivo melhorar as condições de vida das crianças de todo o mundo, ajudando os governos e criando projetos próprios (UNICEF, 2015). Dando continuidade a esse trabalho, o UNICEF em conjunto com a COELBA (Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia) iniciou um projeto que tem como meta a construção de uma escola adaptada ao clima semiárido nordestino. Essa escola será implantada no município de Coribe-BA e, posteriormente, replicada em outros municípios da mesma região.

De acordo com Lawson (1990), a elaboração de um projeto de arquitetura baseia-se no equacionamento de problemas complexos e no exame de possíveis respostas/sínteses para os mesmos. Trata-se de um processo de escolha fundamentado na priorização de determinados aspectos em detrimento de outros, quando da ocorrência de demandas conflitantes por parte de dois ou mais condicionantes (BITTENCOURT, 2015).

No caso de edificações escolares, onde o conforto ambiental encontra-se entre os principais condicionantes arquitetônicos, a definição do momento adequado para o uso de ferramentas computacionais para avaliação do desempenho acústico, lumínico, térmico e energético da edificação, visando a validação (ou rejeição) de possíveis alternativas de partido, não é consensual (HENSEN, 2008), pois a maioria dos programas demanda um nível de informações incompatível com as existentes nessa etapa do projeto (tais como a definição do detalhamento das esquadrias). É consenso, no entanto, que o conhecimento sobre os princípios físicos que regem as interações entre o homem, o ambiente construído e o ambiente natural, parece ser de fundamental importância. Para proporcionar o domínio desse conhecimento, a simples utilização de bons livros parece ser suficiente (AUGENBROE, 2008).

Partindo desse contexto, foi desenvolvido um Estudo Preliminar contemplando as estratégias bioclimáticas recomendadas para o clima local, com o apoio de simulações simplificadas para validação da solução adotada no referido Estudo Preliminar.

## **2. OBJETIVO**

Apresentar o Estudo Preliminar para uma escola modelo do UNICEF elaborado com base em avaliação simplificada do desempenho térmico de edificações, a ser utilizada nas etapas iniciais de projetos arquitetônicos.

## **3. MÉTODO**

Para tal, o trabalho seguiu as seguintes etapas metodológicas:

1. Coleta e análise dos dados climáticos da região.
2. Identificação das estratégias bioclimáticas recomendadas para a região.
3. Avaliação da implantação do edifício de forma a maximizar o aproveitamento das estratégias bioclimáticas recomendadas.
4. Verificação do desempenho térmico do edifício proposto, através de simulação computacional simplificada.

### **3.1 Coleta e análise dos dados climáticos da região**

Na ausência de informações para a cidade de Coribe-BA, foram utilizados os dados meteorológicos da cidade de Correntina-BA, localizada nas proximidades do referido município. Os dados coletados encontram-se na Tabela I e nas figuras 1, 2 e 3.

Observa-se algumas inconsistências entre os dados da temperatura do ar obtidos de diferentes fontes. A Tabela I (LABEEE, 2012) apresenta valores inferiores aos encontrados nos dados climáticos constantes dos arquivos climáticos utilizados pelo programa ENERGY PLUS v.8.2. Nesse trabalho optou-se por utilizar as informações constantes da base de dados utilizada pelo citado programa; não só pelo fato do mesmo ser aqui utilizado para verificação do desempenho térmico das soluções arquitetônicas propostas, mas também por apresentarem condições mais rigorosas da temperatura do ar.

Estação	Cidade	UF	Latit	Longit	Altit	Período	Fonte
83286	Correntina	BA	-13,47	-44,77	587	61/90	1

Variável	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Pres. Atm. (hPa)	936	934	934	935	937	937	941	941	941	940	937	936	938
Tmed	23,9	23,9	23,7	23,3	22,6	21,2	21,2	22,8	25,2	25,1	24,6	24,2	23,5
Tmax	29,9	29,9	30,3	29,8	30,2	29,1	29,5	31,1	32,4	31,6	30,2	30,0	30,3
Tmin	19,0	18,7	18,1	17,8	15,7	14,5	13,8	15,1	19,0	19,7	19,5	19,4	17,5
TmaxAbs	33,2	33,0	33,6	32,6	33,0	31,9	32,3	35,1	36,1	36,2	34,7	34,3	36,2
TminAbs	16,1	16,0	15,6	13,5	12,0	10,9	10,4	11,0	14,0	15,7	17,1	17,0	10,4
Pluviosidade (mm)	181	169	132	70	8	3	2	2	20	106	164	229	1085
Pluv. (max 24 h)	103	114	122	104	29	16	7	13	47	82	91	119	122
Evaporação (mm)	103	116	95	103	122	153	195	227	255	188	118	97	1771
Umid. Relat (%)	80	78	77	79	74	70	65	57	53	65	76	80	71
Insolação (h)	202,6	188,4	206,2	233,4	260,6	258,3	277,4	283,8	228,3	200,1	171	174,6	2684,8
Nebulosidade	6,1	5,5	4,9	4,9	2,7	2,8	2,0	2,0	3,7	5,2	6,4	6,1	4,4

Tabela I - Dados meteorológicos para o município de Correntina (RORIZ apud LABEEE, 2012)

Como pode ser identificado na Tabela I, trata-se de região semiárida, onde destaca-se um período crítico com características de clima quente e seco (de maio a setembro), exibindo temperaturas médias das máximas acima da zona de conforto e amplitudes térmicas diárias variando entre 14,5 °C e 16 °C (ver Tabela I e Figuras 1, 2 e 3), baixa pluviosidade (2 a 8 mm/mês) e umidade do ar entre 53 e 75%. Nos demais meses as condições climáticas são menos rigorosas.

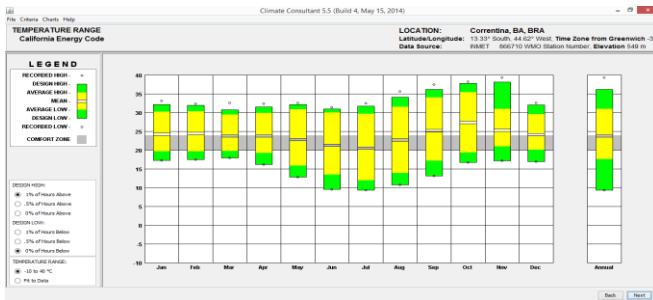


Figura 1 - Oscilação das temperaturas mensais, plotadas sobre zona de conforto adaptativo (LABEEE, 2012).

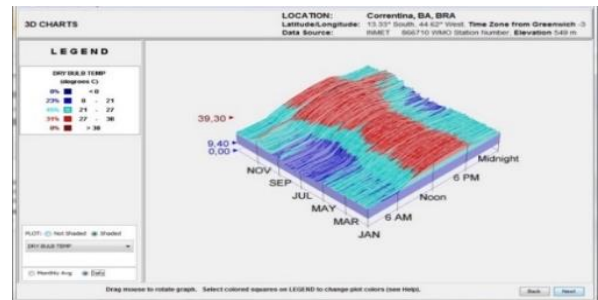


Figura 2 - Gráfico 3D das oscilações da temperatura do ar ao longo do dia e do ano (LABEEE, 2012).

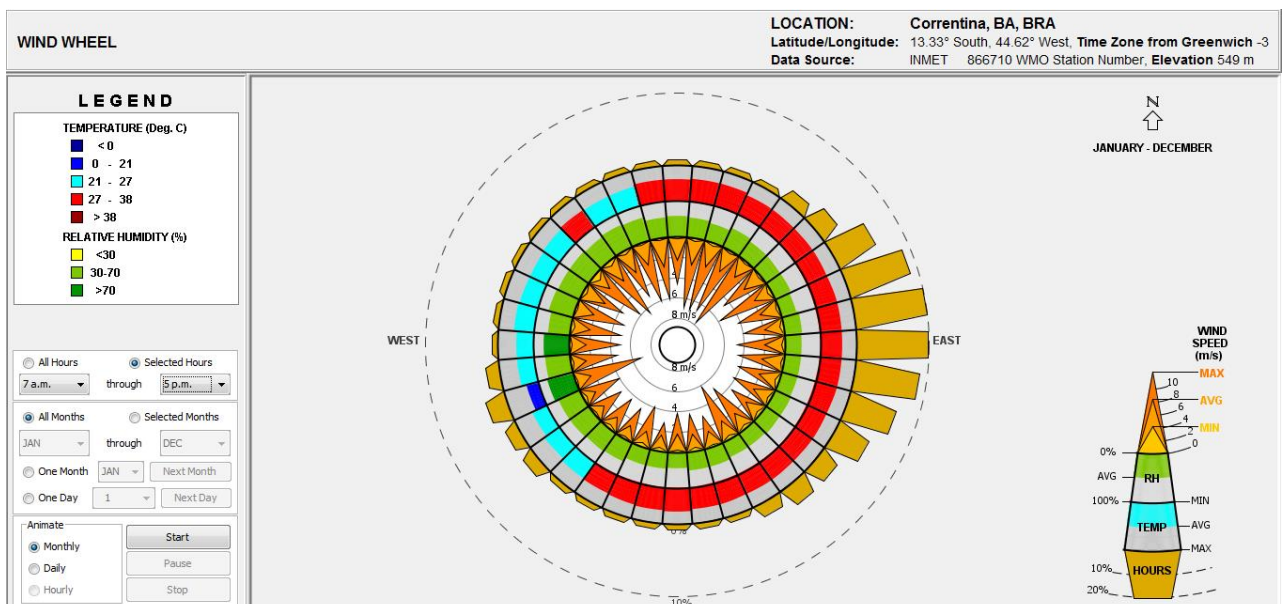


Figura 3 - Dados do vento em Correntina (LABEEE, 2012).

### 3.2 Identificação das estratégias bioclimáticas recomendadas para a região

As estratégias bioclimáticas recomendadas para a região foram obtidas com auxílio da carta psicrométrica para a cidade de Correntina. Conforme pode ser observado na Figura 4, onde encontra-se plotada a zona de conforto adaptativo definida pelo *ASHRAE Standard Model 55*, no horário escolar (7 às 17 h), as estratégias mais adequadas para edificações na referida localidade, por ordem de relevância, são:

- Sombreamento das aberturas (65,8%)
- Massa térmica (58,2%)
- Zona de conforto (26,5% já estão na zona de conforto)
- Ventilação (21,6%)
- Ganhos internos (10,2%)

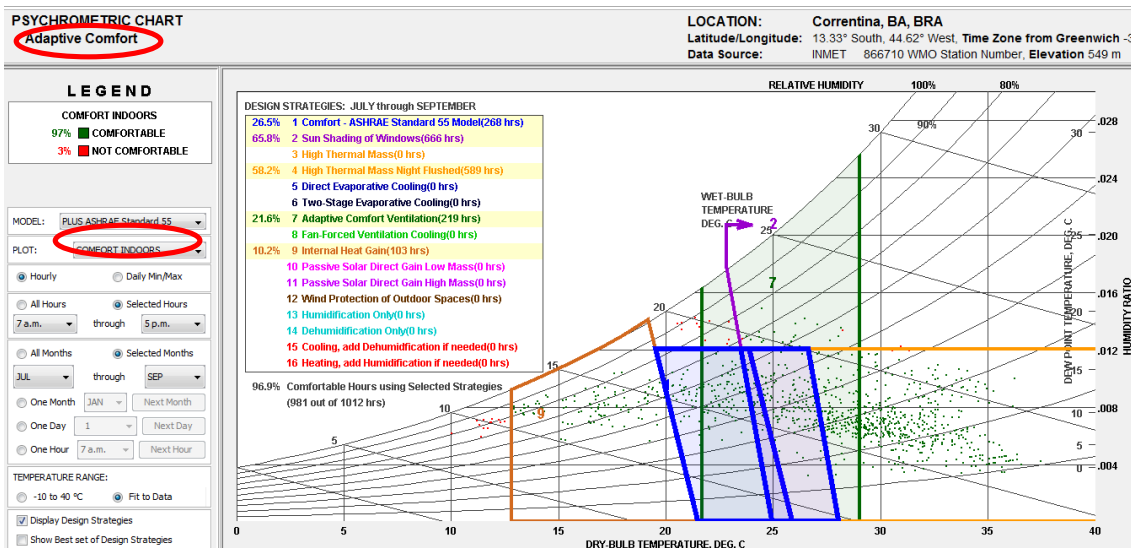


Figura 4 - Estratégias bioclimáticas recomendadas para a região em estudo.

### 3.3 Implantação do edifício de forma a maximizar o aproveitamento das estratégias bioclimáticas recomendadas

O projeto foi pensado de forma a permitir sua replicação no semiárido brasileiro, apresentando soluções arquitetônicas simples que se adaptam às características climáticas e construtivas existentes na região. Dividido em módulos, de acordo com suas funções, o projeto é composto por blocos de administração, serviço, salas de aulas, hall e de um recreio coberto, identificados pelos números 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente, na Figuras 5.



Figura 5 – Planta baixa

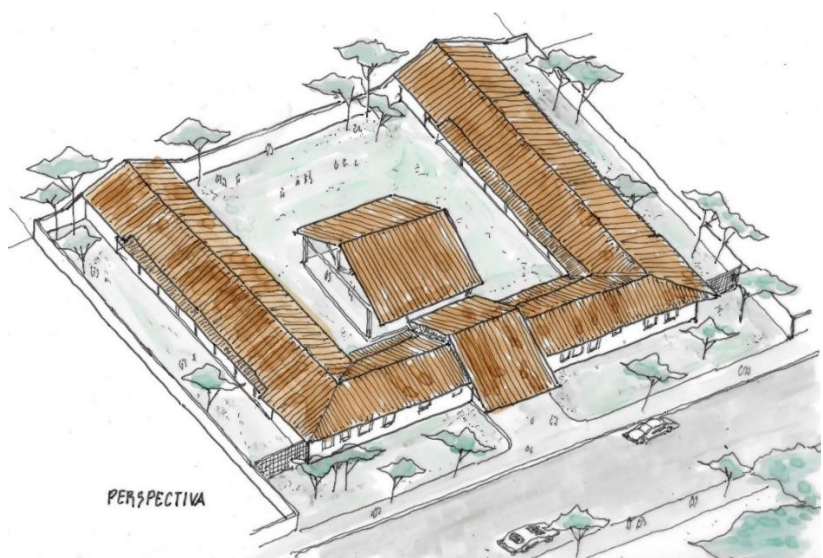


Figura 6 - Perspectiva isométrica

No que se refere aos materiais, foi proposta a utilização de: alvenaria em tijolo cerâmico e cobertura em telhas cerâmicas do tipo capa e canal, janelas e portas em madeira e vidro.

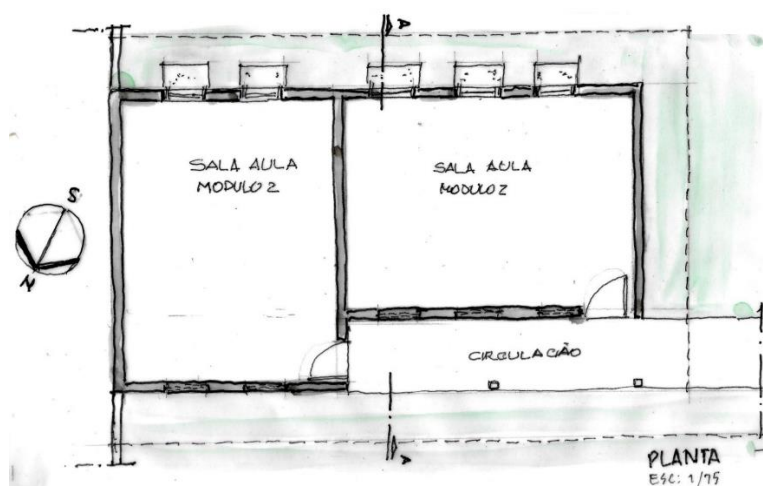


Figura 7 - Planta baixa das salas de aula.

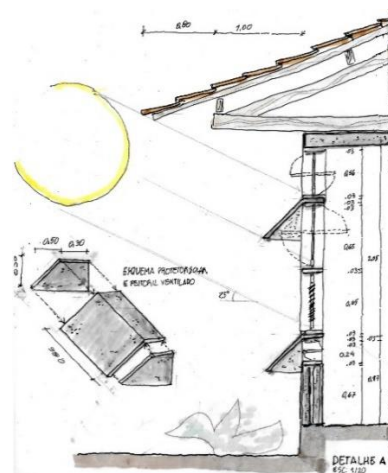


Figura 8 - Detalhe das aberturas na fachada SE.

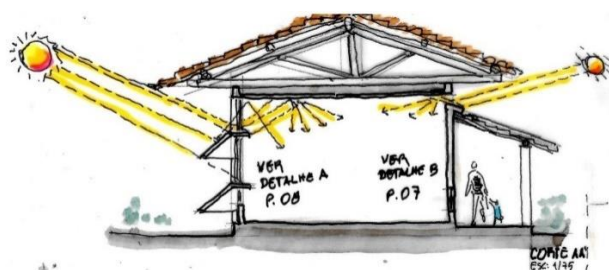


Figura 9 - Corte esquemático.

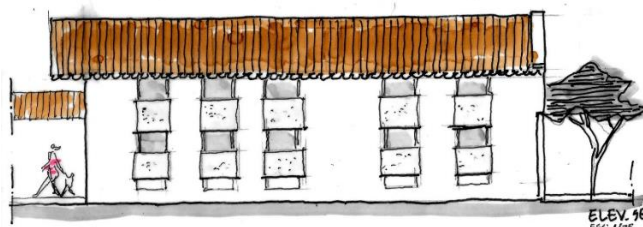


Figura 10 - Elevação do bloco de salas de aula.

A proposta apresentada é consequência da dimensão e do formato do terreno. Caracteriza-se pela simplicidade tanto no que se refere ao conjunto edificado como no que tange ao sistema construtivo adotado, semelhante ao espírito do povo sertanejo, mas respeitando os rigores do clima quente e seco.

Buscou-se a melhor disposição dos blocos no terreno em questão, colocando os de sala de aula orientados com eixo longitudinal alinhado no sentido NE-SO, de maneira que uma das duas fachadas mais extensas estivesse orientada para o sudeste, favorecendo assim, a captação dos ventos predominantes. Já na fachada oposta, foram dispostas as circulações de acesso a esses blocos, funcionando como anteparo contra a radiação do período vespertino.

O bloco administrativo e o bloco de apoio encontram-se implantados paralelamente à via pública, no sentido SE-NO, formando com os blocos de sala de aula um pátio em forma de “U”, onde se localiza o recreio coberto que, devido à ausência de paredes, não obstrui a circulação dos ventos incidentes.

Em relação à tipologia construtiva, blocos mais delgados se apresentam mais adequados, pois permitem a localização de aberturas em fachadas opostas favorecendo a ventilação cruzada nos ambientes internos. Além disso, a iluminação natural é também favorecida como resultado da pequena profundidade dos ambientes internos.

Para evitar os ganhos térmicos oriundos da radiação solar direta, fez-se necessário a utilização de proteção solar com ângulo de sombra de 25° protegendo as fachadas SE e NO (Figura 9). Nas fachadas do bloco de apoio, SO-NE, também são necessários amplos beirais com angulação semelhante (25°).

A fim de examinar, de forma simplificada, a adequação térmica da edificação proposta, foram realizadas simulações computacionais, com o auxílio do *software* Energy Plus 8.2. Para tal, adotou-se um modelo computacional com as mesmas configurações do módulo de sala de aula proposto, considerando que os dois blocos de sala de aula têm o mesmo formato e são implantados com a mesma orientação. Por se tratar de avaliação preliminar, cuja finalidade era identificar o impacto da tipologia construtiva proposta e suas variantes no desempenho térmico da edificação, considerou-se que a simulação do modelo com apenas uma zona térmica produziu informações com um nível de imprecisão compatível com as etapas iniciais do projeto.

Foram simulados 7 modelos da escola proposta, variando-se os materiais e componentes da envoltória.

Para as paredes, foram examinadas as seguintes combinações:

- Alvenaria de uma vez e meia (0,40m) em tijolo maciço;
- Alvenaria dupla com espaço de ar interno (0,29m) em tijolo cerâmico;
- Alvenaria dupla com espaço de ar interno (0,40m) em tijolo maciço;
- Alvenaria dupla com espaço de ar interno (0,40m) em tijolo de cimento e areia.

Para a cobertura, foram examinadas as seguintes combinações:

- Coberta em duas águas, com telha de barro e ático ventilado sobre laje de concreto (0,12m), com a cobertura da circulação situada num plano mais baixo que a do volume principal;
- Coberta em duas águas com telha de barro, com as circulações localizadas sob o prolongamento de uma das águas, com ático ventilado sobre laje de concreto (0,12m);
- Coberta em duas águas em telha de barro, com as circulações localizadas sob o prolongamento de uma das águas, e ático ventilado sobre a laje de forro e a utilização de camada de terra para aumentar a massa térmica da cobertura (concreto = 0,10 m + terra = 0,40 m).

As aberturas e os protetores solares foram projetadas com a finalidade de proporcionar um adequado desempenho térmico e lumínico da escola. As janelas são divididas em duas partes. Para evitar ganhos de calor oriundos da radiação solar direta e aproveitar a iluminação natural, as partes envidraçadas das janelas foram localizadas nos trechos mais altos das folhas onde encontram-se protegidos da radiação solar direta pelos beirais. Já nas partes mais baixas da janela (trecho não protegido pelos beirais) foram propostas venezianas móveis, que ao mesmo tempo em que evitam a entrada da radiação direta no ambiente, proporcionam o controle das eventuais chuvas de vento, bem como da circulação do ar no ambiente interno (Figuras 8 e 9).

Os mesmos componentes que constituem os protetores solares, atuam como peitoris ventilados na fachada SE para a captação dos ventos dominantes (Figura 8).

Já na fachada NO, foram dispostos elementos vazados na mesma altura desse peitoril, proporcionando uma ventilação cruzada, com aberturas de entrada e saída do vento localizadas na altura dos alunos sentados (Figura 9) (BITTENCOURT; CÂNDIDO, 2008).

Antes de prosseguir no desenvolvimento do Anteprojeto, é interessante que se realize uma avaliação simplificada da edificação proposta no Estudo Preliminar. Caso necessário, a proposta arquitetônica deve ser reelaborada com vistas a um melhor desempenho ambiental, antes de se prosseguir no desenvolvimento do projeto arquitetônico.

Para essa avaliação simplificada, foram simuladas as condições de conforto da edificação no dia mais quente e no dia mais frio do ano, cujos resultados serão discutidos no tópico a seguir. Esses dias foram selecionados com base nos dados constantes da Tabela I, onde os dias mais quentes e os mais frios localizam-se nos meses com temperaturas médias mais altas e mais baixas, respectivamente. Considera-se como insumos para as simulações simplificadas, a amplitude térmica diária expressa pela diferença entre a média das temperaturas máximas e as médias das temperaturas mínimas, para cada um dos dois períodos considerados. Os resultados são cotejados com valores da temperatura neutra (HUMPHREYS; NICOLS, 1998) nos dois períodos.

Para efeito das simulações, foram utilizados os dados climáticos do município de Correntina (formato .epw) disponível no site do LABEEE (2012). O ambiente simulado foi considerado ocupado (16 alunos, com roupa leve- 0,5 clo – e atividades sedentárias). O período de ocupação das salas foi de 7:00h às 12:00h e de 13:00h às 17:00h. Não foram considerados ganhos internos devidos à utilização de equipamentos mecânicos nem do uso de iluminação artificial.

#### 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Simulado o comportamento da edificação com diversas configurações da envoltória, obteve-se o Gráfico 1 e o Gráfico 2, onde as linhas horizontais representam os limites superiores (linha vermelha) e inferiores (linha azul) da zona de conforto, considerada como 3,5 °C acima e abaixo da temperatura operativa neutra, para 80% de aceitação (ASHRAE, 2013)

Nos referidos gráficos estão apresentados os resultados do desempenho do edifício construído com 7 diferentes configurações da envoltória. Algumas configurações apresentaram resultados semelhantes entre si, ocasionando uma superposição das linhas correspondentes ao desempenho dessas configurações plotadas nos Gráficos 1 e 2.

Os mencionados gráficos oferecem uma comparação preliminar do desempenho da escola, para cada uma das soluções construtivas examinadas, nos períodos mais quentes (Gráfico 1) e mais frios do ano (Gráfico 2), indicando a necessidade de possíveis ajustes quando do desenvolvimento do Anteprojeto arquitetônico da escola.

A faixa azul no centro dos gráficos representa o período de ocupação da escola (7h às 17h).

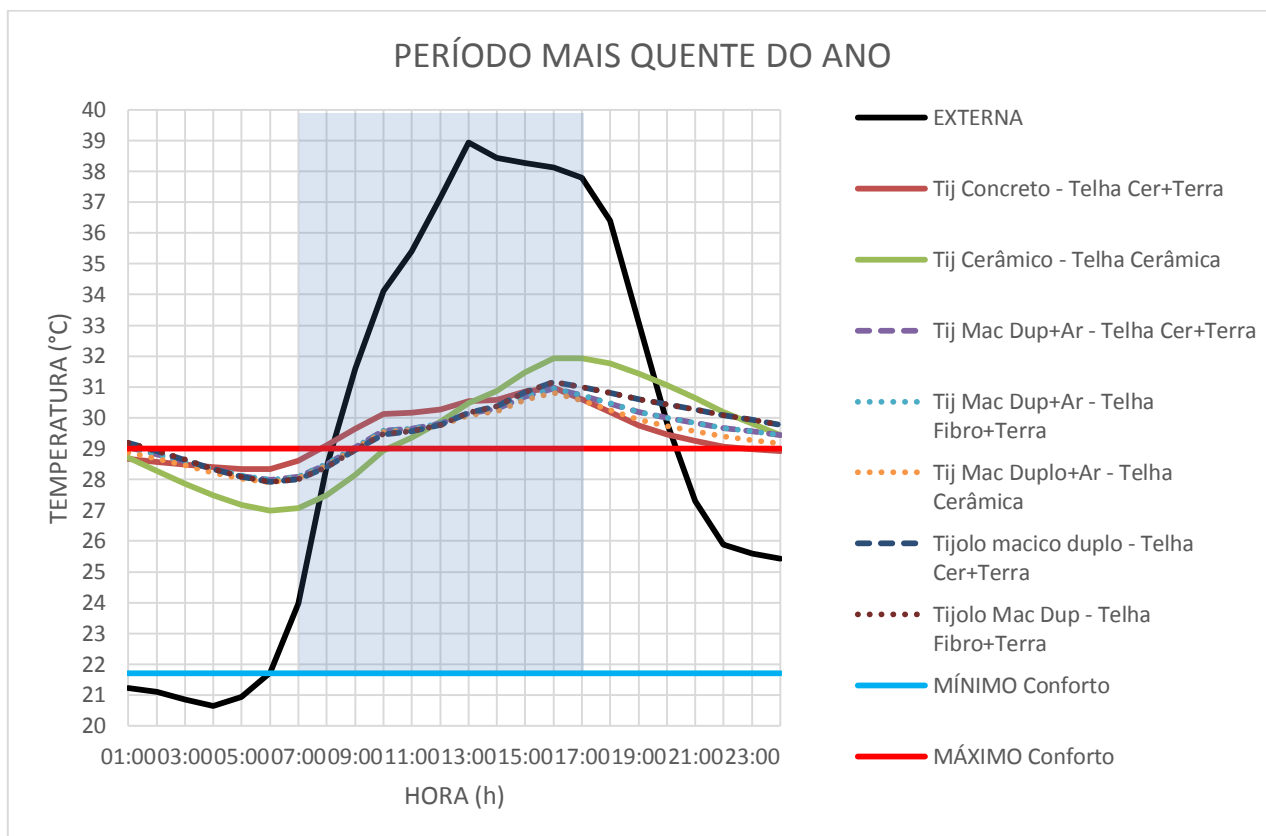


Gráfico 1 - Gráfico comparativo do desempenho térmico do edifício com diferentes configurações construtivas, no período mais quente do ano

O Gráfico 1 mostra o desempenho no período mais quente do ano (outubro), onde a temperatura externa encontra-se na maior parte do tempo acima da zona de conforto com valores que chegam próximos aos 40 °C. Porém, a temperatura no interior das salas de aula foi bem amortecida apresentando valores com até 10 °C de amortecimento.

Apesar disso, principalmente no horário vespertino, as temperaturas internas ficam cerca de 2 °C acima da zona de conforto, sugerindo a necessidade de ajustes quando do desenvolvimento do Anteprojeto.

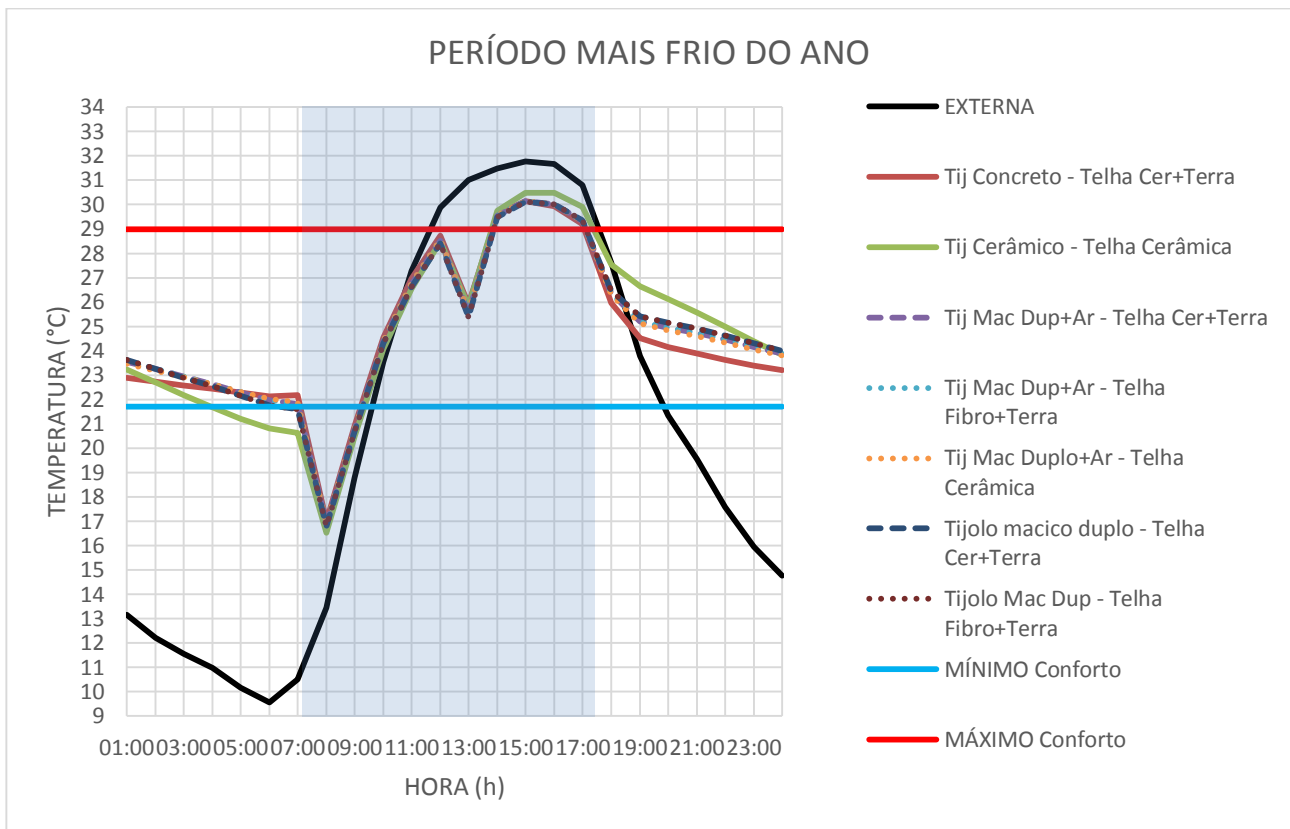


Gráfico 2 - Gráfico comparativo do desempenho térmico do edifício com diferentes configurações construtivas, no período mais frio do ano.

No período mais frio do ano (julho), observa-se que no início do dia até às 09h, a temperatura externa está abaixo da zona de conforto e a partir das 12h encontra-se acima dessa zona. Dentro da sala de aula a temperatura ficou fora da zona de conforto entre as 07h e às 09h da manhã, com valores entre os 17 °C e 22 °C. Por se tratar de um curto período de tempo de desconforto por frio, o mesmo pode ser superado pelos usuários utilizando vestimentas mais pesadas, não sendo necessárias intervenções arquitetônicas. Neste mesmo dia é possível observar também um desconforto por calor no período da tarde, com 1°C acima da zona confortável.

Não se verificam diferenças significativas no desempenho térmico obtido com os diferentes arranjos de cobertura examinados, provavelmente, devido ao fato do ático ser fartamente ventilado.

Os Gráficos 1 e 2 mostram que, dentre as configurações examinadas, para blocos com o eixo longitudinal orientado no sentido SO-NE, melhores resultados foram obtidos com as paredes em alvenaria dupla, executada com tijolos maciços, e espaço de ar interno com 3cm, cujo desempenho está ilustrado nos Gráficos 3 e 4.



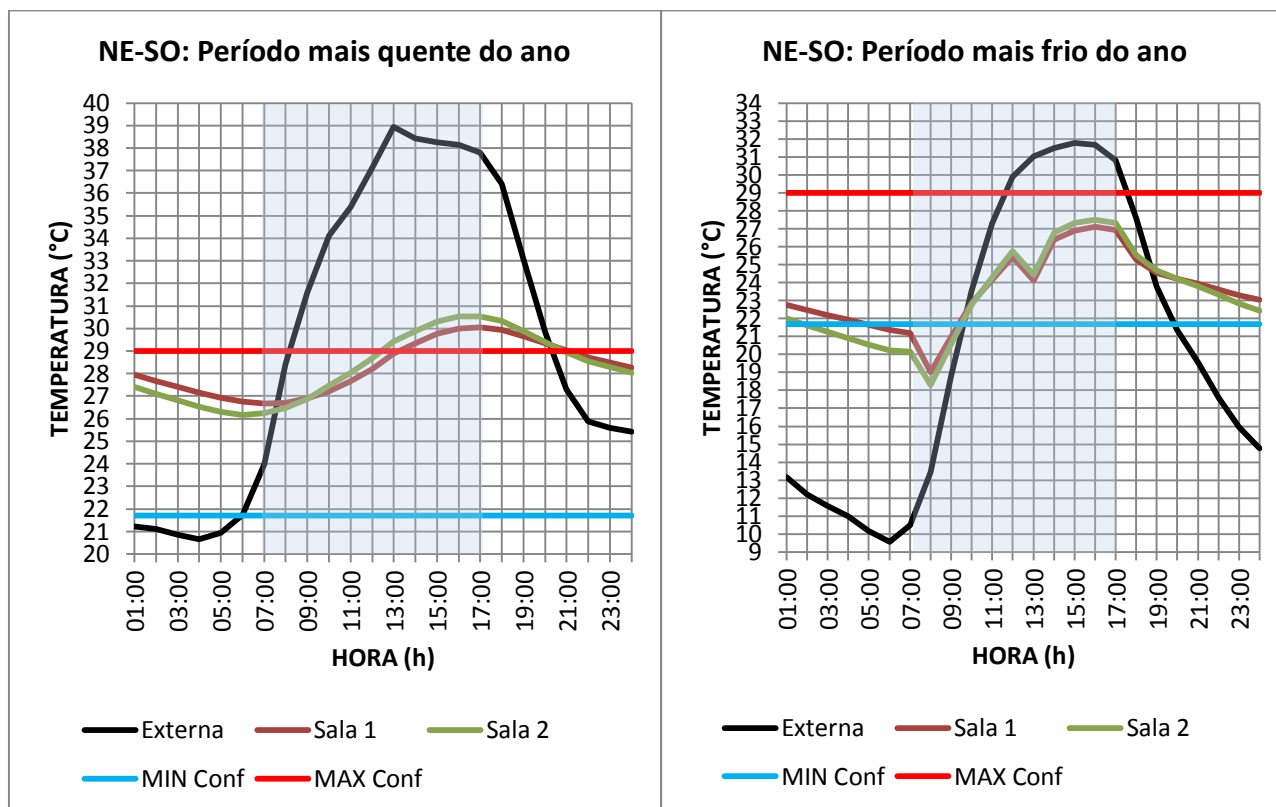


Gráfico 3 – Desempenho no período mais quente do ano.

Gráfico 4 - Desempenho no período mais frio do ano.

## 5. CONCLUSÕES

Esse artigo sugere que ao invés de lançar mão de simulações complexas para avaliar o desempenho térmico de edificações nos estágios iniciais do projeto arquitetônico, os projetistas podem lançar mão de simulações simplificadas para produzir avaliações preliminares que indiquem a necessidade de mudanças radicais na concepção do projeto ou apenas sugiram ajustes no projeto quando o partido estiver adequado às características do clima local.

No caso do projeto examinado nesse trabalho, levando-se em consideração que foram analisadas as situações mais críticas do ano, tanto acima (período mais quente) como abaixo da zona de conforto (período mais frio), pode-se concluir que os resultados obtidos sugerem que o partido arquitetônico adotado apresenta razoável desempenho térmico, já que nos demais dias do ano as temperaturas estarão mais próximas da zona de conforto. Sugerem ainda, que nos curtos períodos onde a temperatura interna está fora da zona de conforto é possível contornar o problema com soluções simples, como a utilização vestimentas mais pesadas, nos dias mais frios, e o acionamento de equipamentos de ventilação mecânica de baixo consumo energético, nos dias mais quentes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASHRAE. American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineering. **Standard 55-3013. Thermal environmental conditions for human occupancy**. Atlanta: ASHRAE, 2013.
- AUGENBROE, G. The role of simulation in early design support. Palestra apresentada no Seminário **Building Performance Simulation for Design and Operation**. Rio de Janeiro: Eletrobrás/Procel, 2008.
- BITTENCOURT, L. S.; CÂNDIDO, C. M. **Introdução à Ventilação Natural**. 3a. ed. Maceió: EDUFAL, 2008.
- BITTENCOURT, L. Considerações preliminares sobre o projeto do edifício ambiental. In Cap. 1: Arquitetura da adaptação. **Edifício Ambiental**. Joana Gonçalves e Klaus Bode orgs. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.
- HENSEN, J. Building Performance Simulation in a Changing Environment. Palestra apresentada no seminário **Building Performance Simulation for Design and Operation**. Rio de Janeiro: Eletrobrás/Procel, 2008.
- HUMPHREYS, M. A.; NICOL, J. F. Understanding the adaptative approach to thermal comfort. **ASHRAE Technical Data Bulletin**, v.14, n.1. Atlanta: ASHRAE, 1998.
- LABEEE. **Arquivo climático de Correntina (.epw)**. Disponível em: <[http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/arquivos\\_climaticos/arquivos/BA\\_Correntina.epw](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/arquivos_climaticos/arquivos/BA_Correntina.epw)>. Data de acesso: 17/04/2015.
- LAWSON, B. **How designers think. The design process demystified**. Oxford: Butterworth Architecture, 1990.
- SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. **Atuação da SUDENE: Semiárido**. Disponível em <<http://www.sudene.gov.br/acesso-a-informação/institucional/área-de-atuação-da-sdene/semiárido>>. Data de

acesso:19/04/2015.

UNICEF do Brasil, **Quem somos?** Disponível em <<http://www.unicef.org.br/>>. Data de acesso: 19/04/2015

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à ELETROBRAS/PROCEL pelos recursos financeiros aplicados no financiamento do projeto.