

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO**

**MESTRADO EM DINÂMICAS DO ESPAÇO HABITADO
DEHA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**Adequação de edificações escolares ao contexto climático de Maceió-AL, com vistas à
otimização de seu desempenho térmico**

Ana Márcia Viana da Costa

Maceió
2012

ANA MÁRCIA VIANA DA COSTA

Adequação de edificações escolares ao contexto climático de Maceió-AL, com vistas à otimização de seu desempenho térmico.

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas como requisito final para a obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo

Orientadora: Prof. Dra. Gianna Melo Barbirato

Maceió
2012

Catlogação na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale

C837a Costa, Ana Márcia Viana da.
Adequação de edificações escolares ao contexto climático de Maceió-AL, com vistas à otimização de seu desempenho térmico / Ana Márcia Viana da Costa. – 2012.
141 f. : il., grafs., tabs.

Orientadora: Gianna Melo Barbirato.
Dissertação (mestrado em Arquitetura e Urbanismo : Dinâmica do Espaço Habitado) – Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Arquitetura. Maceió, 2005.

Bibliografia: f. 133-140
Apêndices: f. 141-143.

1. Arquitetura – Escolas – Maceió (AL). 2. Conforto térmico.
3. Desempenho térmico. 4. Projetos de edificações. I. Título.

CDU: 725.23(813.5)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

Ana Márcia Viana da Costa

Adequação de edificações escolares ao contexto climático de Maceió-AL, com vistas à otimização de seu desempenho térmico.

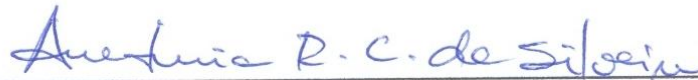
Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Fau/Ufal, área de concentração em Dinâmicas do Espaço Habitado, como requisito final para a obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo

APROVADA em 27/04/2012.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dra. Gianna Melo Barbirato
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFAL



Prof. Dra. Ana Lúcia R. C. da Silveira
Universidade Federal do Piauí



Prof. Dr. Leonardo Bittencourt
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFAL



Prof. Dra. Verônica Robalinho Cavalcanti
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFAL

Dedico à minha avó Maria Vitória.

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo a **Deus**, que me guiou em todo o processo de realização deste trabalho e me ajudou a não desistir.

Aos **meus pais**, por tudo que me ensinaram e me ensinam, por me apoiarem e por todo amor, além de terem me dado oportunidade de conseguir minha formação.

Ao **meu irmão**, pela companhia e por ter me ajudado em muitos momentos em que precisei.

Ao **Lourinaldo**, pelo companheirismo, por todo amor e pelo incentivo ao meu crescimento pessoal e profissional.

A minha **avó Vitória**, que apesar de ausente, também me possibilitou muitos ensinamentos importantes enquanto esteve entre nós.

À minha orientadora, **Gianna Melo Barbirato**, que além de me orientar durante todo meu processo de formação acadêmica, me incentivou, confiou em mim e foi uma grande amiga.

Ao **Grupo de Estudos em Conforto Ambiental (GECA) e ao LABConf**, que além de me possibilitarem um excelente espaço físico para a realização deste trabalho, me proporcionou muitos amigos, em especial Alexandre Sacramento, Sammea Ribeiro, Kamila Mendonça, Wevila Fontes e Isabela Passos, que me ajudaram de alguma forma e me incentivaram.

Aos professores do **DEHA**, que contribuíram neste processo de aprendizagem e em especial ao Leonardo Bittencourt. E ainda as Professoras, Adriana Capretz e Ana Lúcia da Silveira, da UFPI, pelas valiosas contribuições ao meu trabalho.

À **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL)** pela bolsa de estudos concedida. E a todos que de alguma forma contribuíram para a concretização deste projeto.

RESUMO

Projetos escolares que resgatam ao máximo possível os princípios da arquitetura bioclimática podem garantir o adequado conforto térmico dos usuários desses espaços, o satisfatório desenvolvimento das atividades escolares e a eficiência energética do ambiente construído. Ao se projetar uma edificação é importante levar em consideração o clima local, a fim de garantir uma qualidade arquitetônica que responda às necessidades de conforto de seus usuários. Neste contexto, no âmbito das edificações escolares, percebe-se que muitas vezes estas são projetadas em desacordo com o clima da região. Consequentemente podem gerar ambientes termicamente desconfortáveis e que, se não solucionados com o uso da climatização artificial, podem prejudicar o desempenho de alunos e professores no processo de ensino e aprendizagem. Por outro lado, ao utilizar climatização artificial, é importante prezar pela eficiência energética, através do uso racional de energia, visando à possibilidade de utilização dos mecanismos naturais o máximo possível, e dos artificiais de forma complementar. Neste contexto, o objetivo dessa pesquisa é estabelecer diretrizes construtivas para projetos de escolas em Maceió-AL com vistas a um melhor desempenho térmico e consequentemente, maior conforto térmico a seus usuários. Como procedimentos metodológicos foram, inicialmente, escolhidas e analisadas unidades escolares na cidade, quanto aos materiais empregados, entorno, implantação no terreno, orientação solar, ventos dominantes, solução em planta, orientação e distribuição das aberturas, com base nas estratégias bioclimáticas recomendadas para o clima quente e úmido, a fim de analisar a influência desses parâmetros nas condições termo higrométricas dessas edificações. A partir dessas análises iniciais, foram realizadas simulações computacionais em um projeto com base em parâmetros fixos (dimensões das salas de aula, cores das fachadas, pé direito, aberturas, número de alunos, programa de necessidades, e materiais das esquadrias) e variáveis (tipologias das edificações escolares quanto ao conjunto de salas de aula em relação ao corredor de circulação, orientação das fachadas, materiais da cobertura e das paredes) estipulados. Os resultados obtidos apontaram alternativas de projetos baseadas no clima quente e úmido de Maceió, que podem auxiliar futuras intervenções e na concepção de novos projetos, em especial instituições escolares, possibilitando ambientes mais confortáveis termicamente.

Palavras-chave: Conforto térmico; Desempenho térmico; Projeto de edificações; Escolas.

ABSTRACT

School building design that uses as much as possible the principles of bioclimatic architecture can ensure appropriate thermal comfort of users of these spaces, the satisfactory development of school activities and energy efficiency of the built environment. During a building design process it is important to take into account the local climate, in order to ‘achieve occupants’ comfort. In the context, of school buildings, frequently those constructions are made in disaccord with climate exposure that, consequently, may generate uncomfortable–thermal environments that, if not resolved with, artificial climate control strategies, can generate negative overall performance of students and teachers in the teaching and learning process. On the other hand, when using those active indoor control strategies, , it is important to consider the building energy efficiency, natural climate control mechanisms as much as possible supplemented by artificial ones. Thus, the objective of this research is to discuss constructive guidelines for school projects in the city of Maceió-AL for satisfactory thermal performance purposes and consequently, appropriate thermal comfort to their occupants. As methodological procedures, school units in the city were initially chosen and analyzed, observing the constructive materials, surroundings features, siting and location, solar and wind orientation, plan solution, orientation and distribution of openings, in accord with bioclimatic design strategies for hot and humid climate. From these initial analyses, computational simulations were carried out in a design building model based on fixed design parameters (dimensions of classrooms, colors of facades, ceiling height, openings, number of students, architectural program requirements, and materials of the frames) and variables ones (school buildings plan types and the position of classrooms in relation to corridor, orientation of facades, walls and roofing materials). The results showed design alternatives based on the hot and humid climate of Maceió, which may assist future interventions and the design of new architectural projects, particularly school building design, enabling more thermally comfortable indoor environments.

Keywords: Thermal comfort; Thermal performance; School building design; Schools.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Casa Robie, F.L. Wright, Chicago 1909.....	16
Figura 2- Casa Robie F.L.Wright, Chicago 1909 Adaptado de Enarch 83, 1983.	16
Figura 3- Shanghai Bank, de Norman Foster, na China, 1979-1986.	17
Figura 4- Hospital do Aparelho Locomotor Sarah Kubitschek em Salvador.....	17
Figura 5: Esquema explicativo do sistema de ventilação do hospital: baixo consumo de energia e ótimo conforto térmico.....	17
Figura 6- Núcleo de Pesquisa Multidisciplinar da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Maceió- AL. Figura 7- Peitoril ventilado.	18
Figura 8- Amplos beirais. Figura 9: Prateleiras de luz.	18
Figura 10- Zoneamento bioclimático brasileiro. (a) Zoneamento Bioclimático brasileiro e (b) Zona bioclimática 8.	38
Figura 11- Escola Municipal Tia Ciata, Rio de Janeiro.	41
Figura 12- Planta de situação Escola Municipal Tia Ciata e Rachel de Queiroz.	42
Figura 13- Planta baixa do térreo da Escola Municipal Tia Ciata.	42
Figura 14- Planta baixa do 1º pavimento da Escola Municipal Tia Ciata.	43
Figura 15- Fachadas com grandes aberturas e esquadrias recuadas. Figura 16- Destaque para a esquadria recuada na fachada.	43
Figura 17- Aproveitamento da iluminação natural no interior das salas de aula,	44
Figura 18- Centro Educacional de Santo André, São Paulo.	45
Figura 19 e Figura 20- Centro Educacional de Santo André, São Paulo, com vários níveis e uso de cobogós aliviando a insolação no interior da sala de aulas.	46
Figura 21- CAIC São Francisco de Assis, em Catalão, Goiás.	47
Figura 22- Implantação do CAIC em Ceilândia, Brasília-DF.	48
Figura 23- Planta do térreo da Escola Francisco Melo, em Maceió-AL, destacando o zoneamento.	49
Figura 24- Quadra poliesportiva, estrutura pré-moldada com cobertura acrílica.....	50
Figura 25- Janelas pivotantes ao longo de todo o ambiente.	50
Figura 26- Uso de beirais para evitar a radiação solar direta nas aberturas da edificação.	50
Figura 27- Elementos de captação de ar no ginásio de esportes.	50
Figura 28- Localização da cidade de Maceió.	52
Figura 29- Rosa dos ventos para a cidade de Maceió.	54
Figura 30- Carta Bioclimática da cidade de Maceió.	55

Figura 31- Simbologia dos princípios gerais de conforto para o clima quente e úmido.	56
Figura 32- Quadro da Divisão dos Bairros por Regiões Administrativas.	58
Figura 33- Quadro das Edificações escolares escolhidas para análise.	58
Figura 34- Modelo da ficha bioclimática das escolas.....	60
Figura 35- Tela do Programa Design Builder.	62
Figura 36- Localização das escolas escolhidas na cidade de Maceió-AL.	71
Figura 37- Implantação da Escola Frei Damião.	81
Figura 38- Zoneamento do projeto base.	82
Figura 39- Fachada principal do projeto base.	82
Figura 40- Planta de locação e cobertura do projeto base.	84
Figura 41 e Figura 42- Cortes AA´ e BB´ do projeto base.....	84
Figura 43- Planta baixa do projeto base, destacando a configuração dos blocos de salas de aula.	85
Figura 44- Modelagem do Conjunto de salas voltado para um corredor de circulação.	86
Figura 45- Modelagem do Conjunto de salas em formato de “L” voltado para um corredor de circulação.....	92
Figura 46- Modelagem do Conjunto de salas em formato de “U” voltado para um corredor de circulação.....	99
Figura 47- Modelagem do Conjunto duplo de salas voltado para um corredor de circulação e com área coberta central.	105
Figura 48- Modelagem do Conjunto duplo de salas voltado para um corredor de circulação e com área coberta central com laje de concreto.....	111
Figura 49- Modelagem do Conjunto de salas opostas voltadas para um corredor de circulação central.	116
Figura 50- Modelagem do Conjunto duplo de salas voltado para um corredor de circulação e com área descoberta central.....	122
Figura 51- Combinação da tipologia arquitetônica de conjunto de salas	129
Figura 52- Combinação da tipologia arquitetônica de conjunto de salas em formato de “U”, conjunto duplo de salas de aula com área coberta central e conjunto	130

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Quadro de recomendações da UIA para projeto e construção de escolas.....	31
Quadro 2- Quadro demonstrativo dos Aspectos positivos e negativos	32
Quadro 3- Aspectos Contextuais-ambientais.	34
Quadro 4- Aspectos programático-funcionais e estético-compositivos.	35
Quadro 5- Aspectos técnico-construtivos.....	36
Quadro 6- Parâmetros fixos e parâmetros variáveis utilizados	62
Quadro 7- Modelos quanto ao parâmetro variável de materiais de paredes e coberturas.	68
Quadro 8- Tipologias arquitetônicas de edificações escolares.....	69
Quadro 9- Critérios para escolha do projeto base.....	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar	39
Tabela 2- Critério e nível de desempenho de paredes externas quanto à transmitância térmica.	40
Tabela 3- Critério e nível de desempenho de coberturas.....	40
Tabela 4- Estratégias bioclimáticas para Maceió(%)	55
Tabela 5- Temperaturas médias e de neutralidade para Maceió-AL.....	63
Tabela 6: Temperatura de neutralidade e limite de conforto para Maceió-AL.	64
Tabela 7- Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico.....	65
Tabela 8- Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico para algumas coberturas na Zona Bioclimática 8.	67
Tabela 9- Especificações de materiais do projeto base.	83

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Valores mensais de umidade relativa (%) de Maceió-AL.	52
Gráfico 2- Valores mensais de temperaturas médias (°C) de Maceió-AL.	53
Gráfico 3- Valores mensais de precipitações (mm) de Maceió-AL.	53
Gráfico 4- Comparação das temperaturas internas do ar, neutra e limite inferior e superior de conforto térmico para o conjunto de salas de aula voltado para o corredor de circulação, exposto às orientações Norte e Sul, ao longo do ano. (a) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 1, exposto à orientação Norte e Sul (b) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 2, exposto à orientação Norte e Sul. (c) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 3, exposto à orientação Norte e Sul (d) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 4, exposto à orientação Norte e Sul (e) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 5, exposto à orientação Norte e Sul (f) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 6, exposto à orientação Norte e Sul (g) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 7, exposto à orientação Norte e Sul (h) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 8, exposto à orientação Norte e Sul (i) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 9, exposto à orientação Norte e Sul.	88
Gráfico 5- Comparação das temperaturas internas do ar, neutra e limite inferior e superior de conforto térmico para o Conjunto de salas em formato de “L” voltado para um corredor de circulação, exposto à orientação Norte e Sul, ao longo do ano. (a) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 1, exposto à orientação Norte e Sul (b) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 2, exposto à orientação Norte e Sul. (c) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 3, exposto à orientação Norte e Sul (d) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 4, exposto à orientação Norte e Sul (e) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 5, exposto à orientação Norte e Sul (f) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 6, exposto à orientação Norte e Sul (g) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 7, exposto à orientação Norte e Sul (h) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 8, exposto à orientação Norte e Sul (i) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 9, exposto à orientação Norte e Sul.....	94
Gráfico 6- Comparação das temperaturas internas do ar, neutra e limite inferior e superior de conforto térmico para o Conjunto de salas em formato de “U” voltado para um corredor de circulação, exposto às orientações Norte e Sul, ao longo do ano. (a) Temperatura interna do ar	

e limite de conforto no modelo 1, exposto à orientação Norte e Sul (b) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 2, exposto à orientação Norte e Sul. (c) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 3, exposto à orientação Norte e Sul (d) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 4, exposto à orientação Norte e Sul (e) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 5, exposto à orientação Norte e Sul (f) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 6, exposto à orientação Norte e Sul (g) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 7, exposto à orientação Norte e Sul (h) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 8, exposto à orientação Norte e Sul (i) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 9, exposto à orientação Norte e Sul..... 101

Gráfico 7- Comparação das temperaturas internas do ar, neutra e limite inferior e superior de conforto térmico para o Conjunto duplo de salas voltado para um corredor de circulação e com área coberta central, expostas à orientação Norte e Sul, ao longo do ano. (a) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 1, exposto à orientação Norte e Sul (b) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 2, exposto à orientação Norte e Sul. (c) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 3, exposto à orientação Norte e Sul (d) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 4, exposto à orientação Norte e Sul (e) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 5, exposto à orientação Norte e Sul (f) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 6, exposto à orientação Norte e Sul (g) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 7, exposto à orientação Norte e Sul (h) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 8, exposto à orientação Norte e Sul (i) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 9, exposto à orientação Norte e Sul. 107

Gráfico 8- Comparação das temperaturas internas do ar, neutra e limite inferior e superior de conforto térmico para o Conjunto duplo de salas voltado para um corredor de circulação e com área coberta central em laje de concreto, ao longo do ano e exposto às orientações Norte e Sul. (a) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 1, exposto à orientação Norte e Sul (b) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 2, exposto à orientação Norte e Sul. (c) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 3, exposto à orientação Norte e Sul (d) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 4, exposto à orientação Norte e Sul (e) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 5, exposto à orientação Norte e Sul (f) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 6, exposto à orientação Norte e Sul (g) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 7, exposto à orientação Norte e Sul (h) Temperatura interna do ar e limite

de conforto no modelo 8, exposto à orientação Norte e Sul (i) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 9, exposto à orientação Norte e Sul.	112
Gráfico 9- Comparação das temperaturas internas do ar, neutra e limite inferior e superior de conforto térmico para Conjunto de salas opostas voltadas para um corredor de circulação central, ao longo do ano e exposto às orientações Norte e Sul. (a) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 1, exposto à orientação Norte e Sul (b) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 2, exposto à orientação Norte e Sul. (c) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 3, exposto à orientação Norte e Sul (d) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 4, exposto à orientação Norte e Sul (e) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 5, exposto à orientação Norte e Sul (f) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 6, exposto à orientação Norte e Sul (g) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 7, exposto à orientação Norte e Sul (h) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 8, exposto à orientação Norte e Sul (i) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 9, exposto à orientação Norte e Sul.....	
	118
Gráfico 10- Comparação das temperaturas internas do ar, neutra e limite inferior e superior de conforto térmico para Conjunto duplo de salas voltado para um corredor de circulação e com área descoberta central, ao longo do ano e expostas às orientações Norte e Sul. (a) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 1, exposto à orientação Norte e Sul (b) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 2, exposto à orientação Norte e Sul. (c) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 3, exposto à orientação Norte e Sul (d) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 4, exposto à orientação Norte e Sul (e) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 5, exposto à orientação Norte e Sul (f) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 6, exposto à orientação Norte e Sul (g) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 7, exposto à orientação Norte e Sul (h) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 8, exposto à orientação Norte e Sul (i) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 9, exposto à orientação Norte e Sul.....	
	123

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	14
Objetivo Geral:	25
Objetivos Específicos:	25
Estrutura da dissertação	25
1 REVISÃO DOCUMENTAL.....	26
1.1 Edificações escolares e o enfoque bioclimático	26
1.2 Recomendações e normas.....	30
1.3 Exemplos de escolas e suas estratégias de adequação climática	40
1.4 Caracterização climática de Maceió-AL e exigências bioclimáticas para projeto de edificações	51
1.4.1 Carta Bioclimática de Maceió	54
1.4.2 Estratégias bioclimáticas para Maceió	55
2 METODOLOGIA.....	57
2.1 Levantamento de dados e projetos arquitetônicos de edificações escolares	57
2.2 Análise das unidades escolares escolhidas	59
2.3 Definição preliminar do projeto base de escola.....	60
2.4 Simulação computacional.....	61
2.5 Síntese dos resultados e discussões	69
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	70
3.1 Análise qualitativa das escolas selecionadas	70
3.2 Projeto base	80
3.3 Resultados das simulações quanto os parâmetros variáveis.....	85
3.3.1 Conjunto de salas voltado para um corredor de circulação.....	86
3.3.2 Conjunto de salas em formato de “L” voltadas para um corredor de circulação central.....	92
3.3.3 Conjunto de salas em formato de “U” voltadas para um corredor de circulação central.....	99
3.3.4 Conjunto duplo de salas voltado para um corredor de circulação e com área coberta central.....	105
3.3.5 Conjunto duplo de salas voltado para um corredor de circulação e com área coberta central com laje de concreto	111

3.3.6	Conjunto de salas opostas voltadas para um corredor de circulação central	116
3.3.7	Conjunto duplo de salas voltado para um corredor de circulação e com área descoberta central	122
4	DISCUSSÃO GERAL DOS RESULTADOS.....	127
5	CONCLUSÕES	131
	REFERÊNCIAS	133

INTRODUÇÃO

A condição ideal para o homem viver é determinada, em grande parte, por suas exigências fisiológicas. Por outro lado, o clima influencia tais condições. Ambos os aspectos são relevantes e determinam as decisões tomadas pelo projetista, para atingir as condições ideais das edificações. Nesse contexto a arquitetura é responsável por oferecer ao homem um abrigo coerente com suas necessidades e com o clima.

O corpo humano busca o equilíbrio com o meio ambiente em que vive e deve se utilizar de recursos encontrados no próprio meio para se proteger. Este fato reflete-se na arquitetura, que deve buscar adequar-se, o máximo possível, ao conjunto de condicionantes climáticos. Porém, nem sempre estes aspectos são levados em consideração, gerando muitas vezes construções inadequadas ao local de implantação e que são corrigidas através de sistemas de climatização artificial. Nesses casos, o aumento excessivo do consumo energético é frequente.

Desde os tempos mais remotos, a adequação ao clima induzia quase que instintivamente, a forma de o homem organizar seus espaços para garantir sua sobrevivência. As soluções para o problema desta adequação estavam na arquitetura, através da escolha de materiais, técnicas construtivas e a maneira em que a edificação era inserida na paisagem.

A ciência que trata da relação entre o usuário e as condições climáticas é denominada de bioclimatologia. A “arquitetura bioclimática” é aquela que busca adaptar-se ao local de implantação, tirar proveito dos elementos e fatores climáticos e possuir adequada construção de sua envoltória, ou seja, em harmonia com o seu entorno e priorizando as necessidades humanas.

A bioclimatologia relaciona o estudo do clima aplicado à arquitetura, buscando-se com isso melhorar as condições de conforto dos seres humanos nas edificações através do uso de estratégias de projeto apropriadas de acordo às diferenças climáticas consideradas para cada local. Em geral com ela se busca a otimização das condições interiores e exteriores a partir da inter-relação de três sistemas: o clima, o homem e o habitat, com o aproveitamento por meio da habitação de todas as condicionantes climáticas, como a orientação solar, ventos, iluminação natural, água, o dimensionamento de aberturas, das proteções solares, a eleição dos diferentes materiais, forma,

orientação, cores e proporções dos espaços exteriores e interiores, devendo ser pensados desde o começo do processo de desenho, para proporcionar desta forma uma sensação de conforto térmico nos usuários e com baixo consumo de energia por parte da edificação. (JOHN, 2007, Pág.16)

A arquitetura bioclimática reforça e contribui para a eficiência térmico-energética de um edifício, independe do estilo que pertença, ou seja, promove a redução do consumo energético e do impacto ambiental, através do uso da “energia natural” ao invés de mecanismos ativos ou da instalação de menor potência elétrica possível quando esta é necessária. Assim não existe uma “arquitetura bioclimática”, como um estilo, mas arquitetura simplesmente; assim, toda arquitetura deve levar em consideração no desenho arquitetônico, um conjunto de dados, de condicionantes, para obter soluções adequadas na execução do projeto, entre eles os princípios bioclimáticos.

Em geral, é uma arquitetura pensada com o clima do lugar, o sol, o vento, a vegetação e a topografia, com um desenho que permite tirar proveito das condições naturais do lugar, estabelecendo condições adequadas de conforto físico e mental dentro do espaço físico em que se desenvolve. (CORREA, 2001)

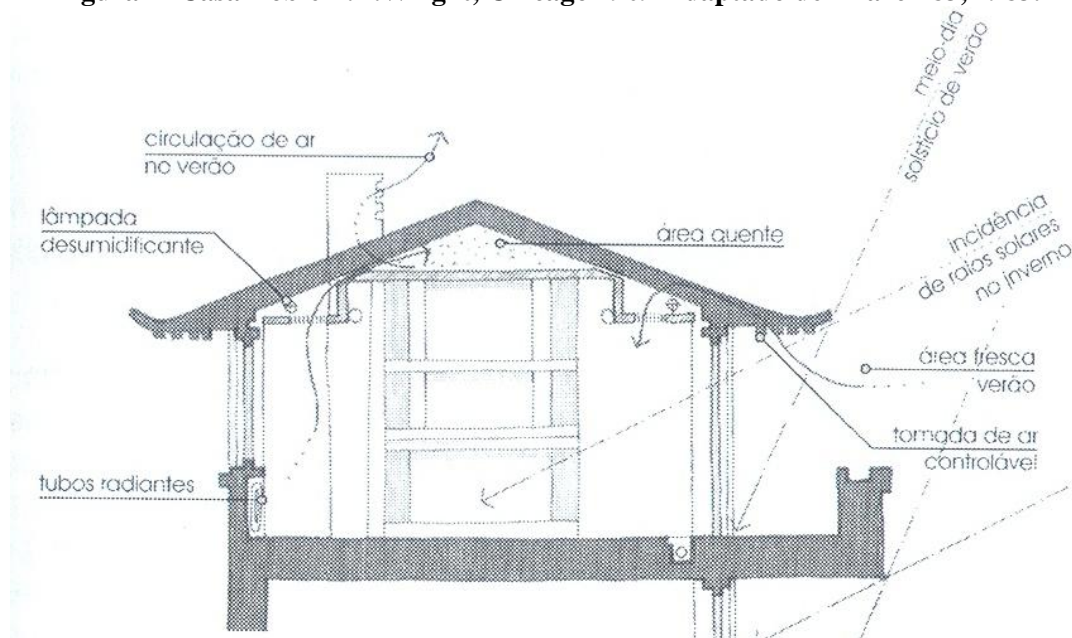
Um exemplo do uso do bioclimatismo na arquitetura moderna é a Casa Robie do arquiteto Frank Lloyd Wright, que faz uso de grandes janelas protegidas da insolação do verão, abertas em três lados para o aproveitamento da ventilação cruzada e que funcionam como solário no inverno. Banheiros, cozinha e área de serviço estão localizados para o sul, protegendo-a do vento frio do inverno. A iluminação artificial é feita com lâmpadas desumificadoras embutidas no forro, pelas quais circula o ar no inverno para secar o espaço e amenizar a umidade própria do clima local. (CUNHA, 2004). (Figura 1 e 2)

Figura 1- Casa Robie, F.L. Wright, Chicago 1909.



Fonte: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/54/Robie_House_HABS1.jpg,
_acesso em agosto de 2011.

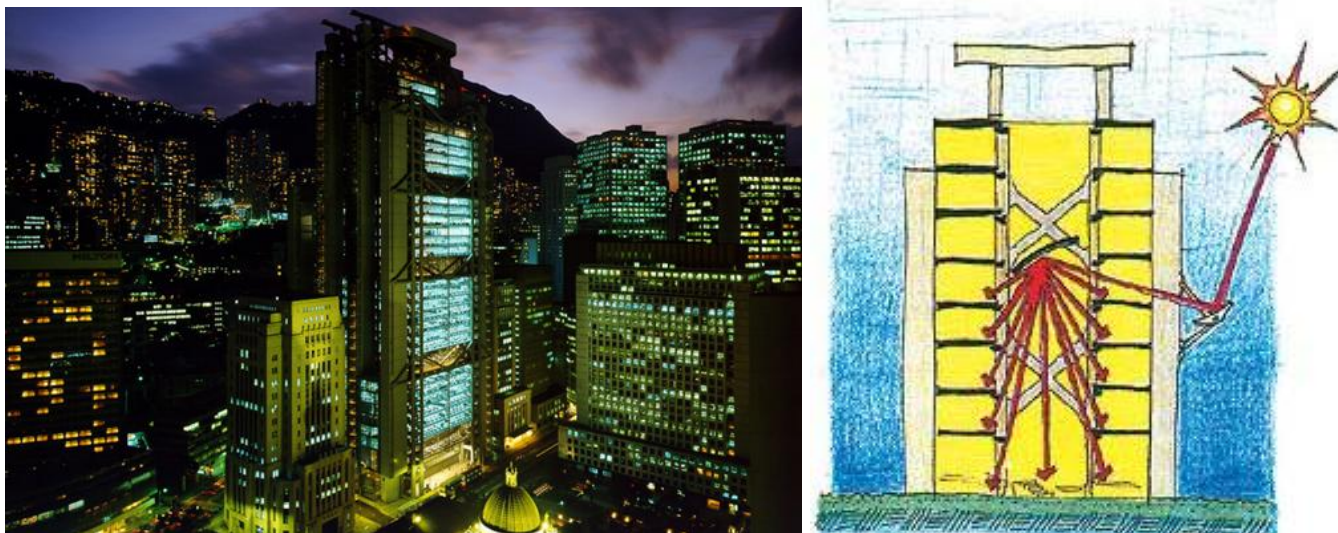
Figura 2- Casa Robie F.L.Wright, Chicago 1909 Adaptado de Enarch 83, 1983.



Fonte: CUNHA, 2004.

Outro exemplo é o Shanghai Bank, China, do arquiteto Norman Foster, projeto que faz uso do estilo *high tech* através do incremento de elementos refletores em todo o edifício, a fim de distribuir a luz natural para todos os andares e melhorar a qualidade visual dos ambientes internos. (Figura 3)

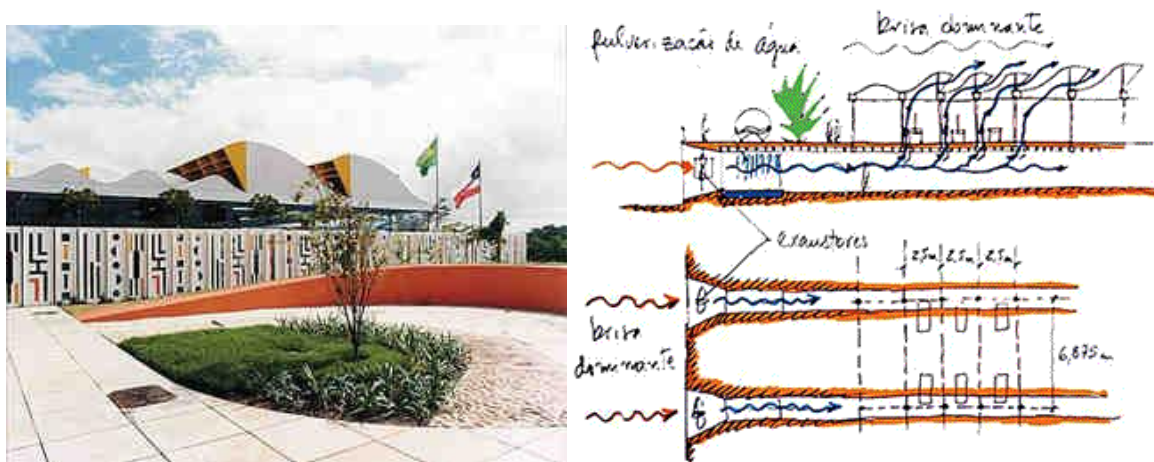
Figura 3- Shanghai Bank, de Norman Foster, na China, 1979-1986.



Fonte: <http://abduzeedo.com/node/19061>, acesso em agosto de 2011 e Lamberts, 1997.

O Hospital do Aparelho Locomotor Sarah Kubitschek em Salvador – BA de João Filgueiras Lima (Lelé), concluído em 1994 é, ao mesmo tempo, o protótipo e a obra-prima de uma série de unidades da mesma rede. Foi nesse projeto que Lelé utilizou pela primeira vez o sistema de ventilação através de galerias semi-enterradas construídas em concreto armado, que funcionam não só para captar os ventos dominantes e dispor as tubulações do hospital, mas também como fundação. (Figuras 4 e 5)

Figura 4- Hospital do Aparelho Locomotor Sarah Kubitschek em Salvador.
Figura 5- Esquema explicativo do sistema de ventilação do hospital: baixo consumo de energia e ótimo conforto térmico.



Fonte: <http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/hospitais-anos-90-08-02-2001.html>, acesso em agosto de 2011.

O arquiteto Leonardo Bittencourt projetou o Núcleo de Pesquisa Multidisciplinar da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) inaugurado em 2005 (Figura 6). O projeto apresenta integração da arquitetura às condicionantes ambientais locais, possuindo estratégias de projeto para incrementar a iluminação natural e o resfriamento passivo. Estes elementos são: coletores de vento; grelhas; peitoris ventilados (Figura 7), que proporcionam o insuflamento de ar em alturas mais baixas, e conseqüentemente, proporcionam ventilação na altura dos usuários; amplos beirais (Figura 8), que permitem ventilação entre a cobertura e a laje, protegem das chuvas e diminuem a incidência da radiação solar; e prateleiras de luz (Figura 9), que funcionam como proteção solar e redirecionador da luz natural.

Figura 6- Núcleo de Pesquisa Multidisciplinar da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Maceió- AL. Figura 7- Peitoril ventilado.



Fonte: Arquivo do Grupo de Estudos em Conforto Ambiental (GECA-UFAL).

Figura 8- Amplos beirais. Figura 9: Prateleiras de luz.



Fonte: Arquivo do Grupo de Estudos em Conforto Ambiental (GECA-UFAL).

A escala da edificação, os diferentes tipos de edifícios estão variadamente compostos pelos seus elementos construtivos, segundo uma lógica ligada ao clima local. Esses elementos são: a relação dos volumes com o exterior, a sua relação com o solo, a organização de seus espaços interiores e das superfícies que os delimitam, seu acabamento, tamanho, forma e proteção de suas aberturas, além de outros elementos compositivos. (CUNHA, 2004)

A característica do edifício em relação ao clima é encontrada também na escolha dos materiais e no seu emprego. Antes do aparecimento e da difusão dos métodos modernos de climatização artificial, o problema térmico era quase que corretamente resolvido com recursos de formas, materiais, orientação e localização das edificações. O acerto desses recursos levou a sua generalização, visto que o desempenho térmico necessário do envolvente edificativo (paredes, cobertura e aberturas) foi, juntamente a outras motivações de caráter sociocultural, um dos fatores que influenciaram os estilos regionais. (CUNHA, 2004, Pág.7)

O conceito *bioclimático* é formado pela palavra *bio* que denota biologia, ou seja, a nossa biologia ou as nossas necessidades biológicas ao nível do metabolismo do corpo humano. A palavra *climático* referencia o clima em questão. O termo projeto bioclimático foi denominado inicialmente pelos irmãos Olgyay em 1963 (OLGYAY, 1998).

Para Olgyay (1998), o processo construtivo de uma edificação climaticamente equilibrada pode ser dividido em quatro etapas, a última das quais é a expressão arquitetônica. Dessa forma, o primeiro passo para a adequação ambiental consiste em analisar os elementos climáticos do lugar escolhido. O segundo é unificar uma avaliação das incidências do clima em termos fisiológicos. Em terceiro lugar, analisa-se a solução tecnológica adequada para o problema de conforto climático. Por último, soluções devem combinar-se de acordo com sua importância em uma “unidade arquitetônica”.

Para se ter um controle natural dos ambientes projetados é necessário entender as características climáticas locais, a fim de não prejudicar o bem estar dos usuários. Os espaços construídos devem amenizar as sensações de desconforto impostas pelas condições externas e proporcionar ambientes favoráveis à realização das atividades dos usuários.

Assim, o objetivo do projeto de arquitetura bioclimática é prover um ambiente construído com conforto físico, sadio e agradável, adaptado ao clima local, que

minimize o consumo de energia convencional e precise da instalação de menor potência elétrica possível, o que leva à mínima produção de poluição. (CORBELLA, 2003)

Segundo Vissilia (2008) o projeto bioclimático, por definição, satisfaz as necessidades dos seres humanos (térmica, luminosa e acústica), está atento às condições climáticas. Utiliza técnicas que incluem a habilidade e conhecimento de como permitir a entrada de luz solar, do calor e do ar através do envelope do edifício somente quando necessário, em momentos apropriados durante o dia e nos meses apropriados do ano. Emprega materiais disponíveis na região e procura integrar o edifício com o ambiente.

A importância da utilização dos princípios bioclimáticos na concepção e construção dos espaços, deve-se ao alcance da inter-relação entre os seguintes aspectos (FERREIRA, 2004):

- a) A dimensão humana e suas necessidades físico-biológicas associadas ao conforto;
- b) A dimensão ecológica com a utilização de sistemas passivos de energia obtidos a partir o potencial climático e ambiental local;
- c) A dimensão econômica com a redução de recursos financeiros e de consumo de energia, principalmente elétrica;
- d) A dimensão espacial a partir de uma arquitetura planejada para interagir com a natureza e promover conjuntos urbano-arquitetônicos mais equilibrados espacial e ambientalmente;
- e) A dimensão tecnológica com o desenvolvimento de novas técnicas, sistemas passivos, materiais e componentes arquitetônicos.

Nesse contexto, segundo Evans (2007), a arquitetura bioclimática engloba não apenas o conforto ambiental, na busca pela proteção contra os rigores climáticos, mas também a redução da demanda por energia fóssil e não renovável:

A proteção contra condições adversas do ambiente externo, assim como a conservação das variáveis ambientais favoráveis ao conforto, pode ser alcançada através de dois mecanismos alternativos: o uso das premissas do projeto bioclimático ou o condicionamento artificial. Entretanto, a proteção climática e o aproveitamento das condições favoráveis não apenas implica na busca por conforto e bem-estar, mas também na redução da demanda por energia fóssil e não-renovável, assim como o melhor uso de energias renováveis de fontes naturais como o sol e o vento (EVANS, 2007, Pág. 3)

Os crescentes problemas energéticos nacionais e mundiais tornam essencial que as edificações sejam projetadas e construídas de acordo com critérios que garantam a sua adequação ao clima em que se inserem. Por meio desta adequação pode-se obter a satisfação do usuário quanto às condições térmicas dos ambientes internos, evitando-se, em consequência, o desperdício de energia elétrica com condicionamento artificial da edificação (RORIZ; et al. 2001).

O projeto climaticamente adequado pode reduzir o custo de energia de uma edificação, usar “energia natural” ao invés de mecanismos ativos e promover um ambiente confortável e saudável para os usuários. A obtenção de conforto térmico em uma arquitetura adaptada ao clima, principalmente em edificações públicas, promove a redução do desperdício de energia, diminuindo os investimentos do governo para tais aspectos.

É necessário também salientar que existem limites para a climatização natural. Por isso o uso da climatização artificial não pode ser totalmente descartado, especialmente em climas com estações mais rigorosas. Porém ao utilizá-la, é importante prezar pela eficiência energética, através do uso racional de energia, visando a possibilidade de utilização dos mecanismos naturais o máximo possível, e dos artificiais de forma complementar.

No contexto das edificações nas quais é possível utilizar-se dos princípios da bioclimatologia para a sua concepção, respeitando-se as exigências climáticas e programa arquitetônico, tem-se a edificação escolar.

Sabe-se que a edificação escolar é um equipamento de significativa importância no contexto social, cultural e econômico de um país, por proporcionar condições de ensino à população, além de abrigar funções sociais variadas, muitas vezes não contempladas no programa arquitetônico original do edifício escolar. (LABAKI, 2001).

Segundo Castro (2009) o país precisa investir em uma educação pública de qualidade para construir bases para sua melhoria e crescimento. Porém, uma educação de qualidade não está vinculada apenas à forma como o conhecimento é transmitido em uma relação aluno-professor, mas também ao espaço em que se dá esta relação, em como este espaço se articula com sua realidade local e em que ele pode contribuir para melhoria desta realidade.

Deve-se, então, pensar o programa elaborado para a arquitetura escolar levando-se em conta fatores que venham de fora dos muros da escola, transformando-a assim em um elemento reestruturador de uma realidade local. Com isso, a escola deixaria de ser apenas um serviço, passando a ser vista como um equipamento urbano, instrumento de integração e cidadania. De todos os serviços essenciais oferecidos pelo Estado, a educação é o que possui caráter agregador por si só, onde a convivência em sociedade é um de seus princípios e, sendo assim, a escola não deve se limitar a um público específico, e sim se abrir para toda a comunidade. (CASTRO, 2009, Pág.2)

Em um país em desenvolvimento, com grandes desigualdades econômicas e sociais como o Brasil, a importância desse equipamento se intensifica. Assim, pode-se dizer que a qualidade dos edifícios escolares tem um papel significativo no desenvolvimento social e econômico de um país. (FUNARI, 2005)

Artigas (1981) já alertava sobre a importância de se consumir atenção, atividades e recursos para manter a rede escolar qualitativa e quantitativamente.

O bom funcionamento de um ambiente de estudo ou trabalho depende da qualidade da construção, das disponibilidades de equipamentos e da cooperação e conscientização do público das edificações escolares (KOWALTOWSKI et.al, 2002).

A arquitetura tem uma contribuição fundamental nesse campo. Com seu domínio sobre a concepção de espaço e sobre a influência dos materiais, da natureza e das cores nas pessoas, o arquiteto pode interagir com os demais profissionais envolvidos no processo de aprendizagem para criar um ambiente escolar agradável e estimulante tanto a alunos quanto a professores. (MELATTI, 2004)

No desenvolvimento pleno e satisfatório do processo ensino-aprendizagem, é fundamental a valorização dos condicionantes externos à relação de produção do conhecimento, dentre os quais assumem grande importância as chamadas necessidades de conforto (PAIXÃO, 1997).

Para Libáneo (1985), a escola funciona como modeladora do comportamento humano através de técnicas específicas, tais como, pedagógicas, psicológicas, econômicas e sociais. A ela compete organizar o processo de aquisição de habilidades, atitudes e conhecimentos específicos, úteis e necessários para os indivíduos.

Segundo Castro (2009) na implantação de uma escola deve-se levar em consideração questões práticas como localização, acessibilidade, público-alvo, demanda

de alunos na região entre outros fatores que levariam a escolha de um terreno. A escola deve ser vista como equipamento ativo dentro da sociedade.

Ela não pode ser relegada a um canto, uma sobra vazia do tecido urbano, como se fosse jogada ali apenas para alegar a sua existência. A escola deve ser pensada de forma articulada com seu entorno, tentando agregar qualidades que faltam a sua região, e é claro, quando possível, agregar a si qualidades que possam existir em seu entorno. (CASTRO, 2009, Pág. 12)

Pela importância que assume, esse tipo de edificação deve prover condições favoráveis de conforto aos seus usuários, como condições de iluminação, umidade e temperaturas adequadas, ausência de ruído excessivo, entre outros fatores, para que não haja prejuízo ao desempenho escolar dos alunos.

Segundo Azevedo (2002) o ambiente escolar deve oferecer boas condições ambientais, de maneira a fortalecer as relações pessoa-ambiente, considerando assim, a proteção contra ruídos externos, o isolamento a possíveis fontes poluidoras – que comprometeriam a qualidade do ar – e a correta implantação em relação à orientação solar e a direção dos ventos. Além disso, deve considerar uma maior interação com o meio-ambiente natural, a partir da adaptação a topografia existente, interferindo o menos possível na configuração natural do terreno e preservando a vegetação nativa.

Esses parâmetros irão reforçar então, a pretendida interação do trinômio homem/ ambiente construído / ambiente natural, corroborando com uma conscientização ecológica e com o conceito de sustentabilidade. Essas questões deverão ser tratadas na concepção projetual desde a fase da programação, tendo em vista a produção de uma edificação de alta qualidade ambiental, que além de responder às necessidades funcionais e comportamentais, assuma um compromisso de promover a eficiência energética, o conforto ambiental e a proteção ao meio-ambiente. Esse compromisso poderá ser estabelecido a partir da adequação do edifício ao clima da região, considerando a configuração de uma arquitetura que responda compativelmente aos parâmetros ambientais. (AZEVEDO, 2002 pág. 103)

Segundo Adriazola e Krüger (2003), considerar as características térmicas da envoltória no projeto arquitetônico de escolas possibilita a diminuição do custo de utilização e manutenção da construção além de contribuir para o maior conforto térmico dos usuários. A escolha correta de tais itens como orientação solar, dimensionamento de abertura de ventilação e iluminação natural e dos materiais de construção levando o

clima local como um dos fatores determinantes do projeto contribuirá para melhorar o conforto ambiental e, conseqüentemente, para a racionalização no uso de equipamentos para climatização destes ambientes, na redução do consumo energético, enfim, de maneira mais ampla, na preservação dos recursos naturais.

O ambiente escolar e, principalmente, a sala de aula é um local que exige alto nível de concentração, por parte de alunos e professores, esta pode ser influenciada pelas condições ambientais deficientes do recinto, sendo as principais causas de sintomas desagradáveis, tais como cansaço, desânimo, saídas freqüentes das salas, entre outros que culminam na perda de concentração. (SANTOS, 1998).

No caso de edificações escolares, os custos operacionais são fatores relevantes, pois “Se o projeto, por um lado, deve atender às condições de conforto térmico e lumínico, por outro pode contribuir para minimizar os gastos excessivos com energia elétrica”. (BITTENCOURT et.al, 2007)

Ao analisar edificações escolares pode haver falhas relacionadas à aplicação dos conceitos de conforto ambiental. Devem-se observar as definições utilizadas nos projetos e avaliar aquelas que necessitam de uma visão mais criteriosa. No estudo dos prédios escolares, é importante considerar cada aspecto de conforto e seus possíveis tratamentos. Em alguns casos os parâmetros de conforto ambiental são conflitantes. Muitas vezes, não é possível contemplar todos os critérios estabelecidos simultânea e concomitantemente, mas, na definição do projeto, podem-se propor soluções que colaborem na amenização de determinados fatores sem prejuízos aos demais aspectos. (GRAÇA, 2001)

Neste contexto percebe-se a importância de se analisar criticamente o ambiente construído escolar, a fim de avaliar a qualidade do projeto, quanto ao aspecto da sua adequação climática e a necessidade de estimular o uso do condicionamento natural nesse tipo de espaço e promover a eficiência energética dessas edificações. A partir deste argumento a pesquisa procura apontar diretrizes construtivas necessárias para edificações escolares, que busquem a retomada do equilíbrio da arquitetura com a natureza e conseqüentemente, com a promoção de projetos e espaços físicos educativos mais adequados ao clima local e às necessidades dos usuários desses espaços.

Objetivo Geral:

Avaliar a adequação de edificações escolares ao contexto climático de Maceió – AL, com vistas ao conforto térmico de seus usuários e um melhor desempenho térmico dessas edificações.

Objetivos Específicos:

Analisar qualitativamente as soluções bioclimáticas arquitetônicas presentes em escolas na cidade, quanto aos aspectos relativos ao entorno, implantação no terreno, orientação solar, ventos dominantes, solução em planta, materiais empregados, orientação e distribuição das aberturas.

Identificar as tipologias das edificações escolares mais recorrentes na cidade, quanto ao conjunto de salas de aula em relação ao corredor de circulação.

Avaliar o desempenho térmico de uma solução corrente de projeto de escola da cidade, de acordo com parâmetros fixos (dimensões das salas de aula, cores das fachadas, pé direito, número de alunos, programa de necessidades, aberturas e materiais das esquadrias) e parâmetros variáveis (tipologias das edificações escolares quanto ao conjunto de salas de aula em relação ao corredor, orientação das fachadas, materiais da cobertura e das paredes).

Estrutura da dissertação

O trabalho estrutura-se em 5 capítulos. O primeiro capítulo é composto por uma revisão documental abrangendo temas relacionados à arquitetura adaptada ao clima, desempenho térmico das edificações, estratégias bioclimáticas para o clima quente e úmido, princípios e exigências entre outros aspectos. Também são abordadas as prescrições e normas para projetos bioclimáticos de edificações escolares, além estado da arte sobre análise bioclimática de escolas e exemplos de escolas. O segundo capítulo trata dos procedimentos metodológicos do trabalho. O capítulo três trata da avaliação do desempenho térmico das edificações escolares em Maceió, que foi realizada através de simulações computacionais com o auxílio do programa *Design Builder*, de acordo com parâmetros fixos e variáveis estipulados e discutirá os resultados obtidos como subsídios para elaboração de projetos e adequação de edificações escolares para Maceió-AL. O quarto capítulo trata da discussão geral dos resultados e o último capítulo das conclusões e desdobramentos que podem ocorrer com o presente trabalho.

1 REVISÃO DOCUMENTAL

1.1 Edificações escolares e o enfoque bioclimático

A sala de aula é a básica e mais importante unidade de conforto térmico e consumo de energia, na maioria dos edifícios escolares. As crianças passam a maior parte do seu tempo em sala de aula para se concentrarem em seus estudos. (PEREZ, 2008)

A qualidade da arquitetura escolar depende do nível de adequação e de desempenho de seus ambientes, em seus aspectos técnicos, funcionais, estéticos e, conseqüentemente, do modo como esses aspectos afetam o bem-estar dos seus usuários. As relações edifícios-usuários estão diretamente vinculadas ao grau de interação e à capacidade de resposta dos edifícios e instalações escolares às atividades neles realizadas. (AZEVEDO et.al, 2004)

A construção de um espaço escolar exige a observância de inúmeros critérios: os fatores geográficos favoráveis (posição do sol, clima, topografia do terreno, demanda populacional, acesso a transporte, ruas menos barulhentas e etc.), a conformação que se refere à forma, a disposição, os elementos simbólicos e as dimensões pedagógicas, administrativas, recreativas, a funcionalidade etc. (RIBEIRO, 2004)

Nos últimos anos, os estudos relacionados à análise bioclimática singular de escolas se intensificaram. Muitas são as pesquisas investigando desde soluções projetuais até avaliações pós-ocupação, através de análises por medições e simulações e considerando o grau de conforto dos usuários nos ambientes escolares a fim de promover a melhora no rendimento dos seus usuários.

A importância do conforto ambiental quanto ao trabalho e a produtividade de estudo ou a aprendizagem dos alunos, é bem conhecido e depende principalmente do projeto arquitetônico e suas adaptações para as atividades do usuário. A literatura sobre projeto de edifício de escola é vasta e discute a arquitetura escolar quanto aos aspectos relacionados à teoria educacional e tendências, muitas vezes através da apresentação de estudos de caso de projetos excepcionais e sua influência sobre a criação de um ambiente de qualidade de aprendizagem. (GRAÇA et.al, 2005)

Mimbacas et. al (1998) salientam que a qualidade dos prédios escolares tem impacto substancial no desempenho acadêmico. Esses autores fizeram uma avaliação de desempenho térmico, lumínico e acústico de duas escolas estaduais em Brasília. Os

métodos de pesquisa adotados foram a comparação entre plantas dos projetos originais e os prédios das escolas, observações comportamentais e de traços físicos, aplicação de questionários e entrevistas. Verificaram que ambas as escolas apresentavam problemas relativos ao conforto ambiental e que os aspectos de conforto estão fortemente relacionados entre si. As decisões relativas a cada um deles influenciam o desempenho do outro.

Santos (1998) analisaram as características térmicas, acústicas e lumínicas das salas de aula do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria, através de análises do local, aplicação de questionários, medições e utilização aplicação de normas técnicas da ABNT relacionadas. Verificaram que os problemas observados quanto aos aspectos de conforto ambiental decorrem de concepções equivocadas dos projetos arquitetônicos, do desconhecimento de condições locais e da falta de planejamento global de manutenção preventiva.

Bittencourt et.al (1999) realizaram um estudo da iluminação natural de salas de aula que apresentam aberturas com protetores solares verticais. Este estudo realizado em edificações escolares em Maceió teve como metodologia, simulações computacionais, sendo consideradas variações de refletâncias externas e internas e ainda afastamentos e profundidades dos protetores, o que diagnosticou que os espaçamentos entre eles influenciam na intensidade e distribuição da luz natural no ambiente.

Bittencourt e Lôbo (1999) analisaram o efeito conjunto da localização e dimensão das aberturas na ventilação natural de edificações escolares em Maceió. Como metodologia utilizaram simulações em programas computacionais e verificaram que a localização das aberturas influencia mais no padrão de distribuição do ar das salas de aula do que na variação de suas dimensões.

Frاندoloso (2001) abordou a perspectiva que a implantação, a geometria, a organização espacial e os parâmetros construtivos do edifício escolar contribuem na materialização de espaços adequados aos requisitos didático-pedagógicos e funcionais. Também buscou evidenciar que este fato pode contribuir para a satisfação das exigências de conforto ambiental dos usuários, de maneira que a escola, na sua configuração física, constitui-se em um elemento promotor de desenvolvimento intelectual, social e afetivo da criança.

Frاندoloso (2001) diz que:

Para a proposição de uma metodologia a ser usada na definição e análise de critérios envolvidos na elaboração de projetos de escolas para atendimento da educação infantil e do ensino fundamental, entendeu-se que o processo educacional não é apenas intelectual, de produção cognitiva, mas também afetivo, pois envolve o desenvolvimento das emoções, habilidades e potencialidades, desenvolvimento o qual é desencadeado pelo ambiente escolar. (Pág. 177)

Ainda segundo Frandoloso (2001):

Para a arquitetura, especificamente, isso significa que a escola ideal será o resultado da combinação dos condicionantes didático-pedagógicos com os aspectos físicos da edificação, seguindo um planejamento de concepção global. A compatibilização das exigências para o projeto deve ter como finalidade, a determinação do nível de qualidade construtiva e de habitabilidade a ser proporcionado pelo prédio da escola, cujas características espaciais possuem reflexos nos aspectos relativos ao ensino e ao aprendizado. (Pág.177)

Graça et. al (2003) apresentaram um método de avaliação e otimização de projetos arquitetônicos de 35 escolas para a rede pública estadual de São Paulo, considerando a formulação de parâmetros de conforto ambiental utilizados na fase de anteprojeto. Como resultado, identificaram conflitos entre os diferentes parâmetros de conforto ambiental e a importância do uso da otimização para a avaliação de projetos. O objetivo da avaliação e otimização de projeto foi maximizar diversos aspectos de conforto ambiental e qualificar as diversas soluções de projetos existentes. Notaram que na fase de anteprojeto, as principais decisões realizadas pelos projetistas tratam da implantação geral dos ambientes educacionais. Por este motivo, foram considerados para os parâmetros de conforto luminoso, a orientação das salas com disposição das aberturas; para o conforto térmico, a ventilação; para o conforto acústico, a proximidade entre ambientes ruidosos (pátio) e sala de aula; para o conforto funcional, a proximidade entre ambientes que afetam diretamente a rotina da escola, como sala de aula e banheiro.

Os projetos foram analisados quanto à influência do terreno em relação à síntese da forma. O conjunto de soluções viáveis foi analisado através do modelamento matemático dos parâmetros de conforto térmico, acústico, luminoso e funcional. Concluíram que não é possível maximizar todos os confortos ao mesmo tempo. Este fato permite considerar o conceito de otimização multicritério para comparar e selecionar as melhores soluções de compromisso, as melhores alternativas, as mais

viáveis. Desta forma, faz-se necessário estipular um critério que identifique quais as soluções inferiores e quais as de compromisso. A aplicação de metodologia de avaliação, com o conceito de otimização, proporciona uma melhoria na área de projetos, tanto na metodologia de projeto como na avaliação pós-ocupação.

Bittencourt et.al (2007) investigaram a adoção do peitoril ventilado como forma de melhorar a distribuição do fluxo de ar em ambientes escolares. Como primeira etapa da metodologia, foram simuladas duas diferentes configurações do peitoril ventilado entre si e em relação a um modelo típico. A segunda etapa metodológica consistiu na realização de medições da velocidade do vento, externas e internas. As medições foram realizadas no Núcleo de Pesquisa Multidisciplinar da Universidade Federal de Alagoas. Os resultados mostraram que o peitoril ventilado se apresentou capaz de aumentar o fluxo de ar no interior das salas de aula, no plano de trabalho dos alunos.

Santos (2008) analisou o desempenho térmico e lumínico em uma escola pública na cidade de Cuiabá/MT. Foi enfatizada a importância do conforto térmico e lumínico como garantia de uma boa condição ambiental, devendo haver uma preocupação quanto à escolha dos materiais na concepção dos projetos escolares, buscando-se assim minimizar fatores que possam interferir no rendimento psicopedagógico dos usuários. Também identificou estratégias e alternativas que pudessem minimizar o desconforto das salas de aula. Concluiu que para salas de aula, é interessante atentar para a localização das aberturas de forma a ganhar iluminação e ventilação naturais adequadas, de modo a não interferir na realização das atividades exercidas em sala de aula.

Gemelli (2009) realizou uma avaliação das alternativas propostas de uma escola pública na cidade de Porto Alegre/RS que foi projetada utilizando estratégias sustentáveis. Foi realizada uma análise das características dos materiais, além de medições térmicas, acústicas e lumínicas. Também foi verificado o nível de satisfação dos usuários, através de ferramentas quantitativas e qualitativas. Os dados térmicos foram analisados através de valores máximos e mínimos absolutos, zonas de conforto (considerando temperatura e umidade) e gráficos de grau-hora. Os dados lumínicos foram analisados em relação às iluminâncias médias do ambiente, coeficiente de uniformidade e contribuição da luz artificial. Os dados acústicos foram coletados através dos níveis de pressão sonora causados por ruídos externos e o tempo de reverberação dos ambientes. Com o cruzamento de todas as análises realizadas, que a

resposta da edificação escolar, no geral, foi satisfatória, e, portanto, capaz de oferecer condições de conforto ambiental aos seus usuários.

Tubelo (2011) analisou o desempenho térmico de duas edificações escolares distintas, o Centro de Educação Profissional do Vale do Caí e a Escola de Ensino Fundamental Frei Pacífico, localizados em Porto Alegre e compostos por tipologia arquitetônica e orientação solar, similares. Pela medição *in loco*, foram coletadas variáveis de temperatura e umidade relativa do ar, fazendo uso de data loggers. Os resultados apontaram que o primeiro edifício pode ter obtido resultados mais favoráveis que o segundo, devido à inércia térmica e às propriedades térmicas dos fechamentos deste edifício. A pesquisa destacou a importância das edificações serem projetadas para cada local específico, pois cada região climática possui princípios adequados de projeto que favorecem o conforto e o desempenho térmico.

Nogueira (2011) estabeleceu um panorama atual acerca das questões sobre conforto ambiental no projeto de escolas estaduais como base para a futura formulação de diretrizes e a sistematização de instrumentos para análises. Foram apresentados como instrumentos, as Normas técnicas, softwares e avaliações Pós-ocupação empreendidas salientando a necessidade, a premência, a pertinência, a possibilidade e a viabilidade de se projetar a escola paulista sob a ótica do conforto ambiental.

1.2 Recomendações e normas

Em termos gerais, existem subsídios técnicos mínimos apontados para auxiliar aos profissionais responsáveis e especialistas na composição de edificações escolares. Estas iniciativas visam à melhoria qualitativa do sistema educacional, promovendo espaços educativos mais adequados às necessidades do processo ensino- aprendizagem. Porém nota-se que ainda há uma lacuna quanto inserção das recomendações e utilização de normas específicas no acompanhamento de projetos arquitetônicos e na construção de escolas.

MEC/FUNDESCOLA estabelece em 2002, o programa de necessidades para escolas urbanas devendo ter as seguintes áreas de uso e seus respectivos ambientes:

- a) *Área de ensino e docência*: sala de aula, sala de uso múltiplo, laboratório de ciências, sala de preparo, quadra poliesportiva, recreio coberto, pátio, pátio dos brinquedos, horta / viveiro.

- b) *Área de suporte pedagógico*: sala do diretor, sala do vice-diretor, sala da coordenação pedagógica, sala da orientação educacional, sala dos professores i, sala de reuniões e sala de professores ii.
- c) *Área de recursos didáticos*: sala de leitura, biblioteca, sala de vídeo, sala de informática, sala de recursos didáticos e depósito de educação física.
- d) *Área de administração*: hall / espera geral, secretaria, arquivo morto, almoxarifado
- e) *Área de alimentação*: cozinha, despensa e refeitório
- f) *Área de serviços gerais*: sanitários alunos, sanitários alunas, vestiário/sanitário alunos, vestiário/sanitário alunas, sanitário/vestiário funcionários, vestiário/sanitário funcionárias, área de serviço, depósito equipamento/material de limpeza e depósito geral

MEC/FUNDESCOLA (2002) apresenta recomendações da UIA – União Internacional de Arquitetura para projeto de edificações escolares, mostradas no quadro 01.

Quadro 1- Quadro de recomendações da UIA para projeto e construção de escolas.

Recomendações da UIA (União Internacional de Arquitetos) para projeto e construção de escolas:

- A construção deve ser realizada utilizando-se a escala do aluno;
- O arranjo dos locais deve ser flexível e diferenciado;
- Devem-se evitar salas sistematicamente uniformes, dispostas em alinhamento rígido.
- Conforto de espaços em correlação com a forma do *habitat* do aluno (criança) e seu grau de evolução;
- A insuficiência de espaço é tão condenável quanto o excesso;
- A iluminação deve ser homogênea;
- Ventilação constante, evitando o confinamento e as correntes de ar;
- A iluminação e a ventilação devem ser multilaterais, de preferência em faces opostas;
- A ação do sol deve ser controlada.

Fonte: (FUNDESCOLA/MEC, 2002).

Segundo (AZEVEDO, 2002) os requisitos para a adequação de um ambiente escolar são:

- a) Características do terreno - dimensões, forma e topografia – oferecendo condições adequadas à implantação do edifício escolar;
- b) Relação do entorno, devendo ser identificados os percursos disponíveis: facilidades de acesso, condições de tráfego, atividades circunvizinhas;
- c) Análise dos aspectos programático-funcionais como a organização espacial, o dimensionamento dos conjuntos funcionais, a segurança, a adequação ergonômica do mobiliário, acessos e percursos;
- d) Estudo dos aspectos estético-compositivos que incluem elementos visuais do edifício, como forma de despertar a capacidade de descoberta do usuário.

A configuração física do ambiente escolar e a adaptação do estudante a este meio podem exercer grande importância na evolução do aprendizado. O espaço da escola, embora sujeito a normas, deve oferecer segurança, acessibilidade e conforto aos seus usuários. Tais condições de conforto no ambiente afetam diretamente os usuários tanto no aspecto fisiológico como psicológico e, conseqüentemente o desempenho das atividades. Devem ser considerados problemas de conforto aqueles relacionados à funcionalidade, ambiente térmico, iluminação e acústica. (BERNARDI, et al 2001)

Segundo MEC/Fundescola (2002) são diversos fenômenos físico-climáticos que agem sobre o prédio escolar e trazem aspectos positivos e negativos, que devem ser levados em consideração (Quadro 02):

Quadro 2- Quadro demonstrativo dos Aspectos positivos e negativos dos fenômenos físico-climáticos.

Fenômeno	Aspectos positivos	Aspectos negativos
SOL	Combate a umidade, o mofo e os fungos Efeitos benéficos à saúde Aquecimento Iluminação	Calor excessivo Ofuscamento visual por excesso de luminosidade sobre as superfícies claras e brilhantes Ações deterioradoras sobre alimentos e papéis
CHUVA	Limpeza e resfriamento do ar Irrigação da vegetação Abastecimento de água para lavagem e higiene de sanitários	Deterioração das edificações Dificuldades de circulação Ruídos sobre a cobertura
VENTOS	Resfriamento ou aquecimento e renovação do ar, conforme a necessidade local	Incômodo às atividades didáticas Ameaça a segurança da edificação
RUÍDOS	Nenhum	Ruídos acima de limites suportáveis provocados por diversas fontes Interferência nas atividades didáticas

Fonte: (FUNDESCOLA/ MEC, 2002).

A maioria das escolas nos trópicos é considerada quente no verão, resultado que está intimamente relacionado com a orientação das aberturas e a inadequação dos elementos de proteção solar, gerando insolação excessiva. A acústica inadequada nas escolas é devida a problemas de ruído de impacto, vozes, reverberação, além de ruídos externos. A lotação excessiva das salas também pode criar problemas acústicos negativos para o ambiente escolar e a funcionalidade tem reflexos na produtividade dos usuários, uma vez que o arranjo físico e a ergonomia dos equipamentos pode interferir no desempenho das atividades (KOWALTOWSKI et. al, 1997).

O conforto térmico e o conforto visual configuram-se como importantes variáveis que influenciam o desempenho dos estudantes e professores. Ambientes abafados, úmidos, mal ventilados, contribuem para a redução da atenção, além de limitar a produtividade. A adequação térmica do ambiente fortemente influenciada por certas decisões de projeto, como os materiais que compõem o “envelope” do edifício – paredes e tetos, a quantidade e a tipologia das aberturas, e o padrão construtivo adotado, que vai considerar a forma da edificação. (AZEVEDO, 2002)

Segundo Azevedo et. al (2004) no projeto e construção do espaço físico escolar devem ser relacionadas características e variáveis de projeto que atendam aos requisitos de infra-estrutura necessários para o seu funcionamento, que sejam compatíveis com os conceitos de sustentabilidade, acessibilidade funcional e adequação funcional, necessária para o desenvolvimento da proposta pedagógica. Esta questão é percebida através dos quadros 03, 04 e 05 que demonstram quais aspectos (contextuais-ambientais, funcionais, estético-compositivos e técnicos construtivos) o edifício escolar deve assegurar:

a) Relacionados aos aspectos contextuais-ambientais:

- A relação harmoniosa com o seu entorno e a integração ao clima; conforto ambiental dos seus usuários (conforto higrotérmico, acústico, olfativo/qualidade do ar); análise de impactos e efeitos climáticos; qualidade sanitária dos ambientes.
- O planejamento do canteiro-de-obras, para atenuar os efeitos da poluição (no período da construção ou pretensas reformas); redução do impacto ambiental, fluxos de produtos e serviços; consumo de energia, ruído, dejetos etc.

Quadro 3- Aspectos Contextuais-ambientais.

<i>Aspectos contextuais-ambientais</i>	Conforto Térmico	Conforto Acústico	Conforto Luminico	Eficiência Energética	Proteção ao Meio-Ambiente	Espaço difficado como Instrumento Didático
Implantação: Orientação solar, topografia, direção dos ventos, proteção ruídos externos	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tipologia Arquitetônica: Forma e padrão construtivo, materiais e acabamentos	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Aberturas: Tipologia, Posicionamento	✓	✓	✓	✓		✓
Dispositivos de Sombreamento	✓	✓	✓	✓		
Captação e Uso Racional de Recursos Hídricos	✓			✓	✓	✓
Utilização de fontes Energéticas Naturais Sistemas alternativos de geração de energia	✓			✓	✓	✓
Infra-estrutura urbana básica				✓	✓	

Fonte: Azevedo et. al (2004).

b) Relacionados aos aspectos programático-funcionais e estético-compositivos:

- A adequação dos espaços internos e externos, arranjo espacial, volumetria, materiais, cores e texturas às práticas pedagógicas e ao desenvolvimento infantil.

Quadro 4- Aspectos programático-funcionais e estético-compositivos.

Aspectos programático-funcionais e estético-compositivos	Desenvolvimento Sócio-Emocional	Desenvolvimento FísicoMotor (Movimentação, Autonomia e independência)	Capacidade de estimular a construção do Conhecimento	Preservação do Meio Ambiente	Segurança
Setorização dos Conjuntos Funcionais	✓	✓	✓		✓
Estabelecimento de Ambiente Congregador p/ Atividades Coletivas	✓	✓	✓		✓
Valorização dos Espaços de Recreação e Vivência- Paisagismo, Definição espaços-atividades, Escala, Possibilidade de Organização e Controle pelos Usuários	✓	✓	✓	✓	✓
Valorização da Ambientação Interna - Reforço do Caráter Lúdico (uso de Cores), Adaptação do Espaço à Escala da Criança, Salas de atividades Amplas c/ Possibilidade de Compartimentalização; Janelas à altura dos usuários; Pátios abertos contíguos às salas de atividades- extensão da sala (interação atividades internas /externas)	✓	✓	✓		✓
Reflexão sobre os Arranjos Espaciais - Organização dos arranjos internos em função da atividade realizada e da interação desejada	✓	✓	✓		✓
Acessos e Percursos – Estabelecer clara noção do conjunto da escola a partir das circulações horizontais; Alternar Espaços-Corredores c/ Espaços- Vivência; Promover Acessibilidade ao Portador de Deficiência; Valorização do Espaço de Chegada à Escola	✓	✓	✓	✓	✓

Fonte: Azevedo et. al (2004).

c) Relacionados aos aspectos técnico-construtivos:

- O emprego adequado de técnicas e de materiais de construção com enfoque na sustentabilidade;
- A programação de reparos e manutenção ao longo da vida do ambiente construído.

Quadro 5- Aspectos técnico-construtivos.

Aspectos técnico-construtivos	Desenvolvimento Sócio-Emocional	Desenvolvimento Físico Motor (Movimentação, Autonomia e independência)	Capacidade de estimular a construção do Conhecimento	Preservação do Meio Ambiente	Segurança
Materiais e Acabamentos: Durabilidade, praticidade de Manutenção e Racionalização Construtiva		✓	✓	✓	✓
Materiais e Acabamentos: Características Superficiais ¼ Valorização dos Efeitos Texturais	✓	✓	✓		✓
Prever Ambientes / Paredes Específicas c/ Acabamentos Laváveis p/ Manifestação das Crianças (Personalização)	✓	✓	✓		✓

Fonte: Azevedo et. al (2004).

Segundo Kowaltowski (2011) as políticas governamentais para a educação devem, considerar que fazem parte do currículo, além de conteúdos escolares e práticas desenvolvidas nos espaços da escola, o aspecto da arquitetura escolar. A história da arquitetura escolar, principalmente no Brasil, retrata as preocupações dos órgãos responsáveis pelo planejamento do ensino na elaboração de diretrizes básicas de projetos, porém essas diretrizes nem sempre se baseiam em pesquisas técnicas e científicas para determinar as especificações. Utilizam-se experiências reais, implantando-se as escolas para só depois verificar o retorno quanto aos recursos técnicos utilizados e o comportamento da comunidade.

Segundo Frandoloso (2001), no Brasil, o tema mais abrangente da normatização da arquitetura escolar, nas diferentes esferas administrativas, revelou-se limitado quanto ao estabelecimento de critérios mínimos, sendo que a legislação específica de maneira geral, apresenta uma abordagem genérica e superficial da questão. Frandoloso (2001) ressalta a importância de dar continuidade a produção científica acerca dos temas apresentados, de forma a complementar a legislação existente para a elaboração de projetos de escolas, bem como estabelecer critérios e estratégias de condicionamento

mais aprofundados, para um zoneamento bioclimático nacional adequado às diferentes realidades climáticas brasileiras.

Um exemplo é o Código de Urbanismo e edificações do município de Maceió (PREFEITURA MUNICIPAL DE MACEIÓ, 2007), quanto às exigências para a adequação das edificações escolares ao clima local. No contexto de Maceió, a Lei Municipal N. 5.593, Art. 480, em relação às Exigências do Código de Urbanismo e Edificações do Município de Maceió, de 08 de Fevereiro de 2007 (PREFEITURA MUNICIPAL DE MACEIÓ, 2007), cita que *“as edificações destinadas à prestação de serviços de educação obedecerão aos seguintes padrões: os ambientes de permanência prolongada terão iluminação e ventilação natural”*.

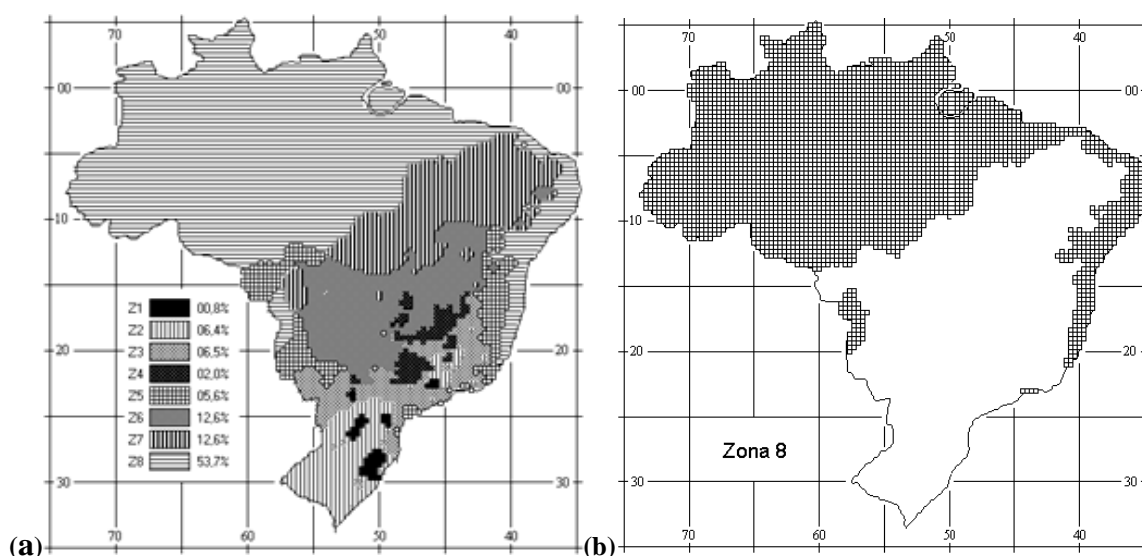
Em Campo Grande, a Lei Municipal N° 1866/79, Art. 294, que institui normas relativas à execução de obras do Município de Campo Grande- MS (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO GRANDE, 1979), no capítulo XXXIII, referente às escolas, cita no inciso XII, alínea c: *“a ventilação será assegurada por meio de dispositivos que permitem abrir pelo menos uma superfície equivalente a 1 / 10 (um décimo) da área da sala, sem prejuízo da renovação mecânica de 20,00m³ (vinte metros cúbicos) de ar por pessoa no período de 1 (uma) hora”*. Ainda no Art. 294, inciso XIV: *“não serão admitidas nas salas de aula iluminação dos tipos: unilateral direta ou bilateral adjacente, devendo as aberturas de iluminação ser obrigatoriamente dispostas no lado maior. A superfície iluminada não poderá ser inferior a 1 / 5 (um quinto) da do piso; a área dos vãos de ventilação deverá ser no mínimo, a metade da área da superfície iluminante.”*

A lei municipal N° 1347, Art. 352, que institui normas relativas à execução de obras do Município de João Pessoa-PB (PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA, 2001), cita que: *“As edificações destinadas a escolas, deverão ter as salas de aula subordinadas às seguintes condições:”* e no inciso III, *“dispor de janelas em apenas uma de suas paredes, asseguradas iluminação lateral esquerda e a tiragem de ar por meio de pequenas aberturas na parte superior da parede oposta”*.

Ao investigar sobre a exigência de inserção dos condicionantes climáticos em projetos de edificações escolares, nos Códigos de Obras de vários municípios brasileiros, nota-se que alguns deles apenas trata a questão em termos gerais, ou na maioria dos casos se abstêm a respeito.

Vale salientar também a existência da Norma Brasileira de Desempenho Térmico de Edificações, a NBR 15220-3 (ABNT, 2005) que estabelece um Zoneamento Bioclimático Brasileiro abrangendo um conjunto de recomendações estratégicas construtivas destinadas às habitações unifamiliares de interesse social. Esta apesar de não ser dirigida para edificações escolares apresenta uma análise das diversas regiões climáticas do país e podem servir como parâmetro inicial de projeto e como primeira tentativa de normatização das estratégias bioclimáticas no Brasil. Conforme esta norma, Maceió está inserida na Zona Bioclimática 8 (ver figura 10).

Figura 10- Zoneamento bioclimático brasileiro. (a) Zoneamento Bioclimático brasileiro e (b) Zona bioclimática 8.



Fonte: NBR15220 (ABNT, 2005).

Para a Zona Bioclimática 8, a norma estabelece que as aberturas para ventilação devem ser maiores que 40% da área de piso e que estas aberturas devem ser sombreadas. Em relação à transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para vedações externas (paredes e coberturas), a norma estabelece os valores indicados na tabela 1 abaixo.

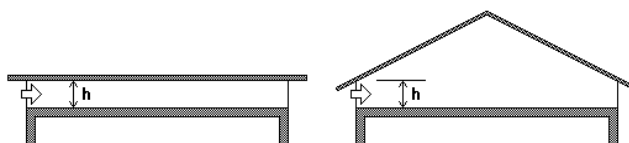
Tabela 1- Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para vedações externas para a Zona Bioclimática 8.

Vedações externas	Transmitância térmica (U)	Atraso Térmico (φ)	Fator de calor Solar
	W/m ² .K	Horas	%
Parede: Leve Refletora	$U \leq 3,60$	$\varphi \leq 4,3$	FCS $\leq 4,0$
Cobertura: Leve Refletora	$U \leq 2,30.FT$	$\varphi \leq 3,3$	FCS $\leq 6,5$

Fonte: NBR15220 (ABNT, 2005).

Notas:

- 1) Coberturas com telha de barro sem forro, embora não atendam aos critérios da tabela, poderão ser aceitas na Zona 8, desde que as telhas não sejam pintadas ou esmaltadas.
- 2) Na Zona 8, também serão aceitas coberturas com transmitâncias térmicas acima dos valores tabelados, desde que atendam às seguintes exigências:
 - a) contenham aberturas para ventilação em, no mínimo, dois beirais opostos; e
 - b) as aberturas para ventilação ocupem toda a extensão das fachadas respectivas.
- c) Nestes casos, em função da altura total para ventilação (ver figura abaixo), os limites aceitáveis da transmitância térmica poderão ser multiplicados pelo fator (FT) indicado pela expressão 1.



Abertura (h) em beirais, para ventilação do ático

$$FT = 1,17 - 1,07 \cdot h^{-1,04}$$

Onde:

FT: igual ao fator de correção da transmitância aceitável para as coberturas da zona 8 (adimensional);

H: igual à altura da abertura em dois beirais opostos, em centímetros.

- 3) Para coberturas sem forro ou com áticos não ventilados, FT = 1.

A NBR 15575-4 (ABNT, 2010) objetiva estabelecer os requisitos para a avaliação do desempenho de sistemas de vedações verticais internas e externas de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos ou de seus sistemas. Esta norma estabelece que as aberturas para ventilação devam ter áreas mínimas maiores ou iguais a 15% da área de piso. Como critério e nível de desempenho de paredes externas quanto à capacidade térmica, a norma estabelece que devam ser maiores ou iguais a 45 (CT, em kJ/(Nível de

/(m².K)). Quanto à transmitância térmica a norma estabelece os seguintes valores: (ver tabela 2)

Tabela 2- Critério e nível de desempenho de paredes externas quanto à transmitância térmica.

Transmitância Térmica (1) (U, em W/(m ² .K))	
$\alpha(2) < 0,6$	$\alpha(2) \geq 0,6$
$U \leq 3,7$	$U \leq 2,5$

(1) valores de transmitância Térmica (U) considerando-se a resistência superficial interna com valor de 0,13 m².K/W e a resistência superficial externa com valor de 0,04 m².K/W;
(2) α é absorvância à radiação solar da superfície externa da parede.

Fonte: NBR15575 (ABNT, 2008).

Já a NBR 15575-5 (ABNT, 2010) tem como objetivo estabelecer os requisitos e critérios de desempenho exigidos dos sistemas de coberturas para edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. Como critério e nível de desempenho de coberturas quanto à absorvância das superfícies externas, a norma estabelece os seguintes valores:

Tabela 3- Critério e nível de desempenho de coberturas quanto à absorvância das superfícies externas.

Absorvância (α, adimensional)	
$\alpha(2) < 0,6$	Nível de desempenho
Sem exigência	M (mínimo)
$0,26 < \alpha \leq 0,40$	I(Intermediário)
$\alpha \leq 0,25$	S(Superior)

Fonte: NBR15575 (ABNT, 2010).

A escassez de informações quanto à inserção das exigências de conforto ambiental nos projetos arquitetônicos de escolas, mostra a real necessidade de se elaborar um estudo e uma ferramenta auxiliar para o atual código do município de Maceió, estabelecendo parâmetros recomendados e mínimos para futuros projetos, possibilitando ambientes mais confortáveis termicamente e eficientes energeticamente.

1.3 Exemplos de escolas e suas estratégias de adequação climática

Segundo Kowaltowski (2011) muitas edificações escolares seguem um projeto padrão e essa padronização nem sempre leva em conta situações locais específicas, resultando frequentemente em ambientes escolares desfavoráveis quanto aos aspectos

de conforto ambiental. O projeto padrão necessita de flexibilidade para permitir ajustes às condições peculiares de implantação.

Os argumentos contra a utilização de projetos padrão são poucos divulgados nas discussões sobre arquitetura escolar no Brasil. Em outros países são chamados de *stock plans*, *prototypes*, *rubberstamp* ou *cookie cutter architecture*. A estandardização de projetos é criticada por não levar em conta as peculiaridades do local e do momento da construção, além de faltar uma adequação às situações específicas. Os dados mostram que o projeto padrão desencadeia a proliferação de falhas, quando deveria ocorrer exatamente o inverso. Na verdade, o que se observa é um processo no qual faltam correções no processo da repetição e avaliações pós-ocupação comprometidas e responsáveis, o que garantiria implantações futuras com índices de satisfação e qualidade cada vez maiores. (KOWALTOWSKI, 2011)

Apresentam-se a seguir, alguns exemplos de escolas e suas estratégias de projeto utilizadas, visando o aproveitamento dos condicionantes ambientais e adequação ao contexto inserido.

a) Projeto Escola Padrão:

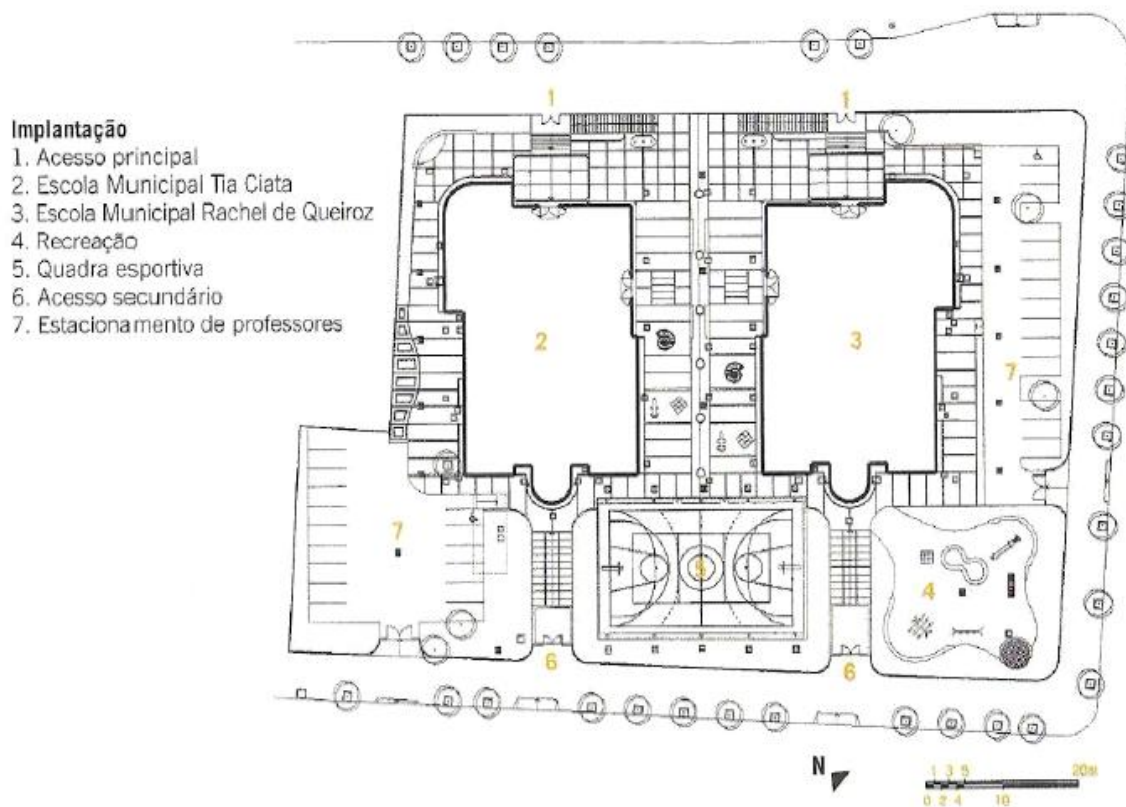
O Projeto Escola Padrão (Figura 11), sobre a coordenação de Projetos Especiais da Empresa Municipal de Urbanização (RioUrbe), tem a finalidade de ampliação da rede pública de ensino do Rio de Janeiro. O projeto arquitetônico é da arquiteta Teresa Rosolem de Vassimon que adotou como princípios a verticalização e a concepção modular, com implantações em três pavimentos, que podem variar de 2 a 7 mil metros quadrados em prismas retangulares.

Figura 11- Escola Municipal Tia Ciata, Rio de Janeiro.



Fonte: <http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/teresa-rosolem-de-vassimon-escolas-publicas-21-10-2004.html> acesso em julho de 2010.

Figura 12- Planta de situação Escola Municipal Tia Ciata e Rachel de Queiroz.

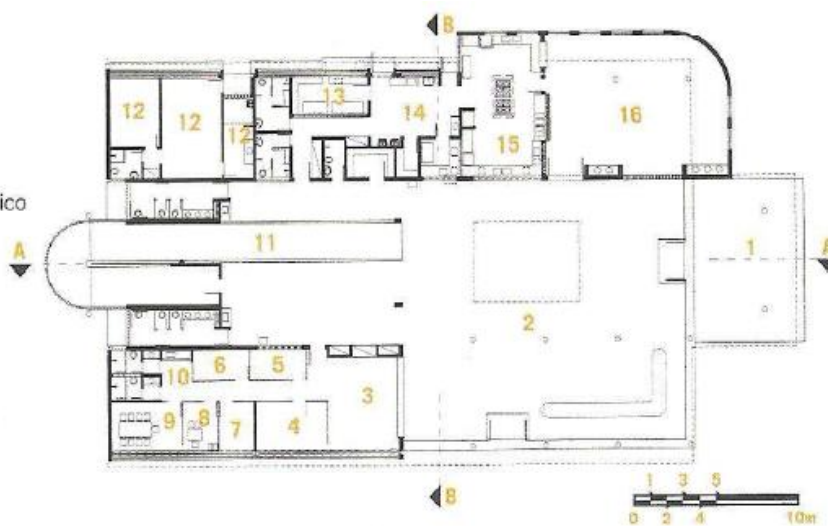


Fonte: CASTRO (2009).

Figura 13- Planta baixa do térreo da Escola Municipal Tia Ciata.

Térreo - E. M. Tia Ciata

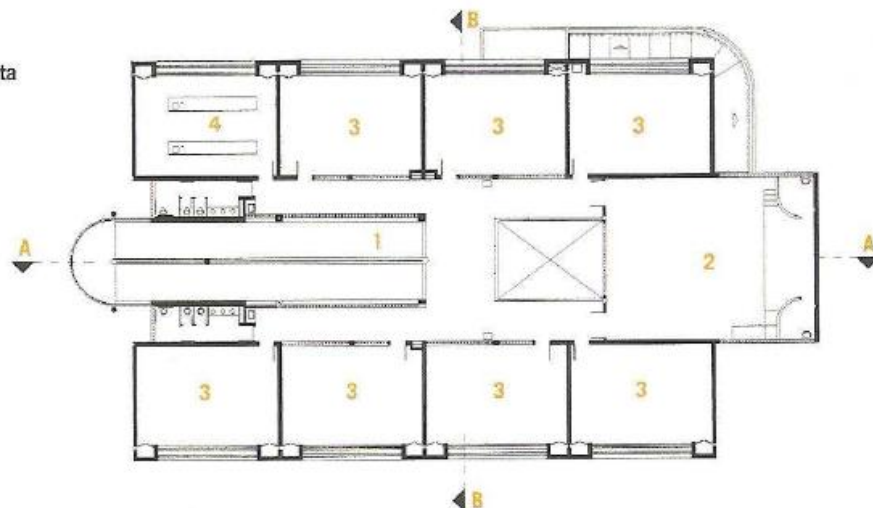
1. Hall de entrada
2. Recreio coberto
3. Secretaria
4. Diretoria
5. Arquivo
6. Almojarifado/material didático
7. Sala de telecomunicações
8. Orientação pedagógica
9. Sala dos professores
10. Copa
11. Rampa
12. Residência do zelador
13. Despensa
14. Recepção de alimentos e área de serviço
15. Cozinha
16. Refeitório



Fonte: CASTRO (2009).

Figura 14- Planta baixa do 1º pavimento da Escola Municipal Tia Ciata.

- 1º pavimento - E. M. Tia Ciata
 1. Rampa
 2. Auditório
 3. Sala de aulas
 4. Leitura



Fonte: CASTRO (2009).

O objetivo da arquiteta foi oferecer uma estrutura física moderna, mais ampla e funcional, com ambientes especiais para leitura, vídeo, informática e áreas para lazer e esporte. “O desenho arquitetônico também deveria oferecer harmonia visual, conforto e segurança para alunos, professores e funcionários”, explica a arquiteta. (Figuras 12 a 14).

Figura 15- Fachadas com grandes aberturas e esquadrias recuadas. Figura 16- Destaque para a esquadria recuada na fachada.



Fonte: <http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/teresa-rosolem-de-vassimon-escolas-publicas-21-10-2004.html> acesso em julho de 2010.

Figura 17- Aproveitamento da iluminação natural no interior das salas de aula, através dos grandes vãos das janelas.



Fonte: <http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/teresa-rosolem-de-vassimon-escolas-publicas-21-10-2004.html> acesso em julho de 2010.

O projeto padrão possui ventilação cruzada nas salas de aulas, e as esquadrias recuadas das fachadas permitem maior arejamento dos espaços internos. (Figuras 15 e 16) A cobertura é de telhas metálicas termoacústicas. O projeto também pensou na redução do consumo de energia elétrica, com o aproveitamento da iluminação natural (Figura 17) através dos grandes vãos das janelas, de telhas de policarbonato no pátio central, do tijolo de vidro e da pintura em cores claras.

Para a arquiteta, a verticalização dos prédios, facilita a implantação de equipamentos esportivos na área externa. A acessibilidade também foi inserida no projeto, garantindo o acesso de portadores de necessidades especiais, através de rampas com piso antiderrapante e corrimãos com duas alturas, e em escolas com menor espaço físico, através do uso de elevadores.

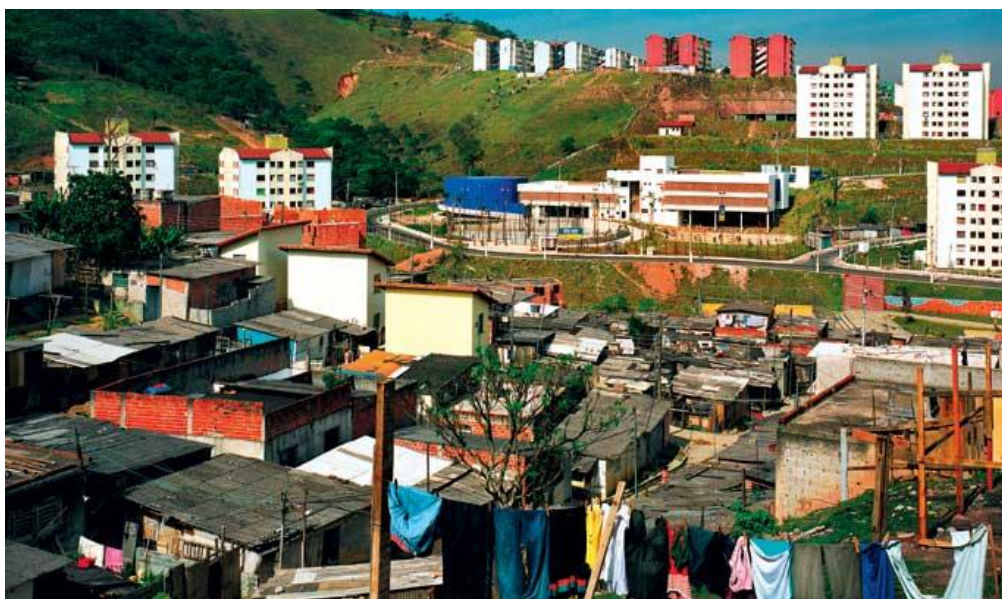
Nas fachadas são usados revestimentos cerâmicos, a fim de evitar custos futuros com pintura. Também para evitar desgaste, o piso da escola é de material de alta resistência, que facilitam a manutenção.

“A escola Padrão é concebida na busca de um aspecto lúdico, imprimindo uma maior qualidade a seu espaço. Esta é uma solução que aumenta o senso de pertencimento de seus alunos, integrando a escola de forma positiva com seu entorno, já que sua população passa a qualificá-la pela expressão que sua arquitetura lhe confere.” (CASTRO, 2009, Pág. 104).

b) Centro Educacional de Santo André (Cesa):

Projetado pelo escritório Brasil Arquitetura (2003-2006), cujos autores foram os arquitetos, Francisco Fanucci e Marcelo Ferraz, o Centro Educacional de Santo André (CESA) foi elaborado para a prefeitura de Santo André, é destinado a alunos de quatro a dez anos e está localizado na periferia da cidade do ABC paulista. (Figura 18)

Figura 18- Centro Educacional de Santo André, São Paulo.



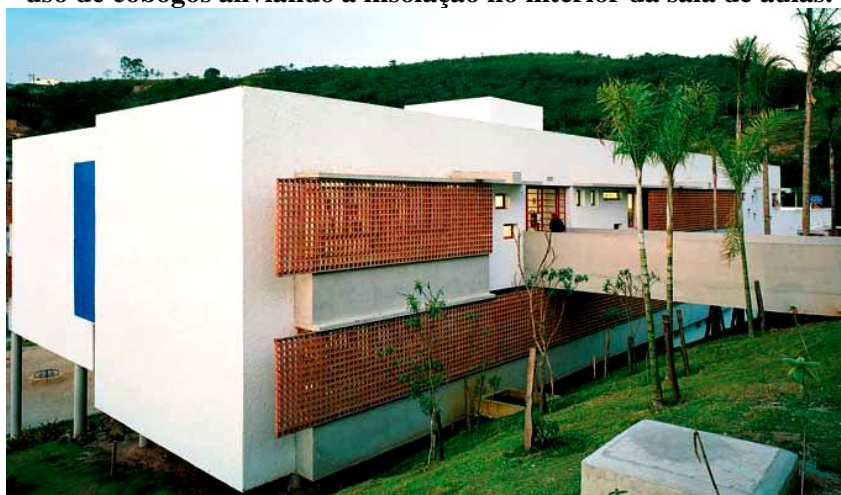
Fonte: <http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/brasil-arquitetura-escola-publica-10-04-2007.html>, acesso em julho de 2010.

Em um terreno de 6.500 m², a construção ocupa 5.500 m². A implantação deste projeto, apesar do desnível acentuado do terreno, ajustou-se à irregularidade da topografia, com acessos estabelecidos em três pisos. (Figura 19)

Com estrutura modulada rígida, o projeto é formado por malhas com vãos longitudinais de seis metros e transversais de sete (laterais) e cinco metros (central), fechados por lajes invertidas de concreto aparente.

A luz solar é capturada pelas aberturas zenitais do tipo *shed*. A iluminação reflete em paredes coloridas e, por áreas vazadas, comunica-se com outros pavimentos. As salas de aulas têm grandes caixilhos, que proporcionam luz e ventilação naturais abundantes. Na vedação externa, paredes do tipo cobogó em cerâmica funcionam como anteparo à insolação nas grandes janelas da face norte e protegem a escola do vandalismo no lado sul. (Figura 20)

Figura 19 e Figura 20- Centro Educacional de Santo André, São Paulo, com vários níveis e uso de cobogós aliviando a insolação no interior da sala de aulas.



Fonte: <http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/brasil-arquitetura-escola-publica-10-04-2007.html>, acesso em julho de 2010.

c) Centro de Atenção Integral à Criança (CAIC):

O projeto arquitetônico dos CAICs (Figuras 21 e 22) é do arquiteto João Figueiras Lima, mais conhecido como Lelé. Este arquiteto se interessa pela arquitetura industrializada e racional, adotando a pré-fabricação e o clima como os aspectos básicos em muitos de seus projetos, o que o tornou um dos mais renomados do país. As Escolas CAICs também adotam este estilo de construção, empregando mais de duzentos tipos de peças diferentes. Estas foram projetadas para servirem como modelo em todo o país (em um total de cinco mil unidades, ocupando um terreno padrão de dezesseis mil metros

quadrados e sendo capaz de se adaptar às mais diversas realidades geográficas, numa solução de rápida construção e grande eficácia.

Figura 21- CAIC São Francisco de Assis, em Catalão, Goiás.



Fonte: <http://www.caicatalao.com.br/>, acesso em agosto de 2010.

Figura 22- Implantação do CAIC em Ceilândia, Brasília-DF.



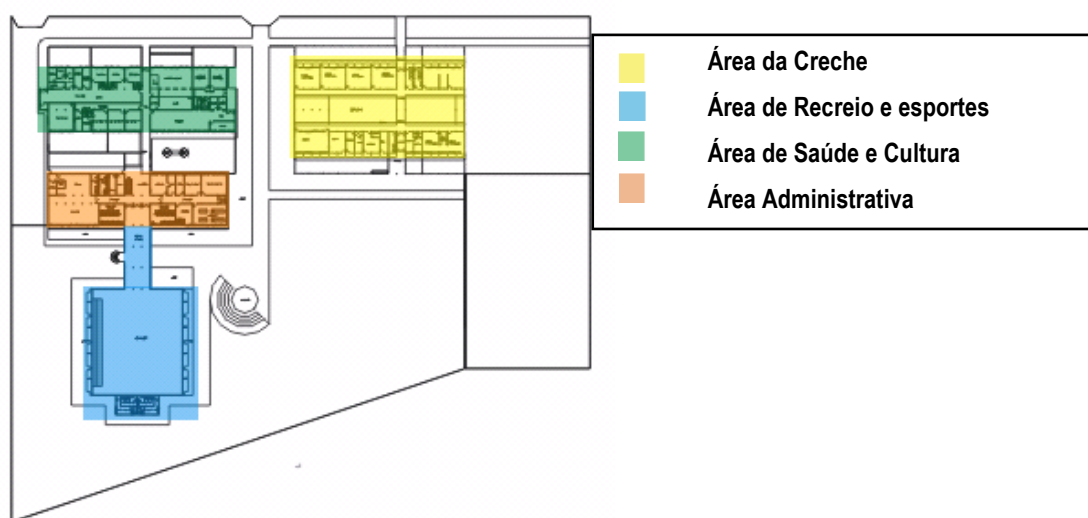
Fonte: CASTRO (2009).

O primeiro programa foi inaugurado no país, em outubro de 1991 e foi implantado pelo Presidente Collor e o Presidente Itamar Franco, inspirado em experiência anterior de Leonel Brizola no Rio de Janeiro, nos anos de 1980, os Centros Integrados de Educação Pública (CIEPS).

A função do programa CAIC era garantir educação integral para crianças, entre 0 a 14 anos, de baixa renda mantendo-as dentro do ambiente escolar e promovendo cursos extracurriculares para buscar a inclusão social da juventude carente. As escolas que pertencem ao programa pretendiam oferecer aos alunos, professores e a comunidade, projetos sociais, culturais, esportivos, profissionalizantes entre outros serviços. A meta era atender a aproximadamente seis milhões de crianças, sendo 3,7 milhões em escolas de primeiro grau e 2,3 milhões em creches e pré-escolas. Hoje, com o desamparo do governo federal, os governos estaduais e municipais tiveram de assumir os CAICs e se limitam a transformar os prédios em escolas convencionais.

Este projeto preza pelos princípios da economia, rapidez na execução e as formas simples, já que se baseia em modelos pré-moldados e na funcionalidade dos espaços, onde se percebem áreas de uso bem definidas, como: administrativa, recreio e esportes, salas de aula, creche, área de serviço e de saúde e cultura. A tipologia utilizada nas escolas CAICs para a distribuição dos ambientes é do tipo retangular, formada por blocos de salas em lados opostos unidas por um corredor central criando uma edificação mais compacta. (Figura 23)

Figura 23- Planta do térreo da Escola Francisco Melo, em Maceió-AL, destacando o zoneamento.



Fonte: Secretaria Executiva de Educação do Estado de Alagoas.

Nos projetos das Escolas CAICs, o material empregado para suas construções foi argamassa armada, além da cobertura acrílica e de amianto dos ginásios de esportes. (Figura 24) As estruturas das placas pré-moldadas são revestidas com uma rede de sustentação metálica. O modelo de escola CAIC possui em geral, aberturas em janelas pivotantes verticais ao longo de todo o comprimento das salas, o que facilita a circulação do ar. (Figura 25). A escolha de cores claras nas paredes da edificação favorece ao bom desempenho térmico.

Figura 24- Quadra poliesportiva, estrutura pré-moldada com cobertura acrílica.

Figura 25- Janelas pivotantes ao longo de todo o ambiente.



Fonte: COSTA (2009).

As aberturas das Escolas CAICs possuem como dispositivo de proteção solar e contra a entrada das chuvas de vento, grandes beirais em argamassa armada. (Figura 26) Também podem ser encontrados cobogós, que se configuram na forma de micro protetores mistos, reduzindo a alta luminosidade equatorial e permitindo a circulação do ar para o interior.

Figura 26- Uso de beirais para evitar a radiação solar direta nas aberturas da edificação.

Figura 27- Elementos de captação de ar no ginásio de esportes.



Fonte: COSTA (2009).

Nos CAICs percebe-se a utilização de elementos de captação ou extração do ar em suas coberturas, que é uma estratégia que não só proporciona a ventilação natural dentro das escolas como também melhora a qualidade do ar, pois o vento que chegar acima da edificação está em maior velocidade e com menor quantidade de impurezas. Além disso, dependendo do clima do lugar e da diferença entre a temperatura do interior

do ambiente e do exterior, pode permitir a saída do ar mais quente e reduzir a temperatura superficial do teto. (Figura 27)

Costa (2009) realizou uma análise climática comparativa das três instituições de ensino do programa nacional CAIC de mesma tipologia arquitetônica e implantadas em localidades distintas na cidade de Maceió. A metodologia baseou-se em discussão e análise qualitativa das estratégias projetuais das três unidades e síntese comparativa dos aspectos analisados: ao entorno, implantação no terreno, orientação solar, ventos dominantes, solução em planta, materiais empregados, orientação e distribuição das aberturas e dispositivos de proteção solar. Os resultados mostraram aspectos desfavoráveis quanto à utilização de recursos naturais de ventilação e iluminação, e apontaram que as unidades estudadas poderiam ter apresentado melhor desempenho, quanto ao aspecto climático, se tivessem sido implantadas corretamente, com a adequada orientação em relação ao sol e ventos e se observado, em cada caso, o entorno próximo.

Os exemplos de projetos arquitetônicos escolares apresentados anteriormente mostram alternativas de adequação aos condicionantes ambientais, porém ao se tratar de escolas padronizadas, é necessário flexibilidade para ajustar os projetos aos contextos locais e específicos, a fim de evitar implantações imperfeitas.

1.4 Caracterização climática de Maceió-AL e exigências bioclimáticas para projeto de edificações

Os dados de caracterização climática de Maceió-AL foram utilizados como dados médios de entrada nas simulações, cuja importância se dá na compreensão do contexto climático da cidade.

A cidade de Maceió, região de estudo, está localizada na mesorregião Leste do Estado de Alagoas e na costa Nordeste do Brasil compreendida entre o Oceano Atlântico e o Complexo Estuarino das lagoas Mundaú e Manguaba. (Figura 28)

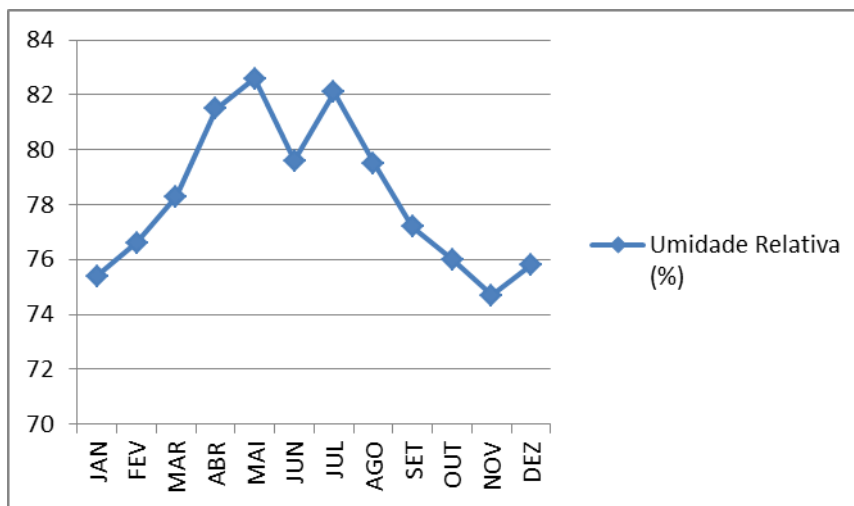
Figura 28- Localização da cidade de Maceió.



Fonte: <http://www.hoteisdealagoas.com.br/quem-somos/localizacao/>, acesso em janeiro de 2012.

Possui latitude $9^{\circ}40'$ ao Sul do Equador e longitude de $35^{\circ}42'$ Oeste. Maceió possui uma baixa latitude devido à aproximação de grandes massas líquidas e a radiação solar intensa; possui alta umidade relativa média anual do ar chegando a 78,3 %. (INMET, 1990)

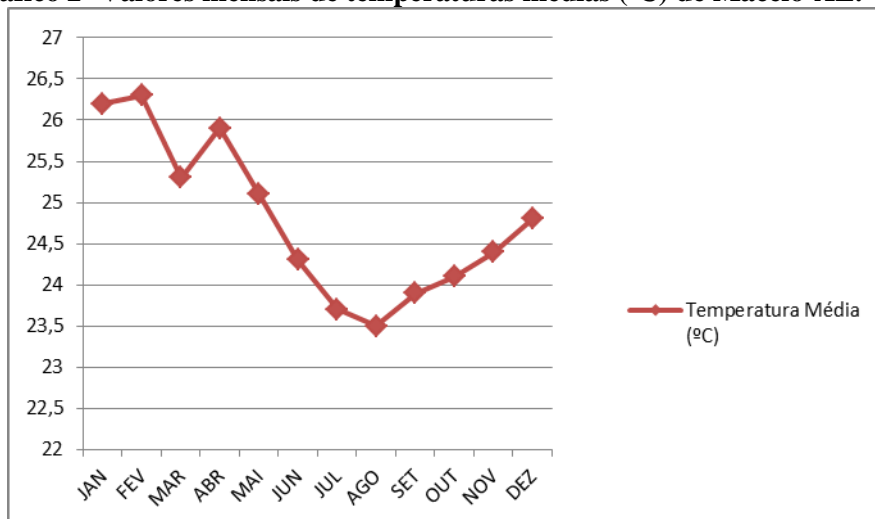
Gráfico 1- Valores mensais de umidade relativa (%) de Maceió-AL.



Fonte: Dados do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, período: 1961-1990.

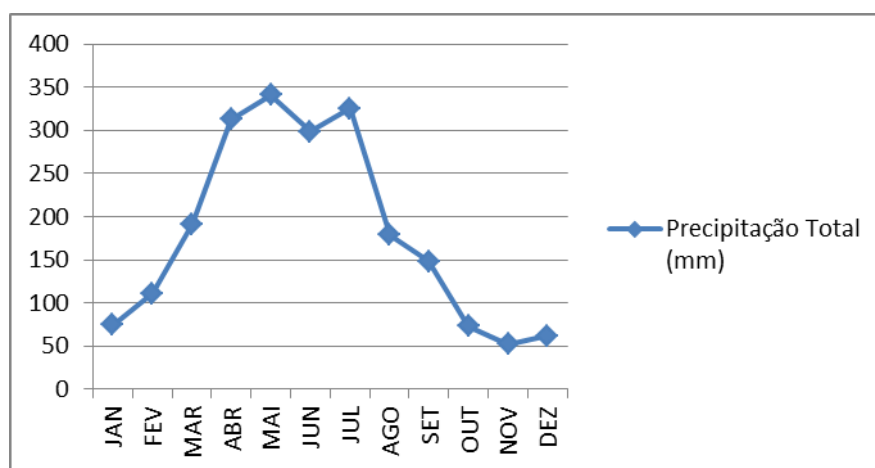
A condição típica do céu de Maceió é parcialmente nublado, onde são raras as ocorrências de céu claro (4,5% em média) e de céu nublado chegando acima de 15%.

A temperatura média anual de Maceió fica em torno de $24,8^{\circ}\text{C}$ e variação anual de $2,8^{\circ}\text{C}$ entre os valores médios mensais de temperaturas médias. (Gráfico 2)

Gráfico 2- Valores mensais de temperaturas médias (°C) de Maceió-AL.

Fonte: Dados do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, período: 1961-1990.

A média pluviométrica anual da cidade é de 2167,70mm, onde os meses mais chuvosos estão entre abril e julho, como mostra o gráfico 3 abaixo. (Gráfico 3)

Gráfico 3- Valores mensais de precipitações (mm) de Maceió-AL.

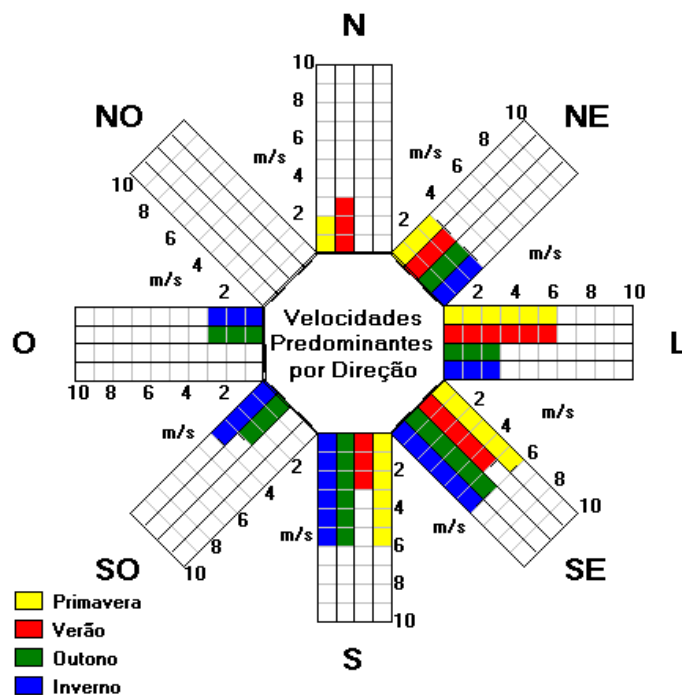
Fonte: Dados do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, período: 1961-1990.

Maceió apresenta duas estações bem definidas: uma com altas temperaturas e pouca pluviosidade com ocorrência de chuvas passageiras (outubro a janeiro), e outra chuvosa, que consiste em um período de intensa pluviosidade e temperaturas mais baixas em relação à estação anterior (abril a julho).

A direção dos ventos dominantes é Sudeste e entre o mês de janeiro a março, Nordeste. (BRASIL, 1992). Passos (2009) acrescenta que, a ventilação predominante durante todo o ano é a Sudeste, sendo que nos meses de setembro e outubro há a incidência do vento nordeste e em janeiro e fevereiro, do vento leste. Além disso, as

velocidades costumam ser mais altas entre os meses de outubro a março, que corresponde ao período onde ocorrem as temperaturas mais altas. (Figura 29)

Figura 29- Rosa dos ventos para a cidade de Maceió.



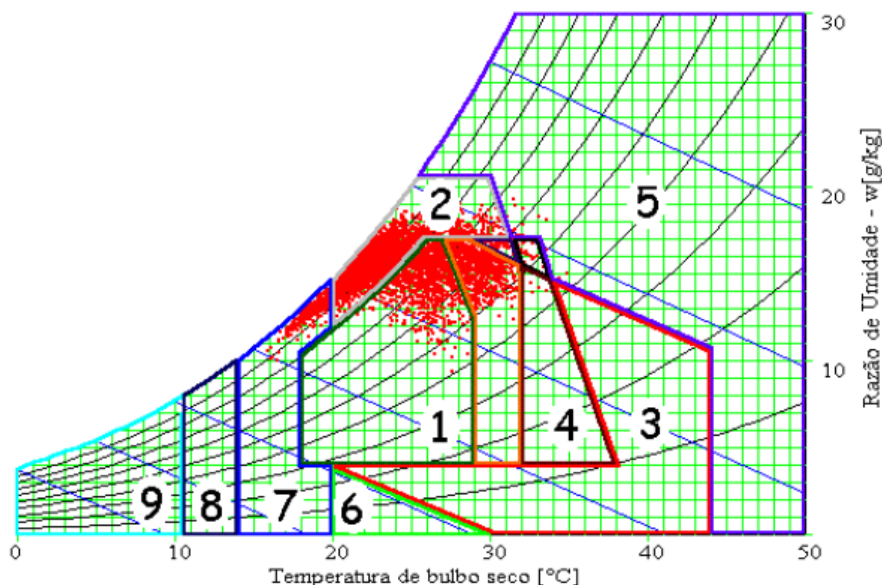
Fonte: Gráfico gerado a partir do software SOL-AR 5.0, LABEEE.

Apresenta clima caracterizado como quente e úmido, com pequenas variações térmicas de temperatura diárias, sazonais e anuais.

1.4.1 Carta Bioclimática de Maceió

Segundo Goulart et.al (1998) para a cidade de Maceió, ao observar a carta bioclimática (Figura 30) se percebe uma concentração de pontos entre as temperaturas de 17° C e 32° C e umidade relativa maior que 40%.

Figura 30- Carta Bioclimática da cidade de Maceió.



1- Zona de Conforto; 2 - Ventilação; 3 - Resfriamento Evaporativo; 4 - Massa Térmica para Resfriamento; 5 - Ar Condicionado; 6 - Umidificação; 7 - Massa Térmica e Aquecimento Solar Passivo; 8 - Aquecimento Solar Passivo; 9 - Aquecimento Artificial

Fonte: (Goulart et. al, 1998)

A estratégia de ventilação se mostra a mais indicada, percebendo-se a necessidade de aquecimento em algumas horas do ano. O conforto térmico se estabelece em 17,8% das horas do ano. Analisando a tabela se percebe que a ventilação é uma principal solução (75%) para o desconforto térmico. (Tabela 4)

Tabela 4- Estratégias bioclimáticas para Maceió(%)

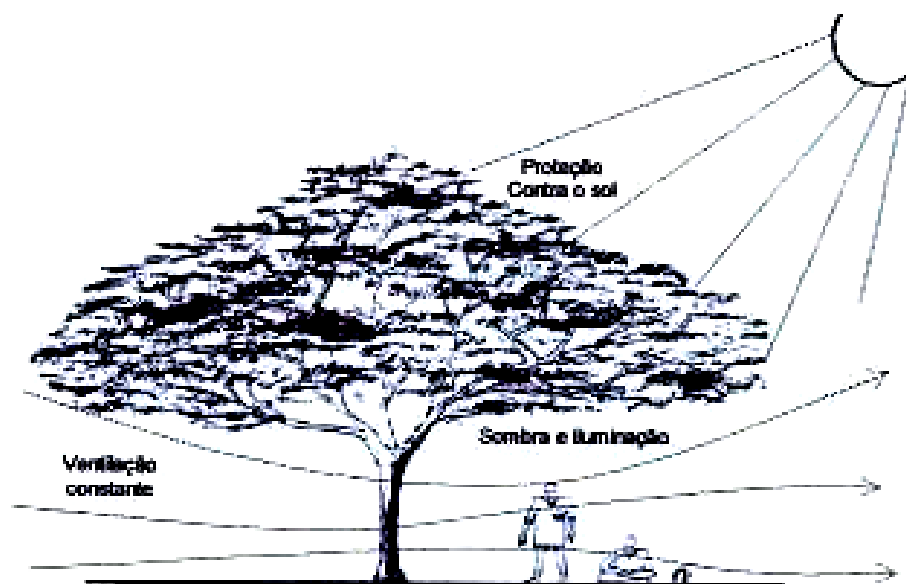
Conforto		17,8
Desconforto	<i>Calor</i>	
	Ventilação	75,0
	Resfriamento Evaporativo	14,3
	Massa Térmica para Resfriamento	14,9
	Ar Condicionado	0,4
<i>Frio</i>	Massa Térmica para Aquecimento, Aquecimento Solar	5,4
	Aquecimento Solar	0
	Aquecimento Artificial	0,5

Fonte: Goulart et. al , 1998.

1.4.2 Estratégias bioclimáticas para Maceió

Por apresentar clima quente e úmido, em Maceió devem-se evitar ganhos de calor através da radiação solar e priorizar a dissipação do calor produzido nos espaços internos. O conforto nas construções depende significativamente do movimento do ar e da proteção solar.

Figura 31- Simbologia dos princípios gerais de conforto para o clima quente e úmido.



Fonte: FERREIRA, 2004 (desenho adaptado de Bittencourt 1988)

Para se projetar neste tipo de clima tem-se como princípios básicos além da adição de dispositivos de proteção e escoamento rápido das chuvas, estratégias de diminuição de temperatura e valorização do movimento do ar. Nestes aspectos verifica-se que as estratégias de ventilação natural, mais comumente a ventilação do tipo cruzada é uma das mais indicadas na busca pelo conforto ambiental.

A ventilação cruzada é obtida através da circulação de ar pelos ambientes da edificação. Isto significa que se o ambiente tem janelas em apenas uma fachada, a porta deveria ser mantida aberta para permitir a ventilação cruzada. Também deve-se atentar para os ventos predominantes da região e para o entorno, pois este pode alterar significativamente a direção dos ventos. NBR 15220 (ABNT, 2005 Pág. 10).

Segundo Bittencourt (2006), o resfriamento é a principal meta do projeto arquitetônico para as regiões de clima quente e úmido, e a necessidade de aquecimento é muito rara. O conforto térmico nas construções depende em alto grau do movimento de ar e da prevenção de ganhos de calor.

Uma configuração de edifício e suas características ambientais afetam o campo de pressão produzido na envolvente do edifício. Janelas acessórias e repartições dos espaços internos influenciam o fluxo de ar através do edifício assim como o tamanho, porosidade e tipologia das aberturas. A observação destes pontos é usual nos primeiros passos do desenho do edifício em climas quentes úmidos para que melhor se definam os modelos gerais de fluxo de ar. (BITTENCOURT, 2006)

2 METODOLOGIA

Foram obedecidas as seguintes etapas metodológicas para a realização do trabalho, de acordo com os objetivos traçados:

2.1 Levantamento de dados e projetos arquitetônicos de edificações escolares

Foi realizado um levantamento de normas e/ou recomendações específicas para construções escolares; coleta de dados, projetos arquitetônicos de escolas e levantamento fotográfico de instituições locais, como subsídio para escolha de unidades de ensino da rede pública municipal de Maceió a serem estudadas.

Também foram realizadas visitas à Secretaria Executiva de Educação do Estado de Alagoas, SEMED (Secretaria Municipal de Educação) entre outros órgãos competentes a fim de obter projetos arquitetônicos de instituições locais.

Dentro do universo das edificações escolares municipais, a escolha para a análise do presente trabalho foi realizada a partir dos seguintes critérios:

- a) *Por região administrativa*, de acordo com a divisão dos bairros da cidade elaborada pela Secretaria Municipal de Planejamento e Desenvolvimento em 2006, conforme o quadro abaixo: (Figura 32)

Figura 32- Quadro da Divisão dos Bairros por Regiões Administrativas.

REGIÃO ADMINISTRATIVA	BAIRROS
01	Poço, Jaraguá, Ponta da Terra, Pajuçara, Ponta Verde, Jatiúca, Mangabeiras
02	Centro, Pontal da Barra, Trapiche da Barra, Prado, Levada, Vergel do Lago, Ponta Grossa
03	Farol, Pitanguinha, Pinheiro, Gruta de Lourdes, Canaã, Santo Amaro, Jardim Petrópolis, Ouro Preto
04	Bom Parto, Mutange, Bebedouro, Chã de Bebedouro, Petrópolis, Chã da Jaqueira, Santa Amélia, Fernão Velho, Rio Novo
05	Jacintinho, Barro Duro, Serraria, São Jorge, Feitosa
06	Benedito Bentes, Antares
07	Santos Dumont, Cidade Universitária, Santa Lúcia, Tabuleiro dos Martins, Clima Bom
08	Cruz das Almas, Jacarecica, Guaxuma, Garça Torta, Riacho Doce, Pescaria, Ipioca

Fonte: Secretaria Municipal de Planejamento e Desenvolvimento – 2006.

- b) Escolas com projetos arquitetônicos que *possuíssem arquivos digitais*. através do levantamento realizado foi verificado que das cento e vinte e oito escolas públicas municipais existentes (informações colhidas em 2010), apenas seis eram destinadas a serem escolas e sendo as demais unidades reformadas ou adaptadas. Dentre as escolas que possuíam arquivos digitais, foram escolhidas oito, uma para cada região administrativa. (Figura 33)

Figura 33- Quadro das Edificações escolares escolhidas para análise.

Região Administrativa	ESCOLA	ENDEREÇO	MODALIDADE/ETAPAS	TURNO	Nº ALUNOS
1	Orlando Araújo	P. Verde	Ens. Fund. 9 anos 1º ao 9º ano e EJA – 1º segmento	Diurno Noturno	883
2	Deraldo Campos	Vergel	Ed. Inf – Pré escola Ens. Fund. 9 anos – 1º ao 5º ano	Diurno	279
3	José Carneiro	Farol	Ens. Fund. 9 anos 1º ao 9º ano	Diurno Noturno	719
4	João Sampaio	Conj. João Sampaio	Ed. Inf – Pré-escola Ens. Fund. 9 anos – 1º ao 9º ano	Diurno Noturno	972
5	Paulo Freire	Sítio São Jorge	Ens. Fund. 8 anos - 1ª a 4ª série	Diurno	291
6	Frei Damião	B. Bentes	Ens. Fund. 9 anos – 1º ao 5º Eja -1º e 2º segmento	Diurno Noturno	804
7	Denisson Menezes	Conj. Denisson Menezes	Creche / Pré escola Ens. Fund. 9 anos – 1º ao 9º ano EJA -1º segmento	Diurno Noturno	1256
8	Padre Pinho	Cruz das Almas	Ens. Fund. 8 anos – 5ª ao 8ª série	Diurno Noturno	966

Fonte: Secretaria Municipal de Planejamento e Desenvolvimento – 2006.

A escolha e levantamento das escolas tiveram por objetivo conhecer o panorama atual das instituições existentes, bem como subsidiar as etapas posteriores de análise através de simulação computacional em configurações recorrentes nas edificações, como será detalhado a seguir.

2.2 Análise das unidades escolares escolhidas

A análise das unidades escolhidas foi realizada a partir de visitas a campo a fim de obter informações e realização de levantamento fotográfico das edificações escolares selecionadas.

Como síntese das informações encontradas anteriormente, foram elaboradas fichas bioclimáticas dos projetos das escolas escolhidas, nas quais são analisados, os seguintes parâmetros: entorno, implantação no terreno, orientação solar, ventos dominantes, solução em planta, orientação quanto ao sol, orientação e distribuição das aberturas. A ficha bioclimática das escolas segue o modelo mostrado na figura 34.

As análises das unidades escolares e a elaboração das fichas bioclimáticas subsidiaram a escolha de um projeto arquitetônico base, que representa uma configuração corrente de projeto de escolas na cidade.

Figura 34- Modelo da ficha bioclimática das escolas.

FICHA BIOCLIMÁTICA DA ESCOLA																					
Entorno	<p>Descrição da localização e do entorno imediato.</p> <p>Local:</p> <p>Terreno:</p> <p>Construção:</p> <p>Coberta:</p>																				
Implantação no terreno	Descrição da área do terreno e área construída da edificação, além dos recuos.																				
Orientação solar	<p>Descrição da insolação nas fachadas.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Fachadas</th> <th>Solstício de Verão (S.V.)</th> <th>Equinócio (E.Q.)</th> <th>Solstício de Inverno (S.I.)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CD</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>AB</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>BD</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CA</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Fachadas	Solstício de Verão (S.V.)	Equinócio (E.Q.)	Solstício de Inverno (S.I.)	CD				AB				BD				CA			
Fachadas	Solstício de Verão (S.V.)	Equinócio (E.Q.)	Solstício de Inverno (S.I.)																		
CD																					
AB																					
BD																					
CA																					
Ventos dominantes	<p>Descrição da chegada dos ventos dominantes, Sudeste, Nordeste e Leste nos ambientes.</p> <p style="text-align: right;">Ventos dominantes (SE, NE e L)</p>																				
Solução em planta	<p>Descrição das áreas de uso da edificação.</p> <table style="width: 100%; text-align: center;"> <tbody> <tr> <td style="background-color: #FF8C00; width: 30px; height: 20px;"></td> <td>Área de ensino e docência</td> <td style="background-color: #FFFF00; width: 30px; height: 20px;"></td> <td>Área de administração</td> <td style="background-color: #00FF00; width: 30px; height: 20px;"></td> <td>Área de recursos didáticos</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #00FFFF; width: 30px; height: 20px;"></td> <td>Área de suporte pedagógico</td> <td style="background-color: #FFB6C1; width: 30px; height: 20px;"></td> <td>Área de alimentação</td> <td style="background-color: #CCCCFF; width: 30px; height: 20px;"></td> <td>Área de serviços gerais</td> </tr> </tbody> </table>		Área de ensino e docência		Área de administração		Área de recursos didáticos		Área de suporte pedagógico		Área de alimentação		Área de serviços gerais								
	Área de ensino e docência		Área de administração		Área de recursos didáticos																
	Área de suporte pedagógico		Área de alimentação		Área de serviços gerais																
Orientação e distribuição de aberturas	<p>Descrição das aberturas e Na realização de uma análise comparativa com as especificações recomendadas pela NBR15575 (2010) que determina que as áreas de aberturas devam ser maiores que 15 % da área total do piso.</p> <p>Obs.: Esse dado foi utilizado por ser mais recente e por recomendar um tamanho mínimo das áreas de aberturas, condição mais adversa.</p>																				

Fonte: Autora, 2012.

2.3 Definição preliminar do projeto base de escola

O projeto base, dentre o universo das oito escolas anteriormente selecionadas foi definido por possuir a configuração de salas de aula mais recorrente, mais completo programa de necessidades e áreas de uso bem definidos, adequada orientação em

relação à exposição da radiação solar direta nas salas de aula e por ser favorecido pelo vento dominante da região, o Sudeste.

Também foi realizada a análise qualitativa do projeto base quanto à sua adequação climática, em relação aos seguintes parâmetros: zoneamento e implantação, partido volumétrico e espacial, relação com o entorno imediato, aberturas e revestimentos, sistema estrutural e construtivo, configuração dos blocos de sala de aula.

A definição preliminar do projeto base contribuiu para a escolha de um projeto de escolas que possuísse resultados mais favoráveis quanto aos aspectos anteriormente citados.

2.4 Simulação computacional

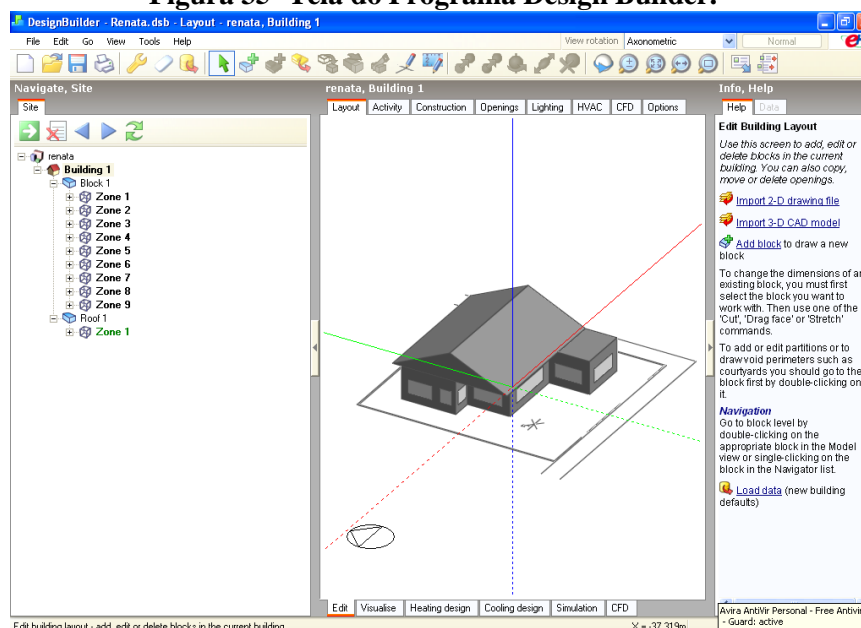
As simulações computacionais de alternativas para o projeto base foram realizadas com a modelagem e simulação no *software Desing Builder*. Este é uma ferramenta computacional que permite construir o modelo do edifício, caracterizá-lo, bem como aos seus sistemas energéticos, e realizar simulações para determinação de consumos energéticos e de potências de climatização, bem como testar estratégias de otimização energética. (VENÂNCIO, 2005).

Alguns dos principais usos da ferramenta são:

- Cálculo do consumo de energia: o programa fornece relatórios de consumo de climatização, iluminação e equipamentos, dentre outros dados mais específicos sobre o consumo de energia, além do consumo de outros tipos de combustível;
- Cálculo do desempenho térmico: relatórios de saída sobre as trocas térmicas por paredes externas, paredes internas, pisos, cobertas, forros, infiltração, ventilação, dentre outros e os ganhos térmicos internos provenientes da ocupação e da incidência de radiação por aberturas.

No presente trabalho, foram realizadas simulações computacionais para cálculo do desempenho térmico do projeto base.

Figura 35- Tela do Programa Design Builder.



Fonte: Programa Design Builder.

As simulações têm como objetivo verificar qual a variação da temperatura do ar dentro dos ambientes, principalmente as salas de aula e se essas estão dentro do intervalo considerado confortável para o clima de Maceió. Foram utilizados parâmetros fixos e variáveis, que foram então os objetos das simulações computacionais. (Quadro 05)

Os parâmetros fixos foram definidos como os dados que não sofreram modificações ao longo da realização das simulações computacionais, ou seja, sem mudanças. Já os parâmetros variáveis, ao contrário, foram os dados alterados no decorrer das simulações.

Quadro 6- Parâmetros fixos e parâmetros variáveis utilizados nas simulações do programa *Design Builder*.

Parâmetros fixos	Parâmetros Variáveis
Dimensões das salas de aula: 55,82 m ²	Tipologias das edificações escolares quanto ao conjunto de salas de aula em relação ao corredor.
Aberturas: - Janela de madeira pivotante vertical com 4 folhas 2,00x1,00 m; - Porta de madeira: 0,90x2,10m	
Cores das fachadas: branca.	Orientação das fachadas
Pé-direito: 3,10m	
Número de alunos: 45.	Materiais da cobertura e das paredes
Programa de necessidades	
Material das esquadrias: madeira.	

Fonte: Autora, 2012.

As simulações foram realizadas durante todo o ano, em duas orientações (Norte e Sul).

Os resultados encontrados nas simulações computacionais, em relação ao comportamento térmico do projeto base, foram transferidos para planilhas e com base nestas foram criados gráficos com intervalos horários de temperatura do ar interna, temperatura neutra e limites inferior e superior de conforto térmico. Estes resultados servem para comparar a predição de temperatura do ar interna resultante e a classificação de conforto térmico.

Peeters et.al (2009) realizaram um estudo, através de uma revisão e adaptação de índices adaptativos, sobre valores e escalas de conforto, com base em temperaturas de neutralidade, consideradas aceitáveis para edificações residenciais do clima quente e úmido em três zonas: banheiros, dormitórios e demais ambientes (cozinha, sala de estar e sala de estudo etc.)

Este trabalho utilizou como base as equações consideradas para os demais ambientes:

$$T_n = 20.4 + 0.06 \cdot T_{e,ref} \text{ para } T_{e,ref} < 12.5 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (1)$$

$$T_n = 16.63 + 0.36 \cdot T_{e,ref} \text{ para } T_{e,ref} \geq 12.5 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2)$$

Onde:

T_n : Temperatura de neutralidade

$T_{e,ref}$: Temperatura externa de referência

Desta forma utilizando a equação (2), já que as médias de temperatura em Maceió-AL são $\geq 12.5 \text{ } ^\circ\text{C}$, obtiveram-se os seguintes valores:

Tabela 5- Temperaturas médias e de neutralidade para Maceió-AL.

Período	Temperatura média ($^\circ\text{C}$)	Temperatura de Neutralidade ($^\circ\text{C}$)
Ano	24.8	25.5

Fonte: Autora, 2012.

Este trabalho utilizou a temperatura de neutralidade de acordo com a equação (2), obtendo como temperatura de neutralidade, $25.5 \text{ } ^\circ\text{C}$. A partir daí foi feito uso das equações (3) e (4) para se obter as faixas de conforto, superior e inferior para demais ambientes no clima quente e úmido.

$$T_{upper} = T_n + w \cdot \alpha \quad (3)$$

$$T_{lower} = T_n - w (1 - \alpha) \quad (4)$$

Onde:

T_{upper} = Temperatura superior

T_{lower} = Temperatura inferior

T_n : Temperatura de neutralidade

w: $5 \text{ } ^\circ\text{C}$ – para aceitabilidade de 90%

α : 0,7– para aceitabilidade de 90%

A faixa de conforto adotada foi de 90% de aceitabilidade. As temperaturas registradas abaixo dessa variação foram consideradas em desconforto por frio, e as registradas acima da zona de conforto, em desconforto por calor. A ocorrência de

temperaturas dentro dos limites da zona de conforto foi considerada em conforto térmico.

Desta forma utilizando a equação (3) e (4), já que as temperaturas de neutralidade em Maceió-AL obtiveram-se os seguintes valores:

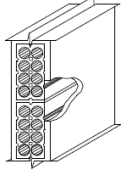
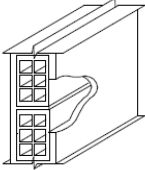
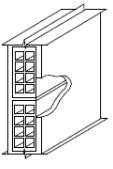
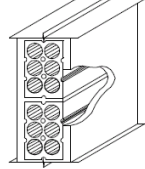
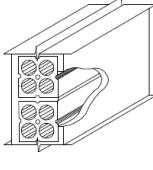
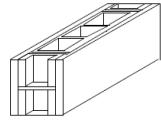
Tabela 6- Temperatura de neutralidade e limite de conforto para Maceió-AL.

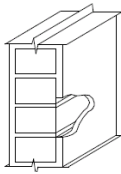

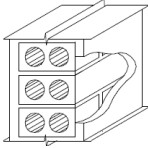
Período	Temperatura de Neutralidade (°C)	Limites de conforto (°C)	
Ano	25.5	29.1	Temperatura superior
		24.1	Temperatura inferior

Fonte: Autora, 2012.

Como etapa anterior a realização das simulações no programa *Design Builder*, foram verificadas as recomendações citadas na NBR 15575-3 (ABNT, 2008). Esta Norma recomenda que a Zona Bioclimática 8, a qual se insere a cidade de Maceió-AL, as vedações externas tenham paredes leves e refletoras, possuindo transmitância térmica (U) menor ou igual a 3,60 e atraso térmico (ϕ) menor ou igual a 4,3. Abaixo tipos de vedações externas (paredes) que podem ser utilizadas na Zona 8:

Tabela 7- Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico para algumas paredes na Zona Bioclimática 8.

	Descrição	U[W/(m ² .K)]	CT[kj/(m ² .K)]	(φ)[horas]
	Parede de tijolos de 8 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x20,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	2,24	167	3,7
	Parede de tijolos 6 furos quadrados, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 9,0x14,0x19,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14,0 cm	2,48	159	3,3
	Parede de tijolos 8 furos quadrados, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 9,0x19,0x19,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14,0 cm	2,49	158	3,3
	Parede de tijolos de 6 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	2,28	168	3,7
	Parede com 4 furos circulares Dimensões do tijolo: 9,5x9,5x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14,5 cm	2,49	186	3,7
	Parede de blocos cerâmicos de 3 furos Dimensões do bloco: 13,0x28,0x18,5 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 18,0 cm	2,43	192	3,8

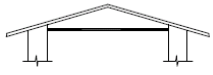
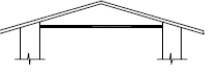


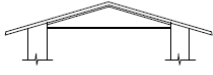



	Descrição	U[W/(m².K)]	CT[k]/(m².K)]	(φ)[horas]
	Parede de tijolos maciços, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x6,0x22,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	3,13	255	3,8
	Parede de blocos cerâmicos de 2 furos Dimensões do bloco: 14,0x29,5x19,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 19,0 cm	2,45	203	4,0
	Parede de tijolos com 2 furos circulares Dimensões do tijolo: 12,5x6,3x22,5 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 17,5 cm	2,43	220	4,2

Fonte: NBR15220 (ABNT, 2005)

Obs.: A fim de tornar as simulações computacionais mais práticas foram escolhidas as vedações externas das paredes de tijolos 6 (seis) furos quadrados, por ser mais utilizada e de tijolos maciços, por apresentar valor de transmitância térmica mais alto entre os tipos apresentados anteriormente.

Para as coberturas, também leves e refletoras, transmitância térmica (U) menor ou igual a 2,3 FT e atraso térmico (φ) menor ou igual a 3,3. Abaixo tipos de vedações externas (coberturas) que podem ser utilizadas na Zona 8:

Tabela 8- Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico para algumas coberturas na Zona Bioclimática 8.

	Descrição	U[W/(m ² .K)]	CT[kJ/(m ² .K)]	(φ)[horas]
	Cobertura de telha de barro com forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	2	32	1,3
	Cobertura de telha de fibro-cimento com forro de madeira Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	2	25	1,3
	Cobertura de telha de barro com forro de concreto Espessura da telha: 1,0 cm Espessura do concreto: 3,0 cm	2,24	84	2,6
	Cobertura de telha de fibro-cimento com forro de concreto Espessura da telha: 0,7 cm Espessura do concreto: 3,0 cm	2,25	77	2,6
	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	1,11	32	2
	Cobertura de telha de fibro-cimento, lâmina de alumínio polido e forro de madeira Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	1,16	25	2
	Cobertura de telha de barro com 2,5 cm de lã de vidro sobre o forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	0,95	33	2,3
	Cobertura de telha de barro com 5,0 cm de lã de vidro sobre o forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	0,62	34	3,1

Fonte: NBR15220 (ABNT, 2005)

Desta forma, em relação ao parâmetro variável de materiais de paredes e coberturas, foram selecionados 9 (nove) modelos:

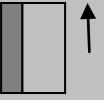




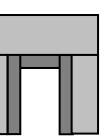
Quadro 7- Modelos quanto ao parâmetro variável de materiais de paredes e coberturas.

Modelo	Descrição
1	Cobertura de telha de barro com forro de madeira/Parede de tijolos 6 furos quadrados
2	Cobertura de telha de fibrocimento com forro de madeira/Parede de tijolos 6 furos quadrados
3	Cobertura de telha de barro com forro de concreto/Parede de tijolos 6 furos quadrados
4	Cobertura de telha de fibrocimento com forro de concreto, /Parede de tijolos 6 furos quadrados.
5	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de madeira /Parede de tijolos 6 furos quadrados.
6	Cobertura de telha de fibrocimento, lâmina de alumínio polido e forro de madeira/Parede de tijolos 6 furos quadrados.
7	Cobertura de telha de barro com 2,5cm de lã de vidro sobre o forro de madeira/ Parede de tijolos 6 furos quadrados.
8	Cobertura de telha de barro com 5,0cm de lã de vidro sobre o forro de madeira/ Parede de tijolos 6 furos quadrados.
9	Cobertura de telha de barro com forro de concreto/ Parede de tijolos maciços.

Fonte: Autora, 2012.

Também foi utilizado como parâmetro variável nas simulações computacionais, tipologias das edificações escolares quanto ao conjunto de salas de aula em relação ao corredor de circulação. Essas tipologias foram encontradas com base nas amostras das escolas públicas coletadas como objetos de estudo da referente pesquisa. Foram detectadas seis tipologias distintas mais recorrentes, sendo elas:

Quadro 8- Tipologias arquitetônicas de edificações escolares.

Modelo	Descrição
A) 	<i>Conjunto de salas voltado para um corredor de circulação.</i>
B) 	<i>Conjunto duplo de salas voltado para um corredor de circulação e com área descoberta central.</i>
C) 	<i>Conjunto duplo de salas voltado para um corredor de circulação e com área coberta central.</i>
D) 	<i>Conjunto de salas opostas voltadas para um corredor de circulação central.</i>
E) 	<i>Conjunto de salas em formato de "L" voltadas para um corredor de circulação central.</i>
F) 	<i>Conjunto de salas em formato de "U" voltadas para um corredor de circulação central.</i>

Fonte: Autora, 2010 (tabela adaptada de GRAÇA, 2001).

2.5 Síntese dos resultados e discussões

- Síntese de todas as simulações computacionais anteriormente realizadas em gráficos e tabelas. Os resultados encontrados, em relação ao desempenho térmico nas diferentes alternativas de arranjos arquitetônicos são apresentados para auxiliar futuros projetos arquitetônicos na região.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Análise qualitativa das escolas selecionadas

Ao analisar o **entorno** próximo das edificações escolares analisadas, de modo geral, foi verificada a presença de residências térreas e de árvores de médio e grande porte, com copa densa. Quanto à **implantação no terreno** nota-se que as escolas são bem distribuídas no lote, de forma retangular e com pequenos recuos, frontais, laterais e de fundo, tendo em alguns casos, a ausência de recuos, com blocos construídos encostados nos muros vizinhos.

Quanto à **orientação solar**, através do estudo das cartas solares nas fachadas das oito escolas foi verificado que, os ambientes de maior permanência recebem a maior radiação solar ao longo de toda a manhã, o que pode prejudicar as atividades realizadas nestes ambientes. Neste caso, há uma necessidade de se propor dispositivos eficientes de proteção solar. Recomenda-se que as fachadas de maior dimensão das escolas sejam voltadas para o sentido NORTE-SUL, ou seja, menos expostas ao sol, e conseqüentemente, as fachadas de menor comprimento, voltadas para o sentido LESTE-OESTE.

Quanto ao aproveitamento da ventilação natural verificou-se que, de modo geral, os **ventos dominantes** em Maceió, o Sudeste, o Nordeste e o Leste favorecem os blocos de salas de aula, porém outros ambientes de permanência são menos favorecidos.

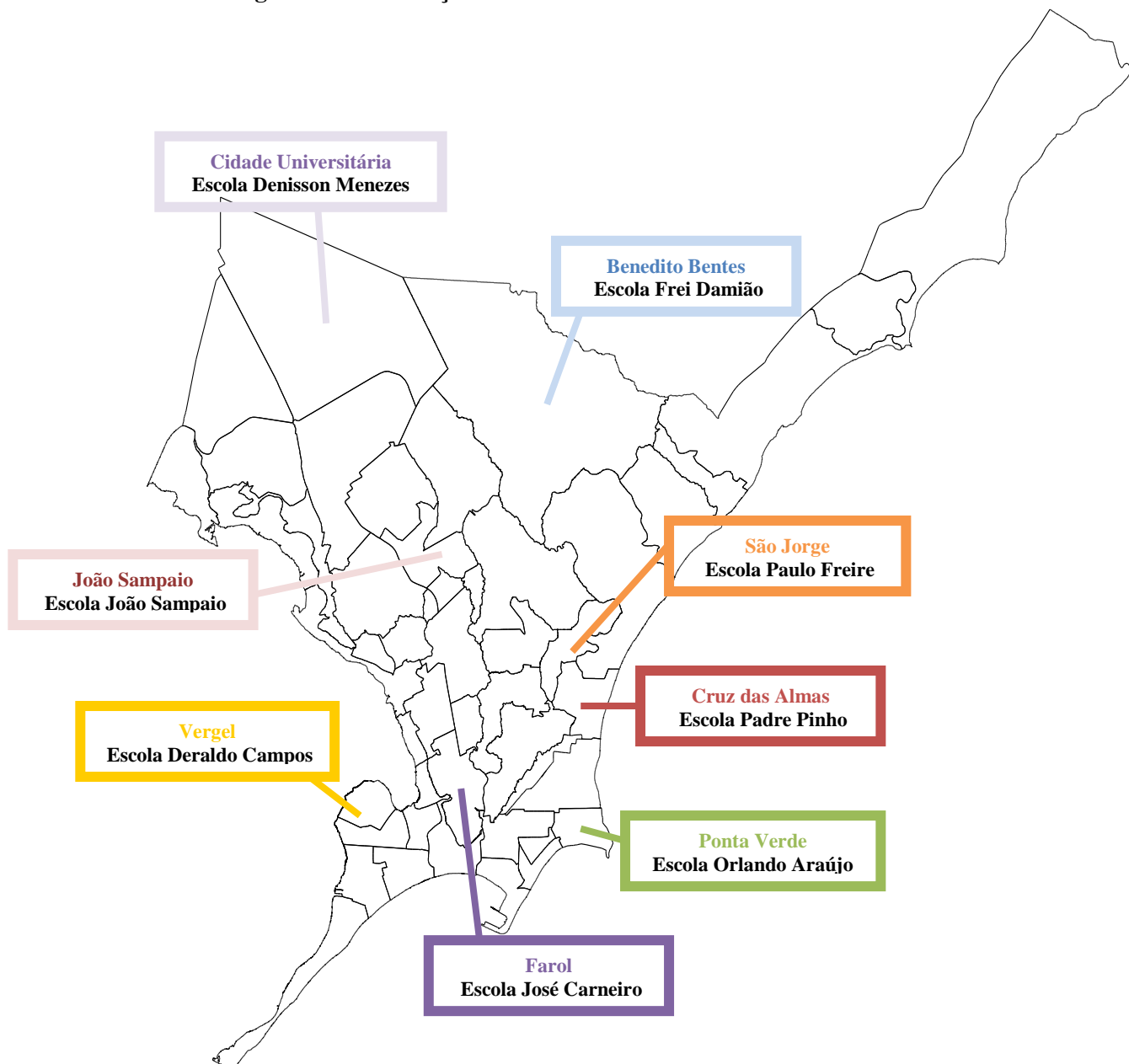
Quanto às **soluções em plantas**, as escolas possuem áreas de uso bem definidas: área de ensino e docência, área de suporte pedagógico, área de administração, área de alimentação, área de recursos didáticos e área de serviços gerais.

E quanto à orientação e distribuição de aberturas, através da análise comparativa com as especificações recomendadas pela NBR15575 (ABNT, 2010), que estabelece que as aberturas para ventilação devam ter áreas mínimas maiores ou iguais a 15% da área de piso, a maior parte dos ambientes de permanência estudados possuem valores abaixo do estipulado pela norma.

A análise qualitativa das oito escolas selecionadas foi sintetizada em fichas bioclimáticas, que mostram o entorno, implantação no terreno, orientação solar, ventos dominantes, solução em planta e orientação e distribuição das aberturas. Com essa análise qualitativa foi diagnosticado que as escolas apresentaram resultados pouco

satisfatórios quanto aos aspectos anteriormente citados, o que mostra a necessidade de melhor aproveitamento dos condicionantes ambientais na concepção dos projetos arquitetônicos escolares.

Figura 36- Localização das escolas escolhidas na cidade de Maceió-AL.



Fonte: Autora, 2012.

Segue as oito fichas elaboradas:

FICHA BIOCLIMÁTICA DA ESCOLA DENISSON MENEZES

Projeto: Arquiteta Daniela da Fonseca e Silva

Local: Conjunto Habitacional Denisson Menezes, bairro Cidade Universitária.

a) Escola:

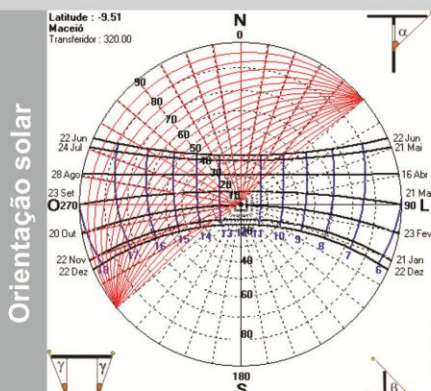
Terreno: 4101.63 m²
Construção: 1799.73 m²
Coberta: 2125 m²

b) Creche:

Terreno: 4101.63 m²
Construção: 506.15 m²
Coberta: 661.50 m²

Implantação no terreno:

A escola ocupa praticamente todo o terreno, possuindo pequenos recuos: frontal e de fundo de 4.90m e lateral de 4.69m, sendo um lado da construção encostado ao muro vizinho uma área destinada a um posto de saúde.



Fachadas	Solstício de Verão (S.V.)	Equinócio (E.Q.)	Solstício de Inverno (S.I.)
AB	Recebe sol do nascer até as 14h	Do nascer até 11h30	Do nascer até as 9h30
DC	De 14h até o pôr do sol	De 11h30 até o pôr do sol	De 9h30 até o pôr do sol
BC	De 11h ao pôr do sol	De 12h30 ao pôr do sol	De 13h50 até o pôr do sol
AD	Do nascer até 11h	Do nascer até 12h30	Do nascer até 13h50

Estudo da insolação das fachadas da Escola Denisson Menezes.

Fonte: Software SOL-AR.

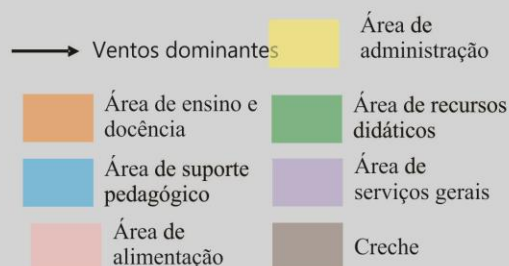
Ventos dominantes

O vento Sudeste, o mais recorrente ao longo do ano em Maceió, favorece principalmente a área administrativa. Já o Nordeste, favorece a área de ensino, mais especificamente, as salas de aula. O vento Leste pode favorecer a zona central do projeto, onde se encontra o recreio coberto.



Solução em planta

A escola possui um formato basicamente retangular. O zoneamento das áreas de uso são: ensino e docência (10 salas de aula, recreio coberto e pátio), suporte pedagógico (sala do diretor, sala da coordenação pedagógica, sala da orientação educacional, sala dos professores), recursos didáticos (sala de leitura, sala de vídeo, sala de informática); administração (recepção, secretaria, arquivo morto, depósito); alimentação (cozinha, despensa, refeitório); serviços gerais (sanitários alunos, sanitários alunas, sanitário/vestiário funcionários, vestiário/sanitário funcionárias, área de serviço, depósito e despensa) e creche.



Orientação e distribuição das aberturas:

A escola é composta principalmente por aberturas em janelas pivotantes em madeira, com dimensão de 2,00m x 1,10m e peitoril de 1,00m. Elas estão presentes em todos os ambientes de maior permanência, com normalmente 2 janelas por ambiente.

A NBR15575 (2010) determina que as áreas de aberturas devem ser maiores que 15% da área total do piso.

Apenas a secretaria da creche possui área de abertura recomendada pela NBR15575 (2010). Os outros ambientes estudados possuem valores baixos do que a norma especifica.

Fonte: Autora, 2012.

FICHA BIOCLIMÁTICA DA ESCOLA DERALDO CAMPOS

Entorno

A escola está localizada em um terreno entre a Rua Lrg.da Paz, a Avenida Abelardo Pontes e a rua Dr. Luiz de Barros. Em sua vizinhança encontram-se residências térreas. Destaca-se uma grande área verde, composta por algumas árvores de copa densa e um campo de futebol.



Implantação da Escola Orlando Araújo
Fonte: Google maps.

Local: Praça Moisés S. Firmino, bairro Vergel.

Terreno: 1142.90 m²

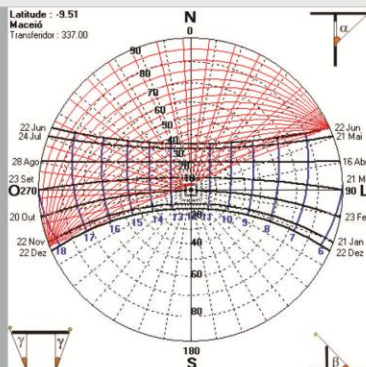
Construção: 628.38 m²

Coberta: 691.21 m²

Implantação no terreno

A escola ocupa 628.38 m² em um terreno de 1142.90 m², possuindo pequenos recuos: frontal de e de fundo de 3.63m, lateral direito de 1.50m.

Orientação solar

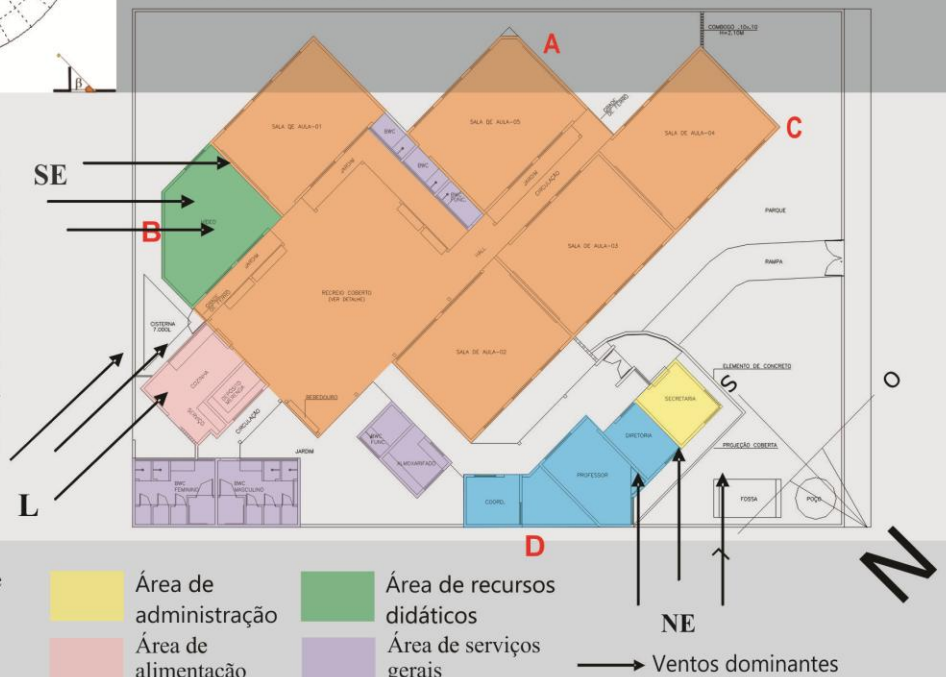


Fachadas	Solstício de Verão (S.V.)	Equinócio (E.Q.)	Solstício de Inverno (S.I.)
CD	15 horas até o pôr do sol	10h50 ao pôr do sol	6h30 até o pôr do sol
AB	Do nascer até as 15 horas	Do nascer até as 10h50	Nascer do sol até as 6h30
BD	Nascer até as 11h30	Nascer até as 12h10	Do nascer do sol até 13h
CA	11h30 até o pôr do sol	12h10 até o pôr do sol	De 13h até o pôr-do-sol

Estudo de insolação das fachadas da Escola Deraldo Campos. Fonte: Software SOL-AR.

Ventos dominantes

Os ventos dominantes, Sudeste e Nordeste favorecem principalmente as salas de aula. O vento Leste, também importante para o clima quente e úmido de Maceió, foi pouco aproveitado no projeto, pois são escassas as aberturas voltadas para esta orientação, impedindo assim, a livre circulação do vento oriundo desta direção.



Solução em planta

Área de ensino e docência

Área de suporte pedagógico

Área de administração

Área de alimentação

Área de recursos didáticos

Área de serviços gerais

→ Ventos dominantes

Esta escola possui áreas de uso bem definidas, como: ensino e docência (5 salas de aula e recreio coberto), suporte pedagógico (diretoria, coordenação e sala dos professores), recursos didáticos (sala de vídeo); administração (secretaria e almoxarifado); alimentação (cozinha, dep. de merenda); serviços gerais (sanitários alunos, sanitários alunas e bwc funcionários).

Orientação e distribuição das aberturas:

A escola é composta, em geral, por aberturas com dimensões de 1,50m ou 1,20m x 1,10m e peitoril de 1,00m. Elas estão presentes em todos os ambientes de maior permanência, sendo pelo menos de 2 por ambientes.

A NBR15575 (2010) determina que as áreas de aberturas devem ser maiores que 15% da área total do piso.

Apenas a diretoria e a coordenação possuem áreas de abertura recomendada pela NBR15575 (2010). Os outros ambientes estudados possuem valores baixos do que a norma específica.

Fonte: Autora, 2012.

FICHA BIOCLIMÁTICA DA ESCOLA FREI DAMIÃO

Esta escola está localizada em um terreno próximo ao Conjunto Luiz Renato de Paiva Lima e Avenida Mundaú, sendo seu entorno formado principalmente pelo uso residencial.

Entorno

Local: Conj. Luiz Renato de Paiva Lima, bairro Benedito Bentes.

Terreno: 5.298,96 m²

Construção: 2.041,84 m²

Coberta: 2.367,51 m²

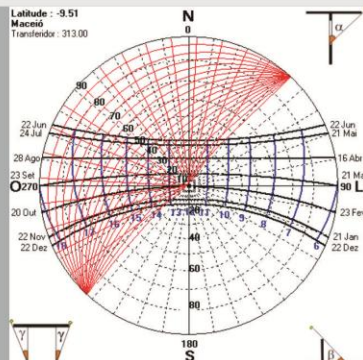
Implantação da Escola Frei Damião
Fonte: Google maps.



Implantação no terreno

A escola ocupa 2.041,84 m² em um terreno de: 5.298,96 m² de forma retangular, possuindo apenas recuo frontal de 6.80 metros e recuos laterais de quase 5 metros.

Orientação solar



Fachadas	Solstício de Verão (S.V.)	Equinócio (E.Q.)	Solstício de Inverno (S.I.)
AB	Do nascer até 14h	Do nascer até 11h30	Do nascer até 10h
DC	De 14h até o pôr do sol	De 11h30 até o pôr do sol	De 10h até o pôr do sol
BC	De 13h até o pôr do sol	De 11h até o pôr do sol	De 15h até o pôr do sol
AD	Do nascer até 13h	Do nascer até 11h	Do nascer até 15h

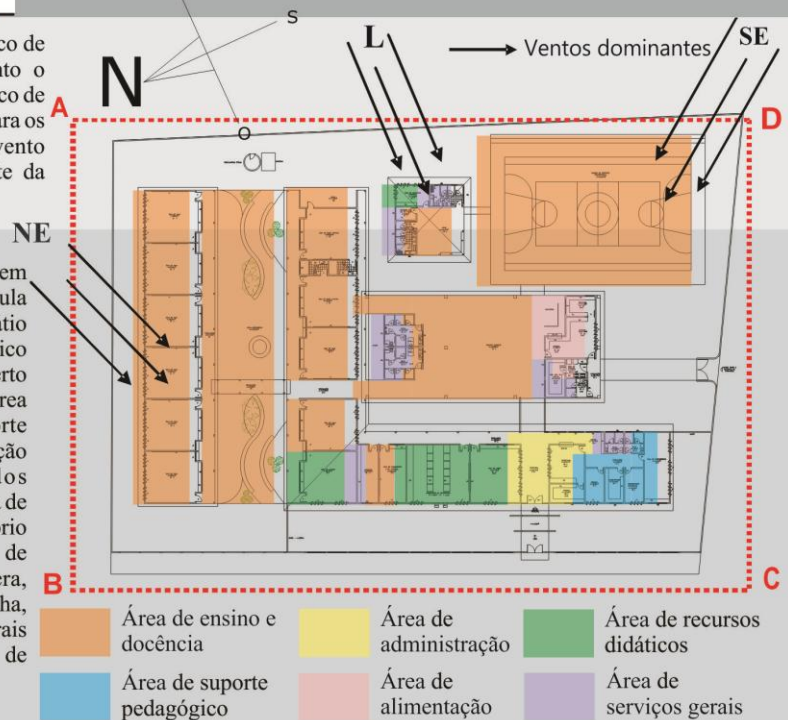
Estudo da insolação das fachadas da Escola Frei Damião.
Fonte: Software SOL-AL.

Ventos dominantes

O vento Sudeste pode favorecer o bloco de salas de aulas, porém não favorece tanto o restante dos ambientes, pois o primeiro bloco de salas de aula pode servir como obstáculo para os demais ambientes posteriores. O vento Nordeste é o que favorece a maior parte da escola.

Solução em planta

O projeto desta escola possui o formado em "L", onde são formados blocos de salas de aula voltados para corredores e para um pátio interno descoberto. No programa arquitetônico existem 8 salas de aula e um recreio descoberto e 2 salas de educação infantil formando a área de ensino e docência; área de suporte pedagógico (sala do diretor, sala da orientação educacional, coordenação, sala dos professores); área de recursos didáticos (sala de vídeo, sala de múltiplas atividades, laboratório de informática e sala de leitura); área de administração (arquivo, recepção, espera, secretaria); área de alimentação (cozinha, despensa, refeitório); área de serviços gerais (sanitários alunos, sanitários alunas, área de serviço, depósito e despensa).



Orientação e distribuição das aberturas:

As janelas desta escola possuem dimensões de 2,00m x 1,00m e peitoril de 1,00m. Elas estão presentes nos ambientes de maior permanência pode-se encontrar normalmente de 1 a 3 janelas por ambiente.

A NBR15575 (2010) determina que as áreas de aberturas devEm ser maiores que 15% da área total do piso.

Apenas a sala dos professores possui área de abertura recomendada pela NBR15575 (2010). Os outros ambientes estudados possuem valores baixos do que a norma especifica.

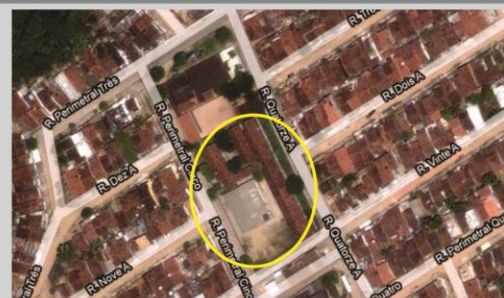
FICHA BIOCLIMÁTICA DA ESCOLA JOÃO SAMPAIO

Esta escola está localizada em um terreno entre a Rua Perimetral Cinco e Rua Quartoze A. Em seu entorno pode ser encontrada a presença de residências térreas em sua maior parte, porém sua vizinhança é composta de uma igreja católica e o Terminal do Conjunto João Sampaio.

Entorno

Projeto: Arquiteta Luciana Silva de Morais
Local: Conjunto João Sampaio, bairro Jardim Petrópolis.
Terreno: 4.804.70 m²
Construção: 1870.00 m²
Coberta: 1889.00 m²

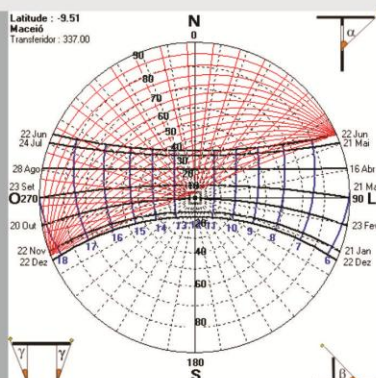
Implantação da Escola João Sampaio.
 Fonte: Google maps.



Implantação no terreno

A escola ocupa 1870.00 m² em um terreno de 4.804.70 m², possuindo pequenos recuos: frontal e de fundo de 3.63m, lateral direito de 1.50m.

Orientação solar



Fachadas	Solstício de Verão (S.V.)	Equinócio (EQ)	Solstício de Inverno (SI)
OD	15 horas até o pôr do sol	10h50 ao pôr do sol	6h30 até o pôr do sol
AB	Do nascer até as 15 horas	Do nascer até as 10h50	Nascer do sol até as 6h30
BD	Nascer até as 11h30	Nascer até as 12h10	Do nascer do sol até 13h
CA	11h30 até o pôr do sol	12h10 até o pôr do sol	De 13h até o pôr do sol

Estudo de insolação das fachadas da Escola João Sampaio.
 Fonte: Software SOL-AR.

Ventos dominantes

Os 3 ventos dominantes, Sudeste, Leste e Nordeste favorecem principalmente as salas de aula. As salas de aula ocupam a maior fachada do projeto, o que favorece a chegada destes ventos principais para nossa região nestes ambientes de maior permanência. O vento Nordeste, também importante para o clima quente e úmido de Maceió, favorece a área administrativa.



Solução em planta

A escola possui as seguintes áreas de uso: ensino e docência (17 salas de aula, 2 de educação infantil, mini-audatório, biblioteca, laboratório de ciências e tecnologia e recreio coberto), suporte pedagógico (diretoria, coordenação-orientação, supervisão-reunião e sala dos professores), recursos didáticos (TV escola, sala de informática); área de administração (arquivo, recepção, grêmio, secretaria e almoxarifado); alimentação (cantina, cozinha, DML., dep. de merenda); serviços gerais (sanitários alunos, sanitários alunas, BWC administração e BWC funcionários).

Orientação e distribuição das aberturas:

A escola é composta principalmente por aberturas, com dimensões que variam de 2,00m a 3,93m de largura e alturas que vão de 1,20m a 1,40m. A NBR15575 (2010) que determina que as áreas de aberturas devem ser maiores que 15% da área total do piso.

As salas de aula e a secretaria possuem áreas de abertura recomendada pela NBR15575 (2010). Os outros ambientes estudados possuem valores baixos do que a mesma norma especifica.

Fonte: Autora, 2012.

FICHA BIOCLIMÁTICA DA ESCOLA JOSÉ CARNEIRO

Entorno

Esta escola está localizada em um terreno entre a Rua Adolfo Camerino e Rua Arsênio Fontes. Em seu entorno pode ser encontrada a presença de residências térreas em sua maior parte, porém sua vizinhança é composta por alguns pontos comerciais, sendo uma área bastante movimentada, onde o tráfego de automóveis e pessoas é constante ao longo do dia. Além disso, a escola é vizinha a uma antena de celular.

Local: Rua Bernardo Lopes, bairro Pinheiro.

Terreno: 1.230,45 m²

Construção: 271,09 m²

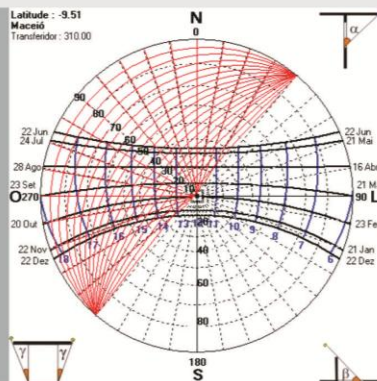
Implantação da Escola José Carneiro.
Fonte: Google maps.



Implantação no terreno

A escola ocupa 271,09 m² em um terreno de 1.230,45 m², de forma retangular, possuindo apenas recuo frontal de 4.18m.

Orientação solar

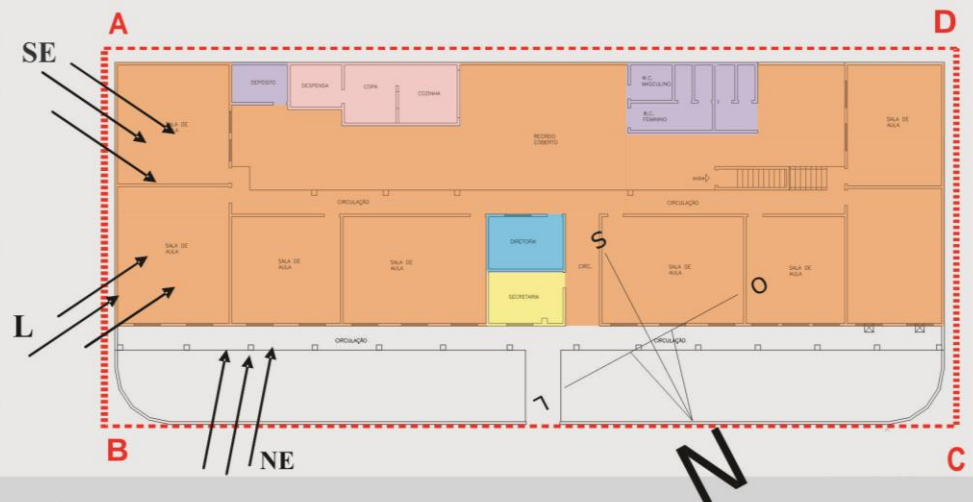


Fachadas	Solstício de Verão (S.V.)	Equinócio (E.Q.)	Solstício de Inverno (S.I.)
AB	Do nascer até 11h	Do nascer até 13h	Do nascer até 15h
DC	De 11h até o pôr do sol	De 13h até o pôr do sol	De 15h até o pôr do sol
BC	Do nascer até 13h	Do nascer até 11h30	Do nascer até 10h20
AD	De 13h até o pôr do sol	De 11h30 até o pôr do sol	De 10h20 até o pôr do sol

Estudo da insolação das fachadas da Escola José Carneiro.
Fonte: Software SOL-AR.

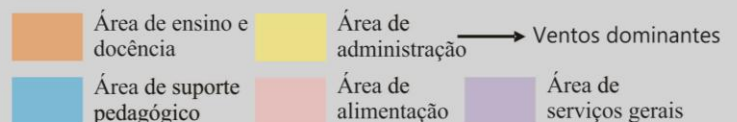
Ventos dominantes

Em relação aos ventos dominantes, Sudeste, Leste e Nordeste nota-se apenas que os dois últimos podem favorecer o bloco de salas de aula na fachada principal e a área administrativa, sendo os demais áreas da escola prejudicadas quanto à ventilação natural devido a falta de aberturas nestes ambientes.



Solução em planta

O projeto desta escola é formado por um corredor para circulação com salas de aula voltadas para este. No programa arquitetônico existem 12 salas de aula e um recreio coberto, formando a área de ensino e docência; diretoria; área de alimentação (cozinha, despensa, copa); área de serviços gerais (sanitários alunos, sanitários alunas, depósito e despensa).



Orientação e distribuição das aberturas:

As salas de aula desta escola são compostas principalmente por aberturas em janelas com dimensão de 1,50m x 1,00m e peitoril de 1,00m. Nas salas de aula pode-se encontrar normalmente de 2 a 3 janelas por ambiente.

A NBR15575 (2010) determina que as áreas de aberturas devem ser maiores que 15% da área total do piso.

Nenhum dos ambientes desta escola possui área de abertura recomendada pela NBR15575 (2010).

FICHA BIOCLIMÁTICA DA ESCOLA ORLANDO ARAÚJO

Entorno

A escola está localizada em um terreno de esquina entre a Avenida Professor Vital Barbosa e a Avenida Dr. José Sampaio, sendo esta última a de acesso principal a entrada para escola. Em sua vizinhança encontra-se uma torre de telefonia e algumas residências térreas, tendo apenas um edifício em uma de suas laterais como grande possível obstáculo para esta, e na lateral oposta outro conjunto de edifícios multifamiliares, como mostra a figura ao lado. Também pode-se notar a presença de médio e grande porte, com árvores de copa densa.

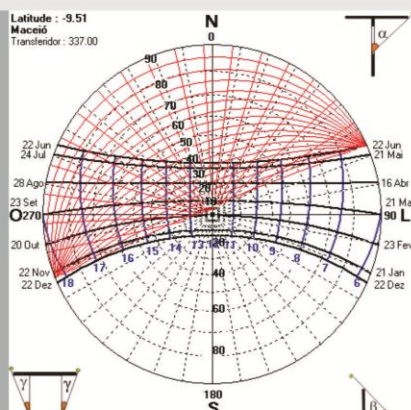


Local:
Rua Sampaio Luz,
bairro Ponta Verde.
Terreno:
2.510,00 m²
Construção:
1302,30 m²
Coberta:
1432,53 m²

Implantação no terreno

A escola ocupa 1302,30 m² em um terreno de 2.510,00 m², possuindo pequenos recuos: frontal de e de fundo de 3,05m, lateral direito de 1,20m e esquerdo de 4,55m.

Orientação solar



Fachadas	Solstício de Verão (S.V.)	Equinócio (E.Q.)	Solstício de Inverno (S.I.)
CD	15 horas até o pôr do sol	10h50 ao pôr do sol	6h30 até o pôr do sol
AB	Do nascer até as 15 horas	Do nascer até as 10h50	Nascer do sol até as 6h30
BD	Nascer até as 11h30	Nascer até as 12h10	Do nascer do sol até 13h
CA	11h30 até o pôr do sol	12h10 até o pôr do sol	De 13h até o pôr-do-sol

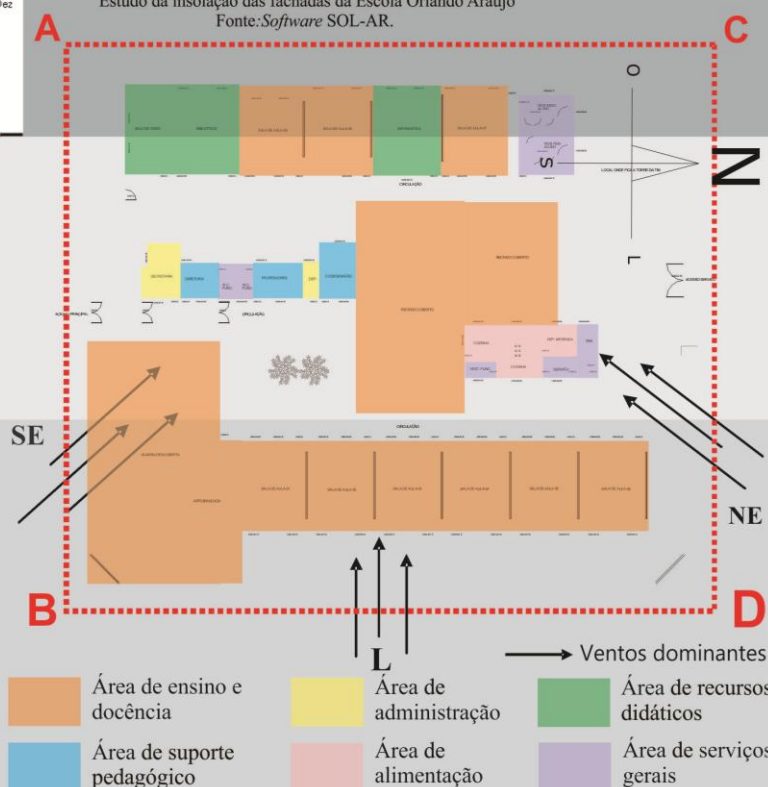
Estudo da insolação das fachadas da Escola Orlando Araújo
Fonte: Software SOL-AR.

Ventos dominantes

Os ventos dominantes, Sudeste, Nordeste e Leste favorecem principalmente o bloco de sala de aulas e a quadra descoberta. A escola é composta por longos corredores para circulação e grandes aberturas, o que pode facilitar a distribuição dos ventos para os demais ambientes.

Solução em planta

A escola possui como áreas de uso: ensino e docência (9 salas de aula, recreio coberto e quadra descoberta), suporte pedagógico (sala do diretor, coordenação e sala dos professores), recursos didáticos (biblioteca, sala de vídeo, sala de informática); administração (secretaria e depósito); alimentação (cozinha, dep. de merenda); serviços gerais (sanitários alunos, vestiário funcionários, área de serviço, depósito e DML).



Orientação e distribuição das aberturas:

A escola é composta, em geral, por grandes aberturas, com dimensões de 2,50m x 1,10m e peitoril de 1,00m. Elas estão presentes em todos os ambientes de maior permanência, onde se encontra normalmente 2 janelas por ambiente e 2 aberturas no lado oposto, de 1,85m x 0,45cm e peitoril de 1,65m.

A NBR15575 (2010) determina que as áreas de aberturas devem ser maiores que 15% da área total do piso.

Apenas a diretoria possui área de abertura recomendada pela NBR15575 (2010). Os outros ambientes estudados possuem valores mais baixos do que a norma específica.

FICHA BIOCLIMÁTICA DA ESCOLA PADRE PINHO

Entorno

Esta escola está localizada em um terreno entre a Rua Quebrangulo e a Rua Marechal Deodoro. Em seu entorno há residências térreas em sua maior parte e a presença de algumas árvores de grande e médio porte.

Projeto: Arquiteto Mauricio Espinosa.
Local: Rua Quebrangulo, bairro Cruz das Almas.
Terreno: 2.418.70 m²
Construção: 1.299.00 m²
Coberta: 1.521.54 m²

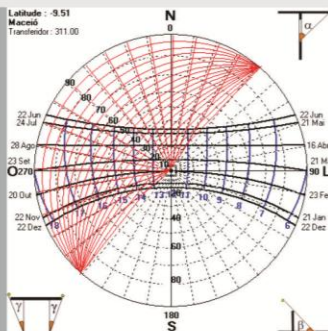
Implantação da Escola Padre Pinho.
 Fonte: Google maps.



Implantação no terreno

A escola ocupa 1.299.00 m² de construção em um terreno de 2.418.70 m², possuindo 2.60m de recuo frontal e de fundo 1.85m e lateral de 4.69m, sendo os lados da construção encostado ao muro.

Orientação solar



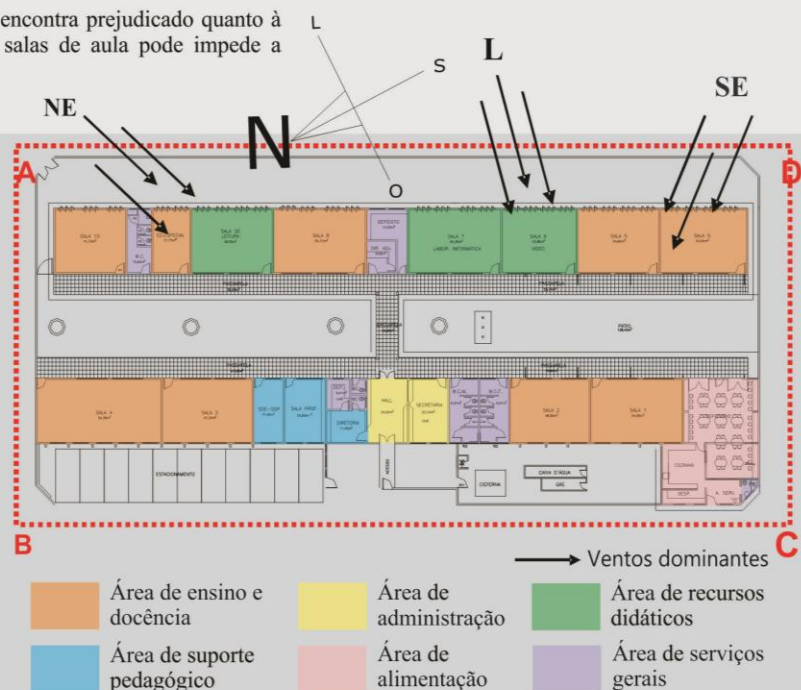
Fachadas	Solstício de Verão (S.V.)	Equinócio (E.Q.)	Solstício de Inverno (S.I.)
AB	Recebe sol de 13h da tarde até o pôr do sol	De 11h30 até o pôr do sol	De 10h20 até o pôr do sol
DC	Do nascer até 13h	Do nascer até 11h30	Do nascer até 10h20
BC	De 11h até o pôr do sol	De 13h até o pôr do sol	De 15h até o pôr do sol
AD	Do nascer até as 11h	Do nascer do sol até às 13h	Do nascer do sol até 15h

Estudo de insolação das fachadas da Escola Padre Pinho.
 Fonte: Software SOL-AR.

Ventos dominantes

Os ventos dominantes, Sudeste, Leste e Nordeste favorecem principalmente as salas de aula. As salas de aula ocupam a maior fachada do projeto, o que favorece a chegada destes ventos principais para nossa região, nestes ambientes de maior permanência.

Porém o bloco oposto a esse se encontra prejudicado quanto à ventilação natural, pois o bloco de salas de aula pode impedir a chegada destes ventos neste bloco.



Solução em planta

O projeto desta escola é formado por corredores abertos de salas em lados opostos e um pátio central coberto. Pode-se verificar o seguinte zoneamento das áreas de uso: ensino e docência (8 salas de aula, sala de leitura, pátio coberto, sala de educação infantil), suporte pedagógico (sala do diretor, sala da orientação educacional, sala dos professores), recursos didáticos (sala de vídeo e sala de informática); administração (recepção, secretaria e depósito); alimentação (cozinha, despensa, refeitório); serviços gerais (sanitários alunos, sanitários alunas, área de serviço, depósito e despensa).

Orientação e distribuição das aberturas:

As salas de aula desta escola são compostas principalmente por aberturas em janelas pivotantes, com dimensão de 1,50m x 1,00m e peitoril de 1,00m. Elas estão presentes em todos os ambientes de maior permanência existem de 2 a 4 janelas por ambiente.

A NBR15575 (2010) determina que as áreas de aberturas devem ser maiores que 15% da área total do piso.

Dessa forma se pode verificar que nenhum dos ambientes desta escola possui área de abertura recomendada pela NBR15575 (2010).

Fonte: Autora, 2012.

FICHA BIOCLIMÁTICA DA ESCOLA PAULO FREIRE

Entorno

No entorno desta escola pode ser encontrado conjunto residencial PAR e um galpão que obstrui a visão da escola na Rua "H". Na fachada lateral desta escola existe um terreno baldio com grande presença de vegetação.

Local: Sítio São Jorge.
Terreno: 892,74 m²
Construção: 587,69 m²

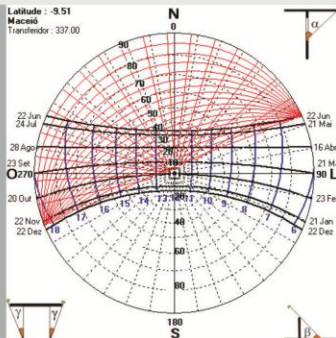
Implantação da Escola Paulo Freire.
 Fonte: Google maps.



Implantação no terreno

A escola ocupa 587,59m² de construção em um terreno de 892,74m², possuindo 3m de recuo frontal 1.50m de recuo lateral e 1,8m de fundo.

Orientação solar

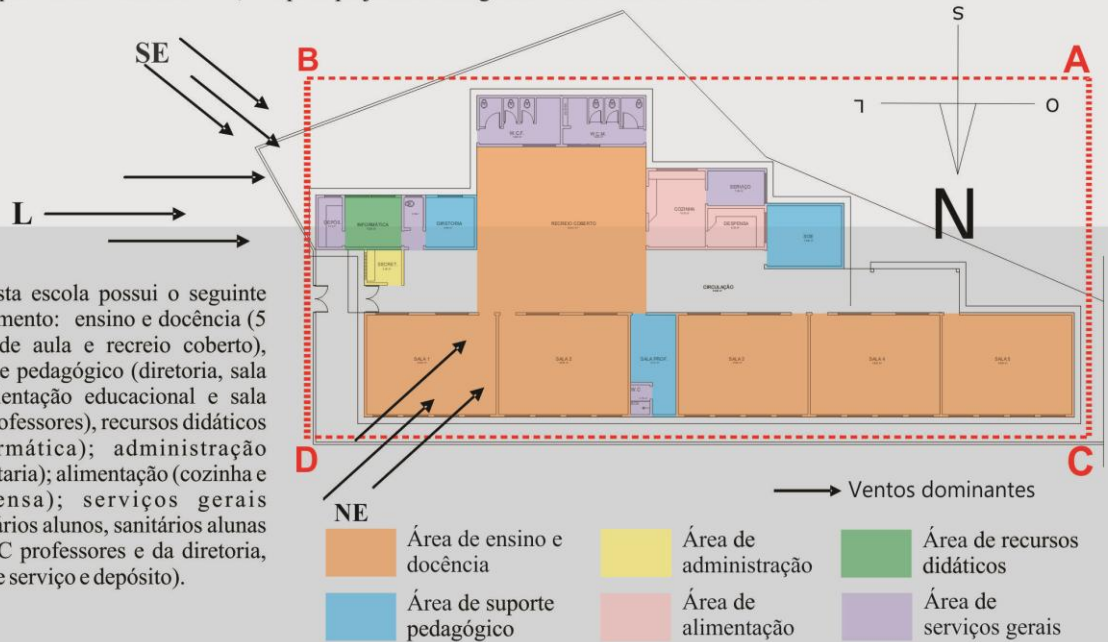


Fachadas	Solstício de Verão (S.V.)	Equinócio (EQ.)	Solstício de Inverno (SI.)
CD	15 horas até o pôr do sol	10h50 ao pôr do sol	6h30 até o pôr do sol
AB	Do nascer até as 15 horas	Do nascer até as 10h50	Nascer do sol até as 6h30
BD	Nascer até as 11h30	Nascer até as 12h10	Do nascer do sol até 13h
CA	11h30 até o pôr do sol	12h10 até o pôr do sol	De 13h até o pôr-do-sol

Estudo de insolação das fachadas da Escola Paulo Freire.
 Fonte: Software SOL-AR.

Ventos dominantes

Os ventos Nordeste favorecem principalmente as salas de aula. Já o vento Leste passa pela parte central da escola, favorecendo a secretaria e a área de circulação. O vento Sudeste favorece apenas a parte administrativa. Vale salientar que devido a presente de um galpão ao lado da fachada CD, este pode prejudicar a chegada do vento Nordeste nas salas de aula.



Solução em planta

Esta escola possui o seguinte zoneamento: ensino e docência (5 salas de aula e recreio coberto), suporte pedagógico (diretoria, sala de orientação educacional e sala dos professores), recursos didáticos (informática); administração (secretaria); alimentação (cozinha e despensa); serviços gerais (sanitários alunos, sanitários alunas e BWC professores e da diretoria, área de serviço e depósito).

Orientação e distribuição das aberturas:

A NBR15575 (2010) que determina que as áreas de aberturas devem ser maiores que 15 % da área total do piso, verificou-se que:

As salas de aula e a secretaria possuem áreas de abertura recomendada pela NBR15575 (2010). Os outros ambientes possuem valores baixos do que a norma específica ou não possuem aberturas.

3.2 Projeto base

O projeto base foi escolhido a partir da análise qualitativa realizada anteriormente e constitui uma configuração de projeto arquitetônico escolar representativo da cidade de Maceió. O projeto foi escolhido entre as oito escolas anteriormente selecionadas, conforme critérios os seguintes critérios:

Quadro 9- Critérios para escolha do projeto base.

Critérios para escolha do projeto base:
Configuração de salas de aula mais recorrente;
Programa de necessidades mais completo;
Adequada orientação em relação à exposição da radiação solar direta nas salas de aula;
Favorecida pelo vento dominante da região, o Sudeste;
Áreas de uso bem definidas.

Fonte: Autora, 2012.

Trata-se da escola Frei Damião, cujos dados podem ser encontrados na ficha da análise qualitativa anteriormente citada.

A seguir são apontadas caracterizações da unidade escolar, quanto aos parâmetros de: relação com o entorno imediato, zoneamento e implantação, partido volumétrico e espacial, aberturas e revestimentos, sistema estrutural e construtivo, configuração dos blocos de sala de aula.

a) Relação com o entorno imediato

Como acontece como a maior parte das escolas da rede municipal de educação de Maceió, este projeto está localizado próximo a uma avenida e seu entorno é formado principalmente pelo uso residencial, com tipologia térrea. Também pode ser notada a pouca presença de vegetação de grande porte nas áreas próximas e que o projeto é circundado por ruas, ocupando uma quadra. (Figura 36)

Figura 37- Implantação da Escola Frei Damião.



Fonte: GOOGLEMAPS

b) Zoneamento e implantação

O projeto base possui áreas de uso bem definidas, como mostra a figura 38. No programa de necessidades do projeto arquitetônico há oito salas de aula, o recreio descoberto e duas salas de educação infantil formando a área de ensino e docência; área de suporte pedagógico com a sala do diretor, sala da orientação educacional, coordenação, sala dos professores; área de recursos didáticos com sala de vídeo, sala de múltiplas atividades, laboratório de informática e sala de leitura; área de administração com arquivo, recepção, espera, secretaria; área de alimentação com cozinha, despensa, refeitório e; área de serviços gerais com sanitários alunos, sanitários alunas, área de serviço, depósito e despensa. Este programa de necessidades mostra-se completo quanto aos ambientes necessários ao funcionamento das atividades escolares. Em relação à implantação do projeto, este ocupa uma boa parte do terreno, porém de forma bem distribuída, com espaçamento entre os blocos.

O projeto base é composto por linhas retas e os blocos de salas de aula estão voltados para corredores e para um pátio interno descoberto.

Figura 38- Zoneamento do projeto base.



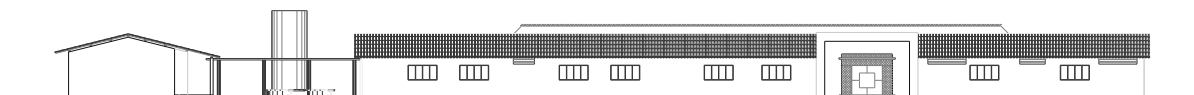
Fonte: Autora, 2012.

c) Partido volumétrico e espacial

O projeto é formado por vários blocos retangulares e afastados uns dos outros, o que o torna mais fluído, com vários espaços de circulação entre os blocos.

A forma basicamente segue a função do projeto, no qual nota-se uma preocupação em definir bem as áreas de uso e os fluxos entre os ambientes. (Figura 38).

Figura 39- Fachada principal do projeto base.



Fonte: Secretaria Municipal de Educação de Maceió – 2010

d) Aberturas e revestimentos

As janelas do projeto são em madeira pivotante vertical com 4 folhas, com dimensão de 2,00 x 1,00m na maior parte dos ambientes. São encontradas janelas fixas e aberturas com tubos galvanizados na maior parte das salas e janela boca de lobo nos

banheiros. Também são encontradas aberturas de 2,00m em cobogós na área administrativa do projeto. As portas são, em geral, de madeira com almofada. O piso da maior parte do projeto é em granilite, sendo diferenciado os das áreas molhadas, que são em cerâmica esmaltada de 30 x 30 cm. As paredes são em alvenaria rebocadas e pintadas de branco, porém as áreas molhadas são revestidas de cerâmica de arremate.

Quanto aos materiais empregados no projeto base, segue o quadro síntese (tabela 9) com as especificações e características térmicas:

Tabela 9- Especificações de materiais do projeto base.

<i>Especificações de Materiais</i>	<i>Projeto Base</i>	<i>Capacidade térmica (KJ/m².K)</i>	<i>Transmitância (W/m².K)</i>
Paredes	Em alvenaria (tijolo de 6 furos).	159	2,48
Coberturas	Telha canal e madeiramento	18	4,55
	Obs.: Recreio coberto, em estrutura metálica e telha de amianto.	11	4,60

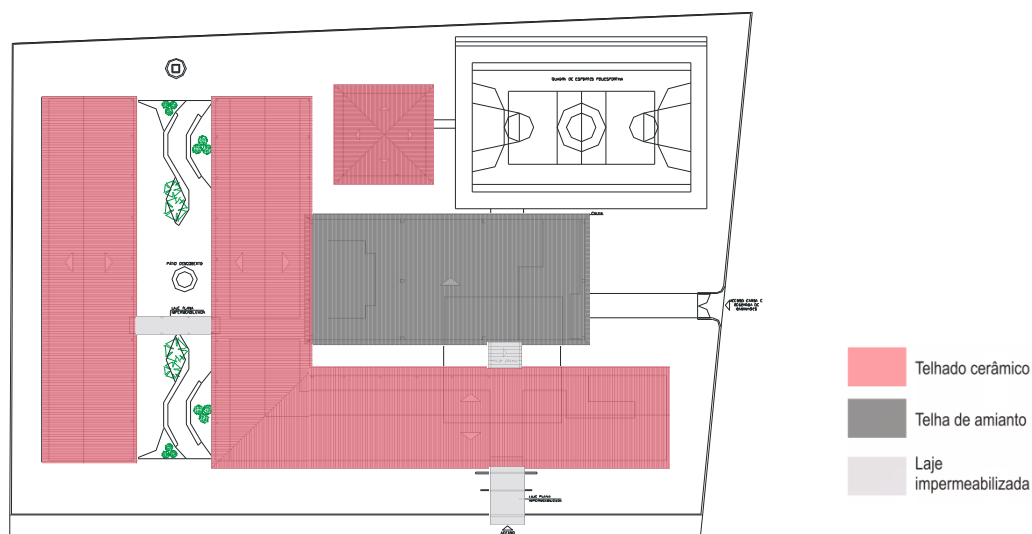
Fonte: NBR15220, 2003.

e) Sistema estrutural e construtivo

O sistema estrutural deste projeto é basicamente em alvenaria estrutural, composta por vigas e pilares. O tipo de cobertura utilizada no projeto consiste em telhado cerâmico de duas águas, apoiado diretamente em treliças de madeira e sem forro.

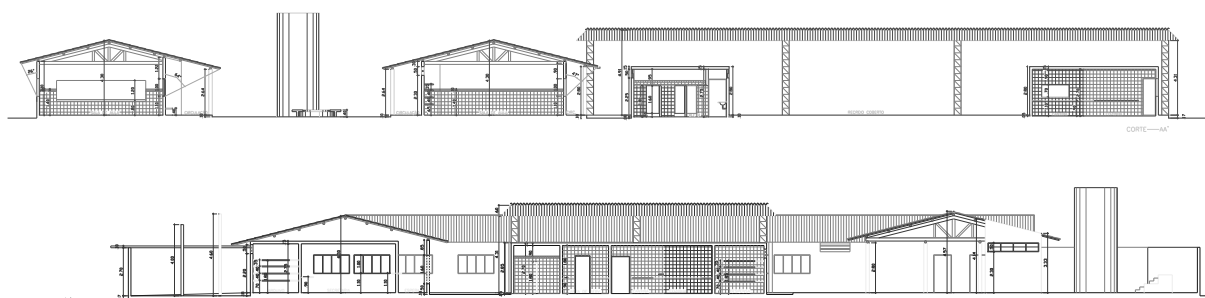
Apenas na área de circulação entre os blocos de sala de aula, no acesso principal e entre a área administrativa e o recreio coberto é utilizada laje plana impermeabilizada. Já o recreio coberto possui estrutura metálica e telha de amianto. (Figuras 39 a 41).

Figura 40- Planta de locação e coberta do projeto base.



Fonte: Secretaria Municipal de Educação de Maceió – 2010.

Figura 41 e Figura 42- Cortes AA' e BB' do projeto base.

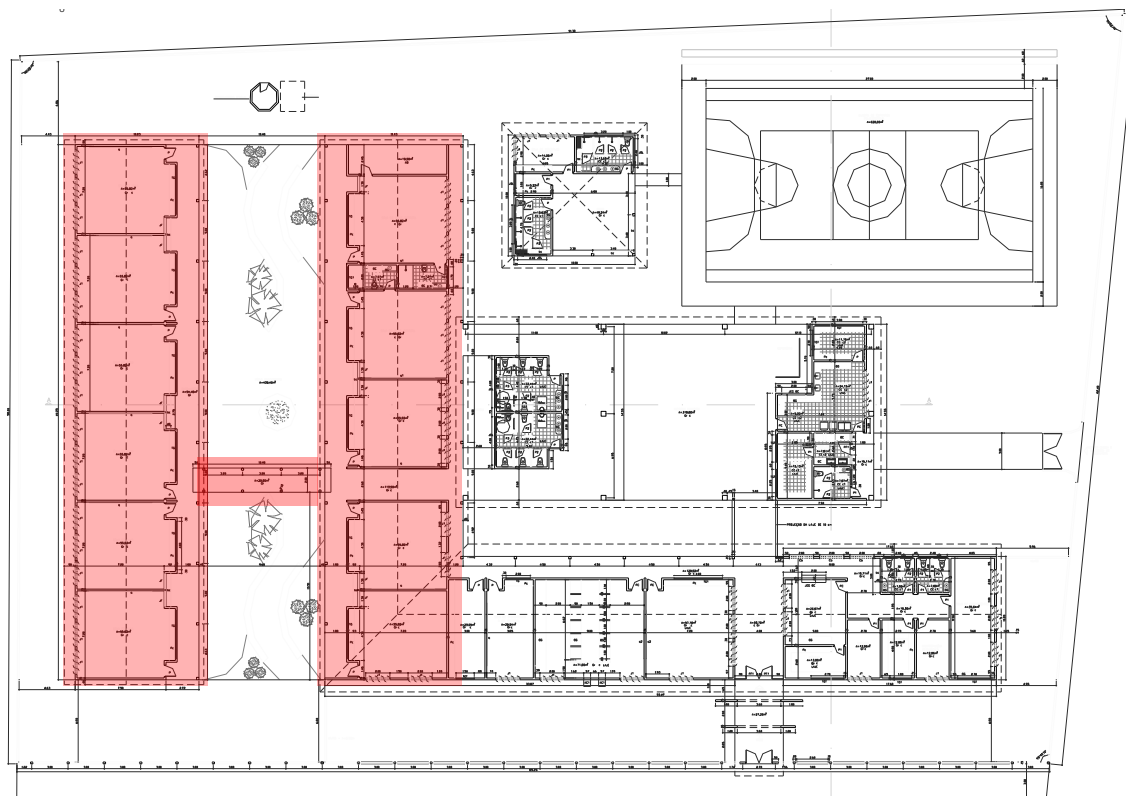


Fonte: Secretaria Municipal de Educação de Maceió – 2010.

f) Configuração dos blocos de sala de aula

Quanto à configuração dos blocos de sala de aula, verifica-se que é composta por um conjunto duplo de salas voltado para um corredor de circulação e com área descoberta central, como mostra a planta baixa do projeto na figura 42.

Figura 43- Planta baixa do projeto base, destacando a configuração dos blocos de salas de aula.



Fonte: Secretaria Municipal de Educação de Maceió – 2010.

3.3 Resultados das simulações quanto os parâmetros variáveis

Nesta seção são apresentados os resultados das simulações do comportamento térmico das alternativas para o projeto base, na forma de seis diferentes arranjos arquitetônicos pontuados em etapas anteriores da pesquisa, expostos às orientações Norte, Sul, Leste e Oeste. O intervalo de conforto utilizado foi estabelecido através da metodologia de Peeters et. al (2009) para “demais ambientes”, obtendo como temperatura de neutralidade, 25,5°C e os seguintes limites de conforto: 29,1°C (limite superior) e 24,1°C (limite inferior).

Os arranjos arquitetônicos são: 1) conjunto de salas voltado para um corredor de circulação; 2) conjunto de salas de aulas em formato de “L” voltado para um corredor de circulação; 3) conjunto de salas de aulas em formato de “U” voltado para um corredor de circulação; 4) conjunto duplo de salas de aula voltado para um corredor de circulação e com área coberta central; 5) conjunto de salas de aulas opostas voltado para um corredor de circulação central e 6) conjunto duplo de salas de aula voltado para um corredor de circulação e com área descoberta central.

3.3.1 Conjunto de salas voltado para um corredor de circulação

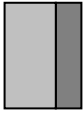
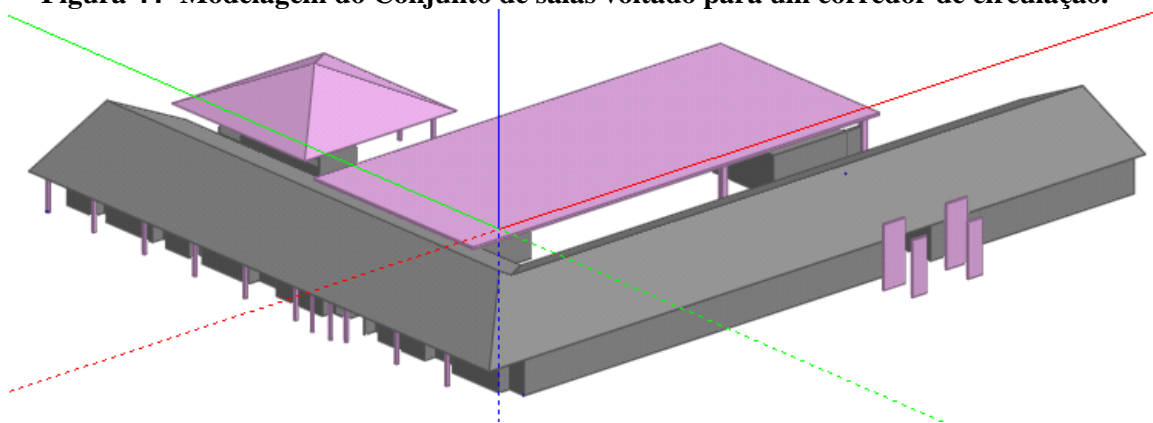
Descrição dos modelos		Tipologia arquitetônica
1.Cobertura de telha de barro com forro de madeira/	Parede de tijolos 6 furos quadrados	
2.Cobertura de telha de fibrocimento com forro de madeira		
3.Cobertura de telha de barro com forro de concreto		
4.Cobertura de telha de fibrocimento com forro de concreto		
5.Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de madeira		
6.Cobertura de telha de fibrocimento, lâmina de alumínio polido e forro de madeira		
7.Cobertura de telha de barro com 2,5cm de lã de vidro sobre o forro de madeira		
8.Cobertura de telha de barro com 5,0cm de lã de vidro sobre o forro de madeira		
9.Cobertura de telha de barro com forro de concreto	Parede de tijolos maciços.	

Figura 44- Modelagem do Conjunto de salas voltado para um corredor de circulação.



Fonte: Programa computacional *Design Builder* (DESIGNBUILDER SOFTWARE LTD, 2010).

O gráfico 4 a seguir apresenta uma comparação das temperaturas internas do ar e os limites de conforto térmico (entre 24,1°C e 29,1°C) na tipologia arquitetônica de conjunto de salas de aula voltado para um corredor de circulação, expostas às orientações Norte e Sul.

Observou-se que nos modelos 1 e 2, exposto à orientação Norte, esta tipologia arquitetônica apresentou valores de temperaturas internas do ar, dentro do limite de conforto, em apenas 47 dias/ano, desconforto térmico para frio em 2 dias/ano (01/08 e 08/08) e nos 316 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão. Na orientação Sul, os dias em conforto térmico reduzem para 46 dias/ano, desconforto térmico para frio em 2 dias/ano (01/08 e 08/08) e nos 317 dias restantes, desconforto térmico para calor.

Nos modelos 3 e 4, expostos à orientação Norte, as temperaturas internas do ar se apresentaram dentro do limite de conforto térmico, em apenas 47 dias/ ano, desconforto térmico para frio em 2 dias/ano (01/08 e 08/08) e nos 316 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão. Na orientação Sul, os dias em

conforto térmico reduzem para 45 dias/ano, desconforto térmico para frio em 2 dias/ano (01/08 e 08/08) e nos 318 dias restantes, desconforto térmico para calor.

No modelo 5, exposto à orientação Norte, apresentou valores de temperaturas internas do ar dentro do limite de conforto térmico, em apenas 48 dias/ano, desconforto térmico para frio em 2 dia/ano (01/08 e 08/08) e nos 315 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão. Na orientação Sul, os dias em conforto térmico reduzem para 46 dias/ano, desconforto térmico para frio em 2 dia/ano (01/08 e 08/08) e nos 317 dias restantes, desconforto térmico para calor.

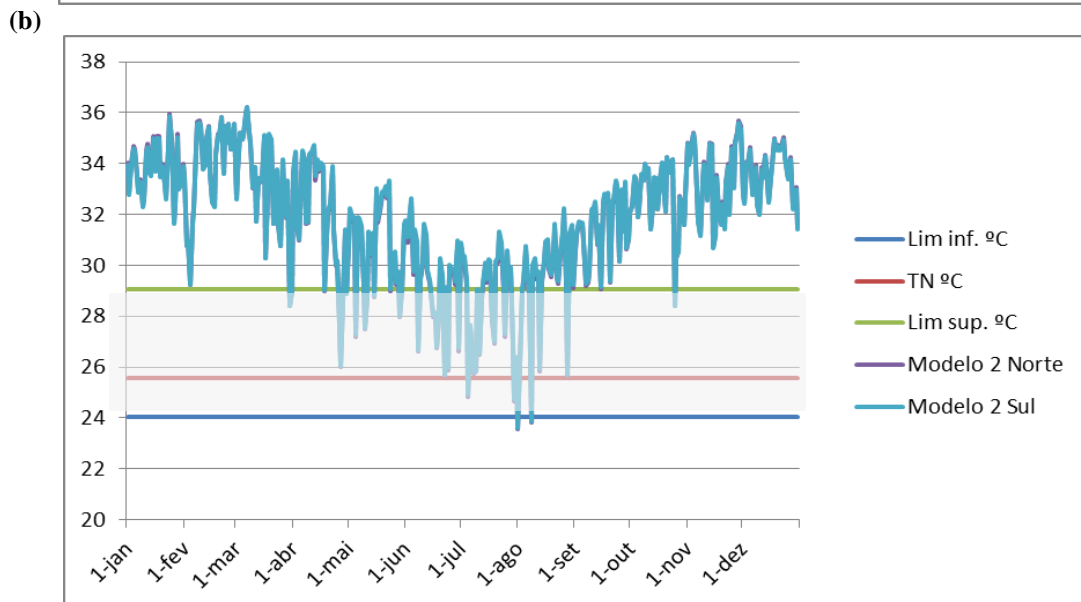
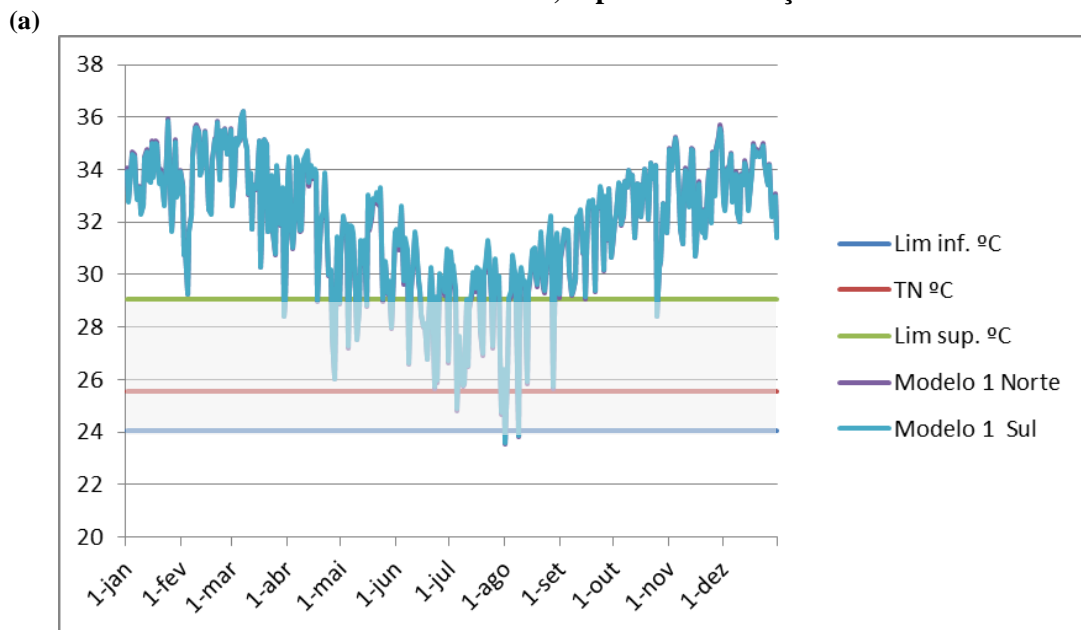
No modelo 6, exposto à orientação Norte, apresentou resultados semelhantes ao modelo 5, com as temperaturas internas do ar dentro do limite de conforto térmico, em apenas 48 dias/ano, desconforto térmico para frio em 2 dias/ano (01/08 e 08/08) e nos 315 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão. Na orientação Sul, os dias em conforto térmico reduzem para 46 dias/ano.

No modelo 7 e 8, expostos à orientação Norte, apresentaram resultados semelhantes aos modelos 5 e 6, com as temperaturas internas do ar dentro do limite de conforto térmico, em apenas 48 dias/ano, desconforto térmico para frio em 2 dias/ano (01/08 e 08/08) e nos 315 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão. Na orientação Sul, os dias em conforto térmico reduzem para 46 dias/ano.

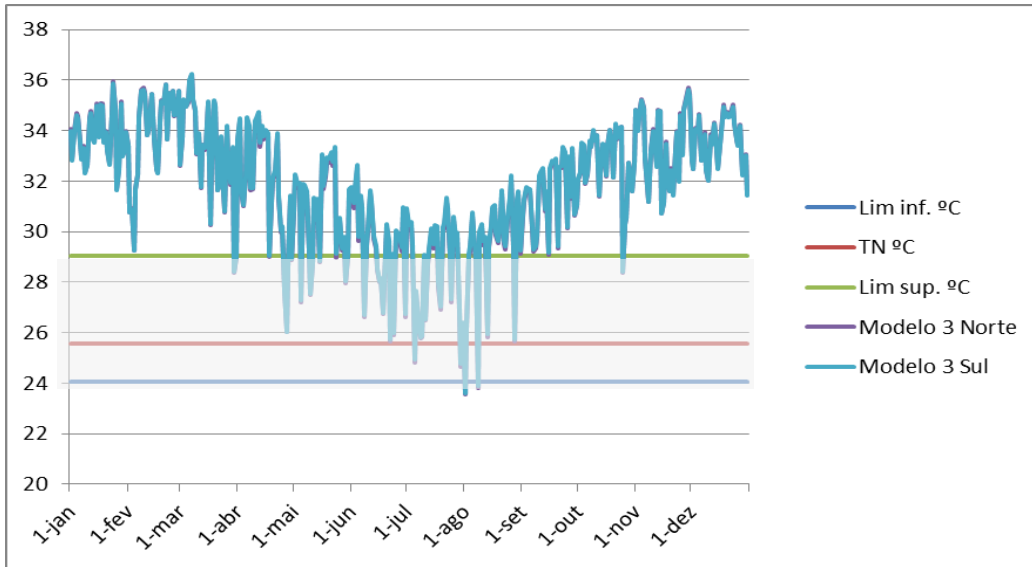
O modelo 9, exposto às orientações Norte e Sul, apresentou mais dias em conforto térmico no ano, do que os outros modelos anteriormente citados, com 55 dias dentro da faixa de conforto. Verificou-se 2 dias (01/08 e 08/08) de desconforto térmico para frio e os 308 dias restantes em desconforto térmico para calor.

Observou-se que, ao longo do ano, as temperaturas internas do ar se encontram acima do limite superior de conforto térmico ($29,1^{\circ}\text{C}$) recomendado, principalmente nos meses de janeiro a abril e setembro a dezembro, chegando a atingir até 7°C a mais que este limite. De acordo com o gráfico 4, a maior parte dos dias que estão dentro da faixa de conforto térmico estão nos meses de maio a agosto.

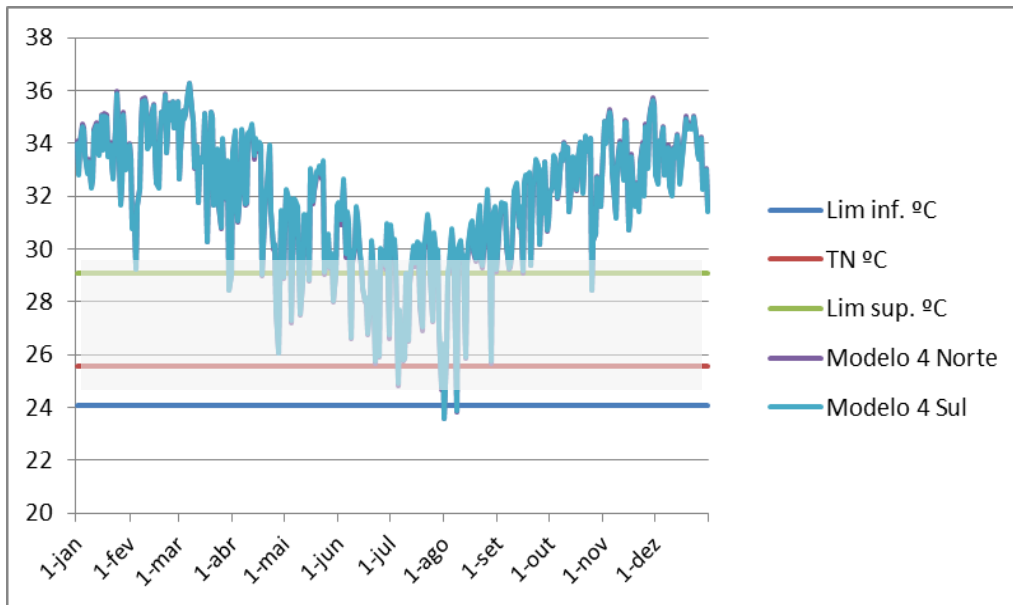
Gráfico 4- Comparação das temperaturas internas do ar, neutra e limite inferior e superior de conforto térmico para o conjunto de salas de aula voltado para o corredor de circulação, exposto às orientações Norte e Sul, ao longo do ano. (a) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 1, exposto à orientação Norte e Sul (b) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 2, exposto à orientação Norte e Sul. (c) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 3, exposto à orientação Norte e Sul (d) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 4, exposto à orientação Norte e Sul (e) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 5, exposto à orientação Norte e Sul (f) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 6, exposto à orientação Norte e Sul (g) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 7, exposto à orientação Norte e Sul (h) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 8, exposto à orientação Norte e Sul (i) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 9, exposto à orientação Norte e Sul.



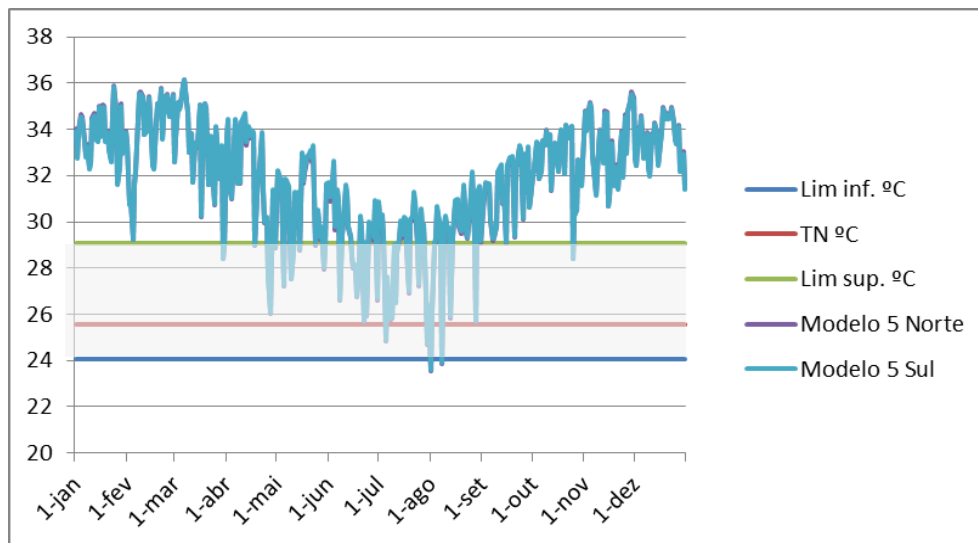
(c)



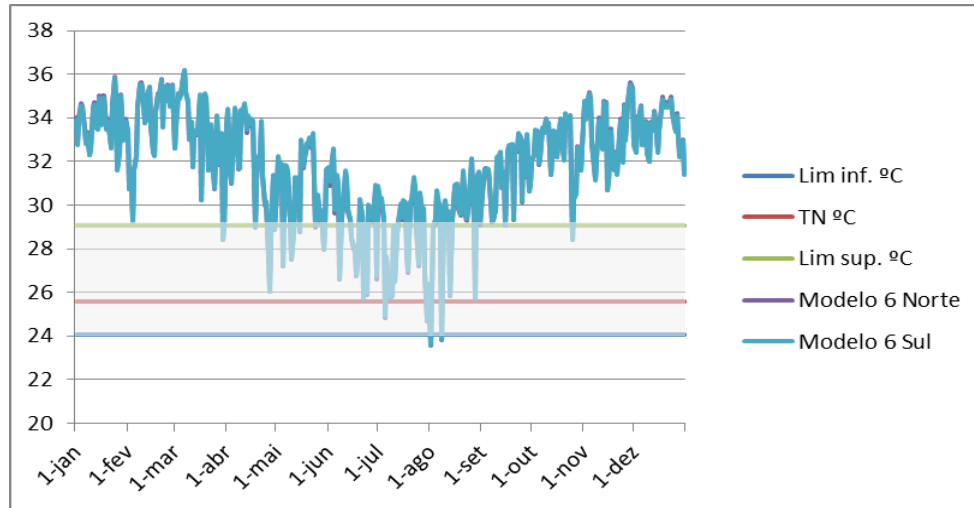
(d)



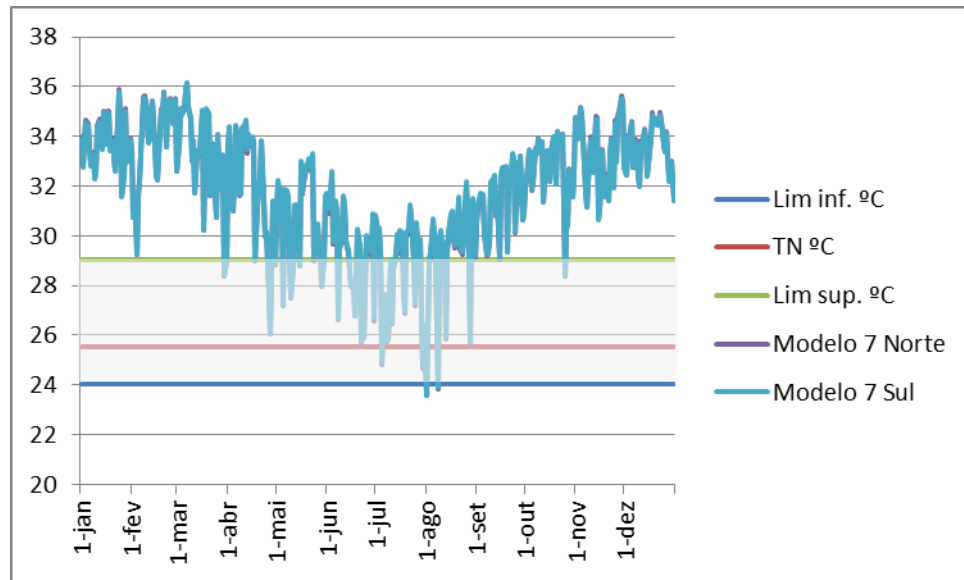
(e)



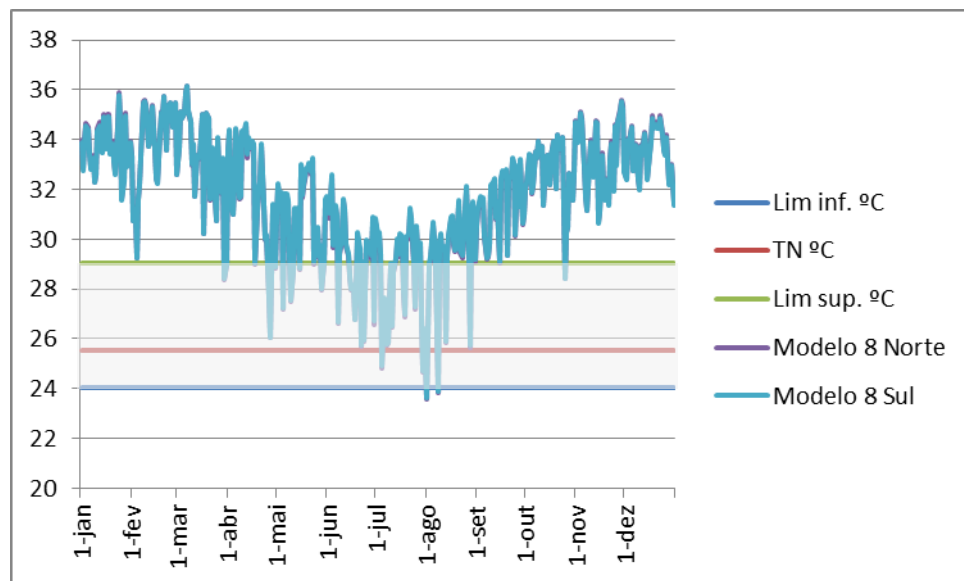
(f)



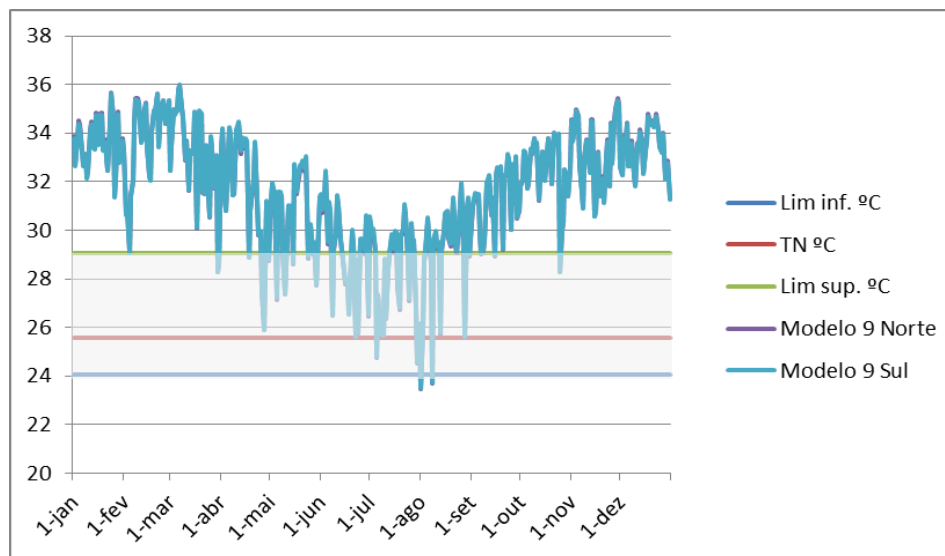
(g)



(h)



(i)



Fonte: Simulações realizadas no programa computacional *Design Builder*.
(DESIGN BUILDER SOFTWARE LTD, 2010).

3.3.2 Conjunto de salas em formato de “L” voltadas para um corredor de circulação central

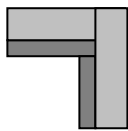
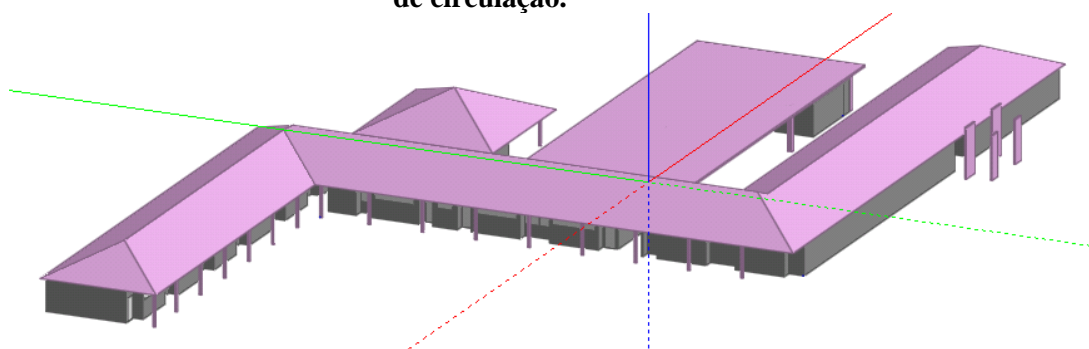
Descrição dos modelos		Tipologia arquitetônica
1.Cobertura de telha de barro com forro de madeira/	Parede de tijolos 6 furos quadrados	
2.Cobertura de telha de fibrocimento com forro de madeira		
3.Cobertura de telha de barro com forro de concreto		
4.Cobertura de telha de fibrocimento com forro de concreto		
5.Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de madeira		
6.Cobertura de telha de fibrocimento, lâmina de alumínio polido e forro de madeira		
7.Cobertura de telha de barro com 2,5cm de lã de vidro sobre o forro de madeira		
8.Cobertura de telha de barro com 5,0cm de lã de vidro sobre o forro de madeira		
9.Cobertura de telha de barro com forro de concreto	Parede de tijolos maciços.	

Figura 45- Modelagem do Conjunto de salas em formato de “L” voltado para um corredor de circulação.



Fonte: Programa computacional *Design Builder* (DESIGNBUILDER SOFTWARE LTD, 2010).

O gráfico 5 a seguir apresenta uma comparação das temperaturas internas do ar e os limites de conforto térmico (entre 24,1°C e 29,1°C) na tipologia arquitetônica de conjunto de salas de aulas em formato de “L” voltado para um corredor de circulação, expostas às orientações Norte e Sul.

Observou-se que no modelo 1, exposto à orientação Norte, esta tipologia arquitetônica apresentou valores de temperaturas internas do ar, dentro do limite de conforto, em apenas 49 dias/ano e nos 316 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão. Na orientação Sul, os dias em conforto térmico aumentaram para 53 dias/ano e nos 312 dias restantes, desconforto térmico para calor,

No modelo 2, exposto às orientações Norte e Sul, as temperaturas internas do ar se apresentaram dentro do limite de conforto térmico, em apenas 42 dias/ano, e nos 323 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão.

No modelo 3, exposto à orientação Norte, as temperaturas internas do ar se apresentaram dentro do limite de conforto térmico, em 94 dias/ano, e nos 271 dias

restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão. Na orientação Sul, os dias em conforto térmico foram 97 dias/ano e nos 268 dias restantes, desconforto térmico para calor.

No modelo 4, exposto à orientação Norte, as temperaturas internas do ar ficaram dentro do limite de conforto térmico, em apenas 55 dias/ano e nos 310 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão. Na orientação Sul, os dias em conforto térmico aumentaram para 57 dias/ano e nos 308 dias restantes, desconforto térmico para calor.

O modelo 5, exposto à orientação Norte, apresentou valores de temperaturas internas do ar dentro do limite de conforto térmico, em apenas 68 dias/ano, e nos 297 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão. Na orientação Sul, os dias em conforto térmico aumentaram para 71 dias/ano e nos 294 dias restantes, desconforto térmico para calor.

O modelo 6, exposto à orientação Norte apresentou valores de temperaturas internas do ar, dentro do limite de conforto térmico, em apenas 68 dias/ano, e nos 297 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão. Na orientação Sul, os dias em conforto térmico aumentaram para 72 dias/ano e nos 293 dias restantes, desconforto térmico para calor.

No modelo 7, exposto às orientações Norte e Sul, as temperaturas internas do ar ficaram dentro do limite de conforto térmico, em 73 dias do ano e nos 292 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão.

O modelo 8, exposto à orientação Norte apresentou valores de temperaturas internas do ar, dentro do limite de conforto térmico, em 78 dias/ano, e nos 287 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão. Na orientação Sul, os dias em conforto térmico aumentaram para 79 dias/ano e nos 286 dias restantes, desconforto térmico para calor.

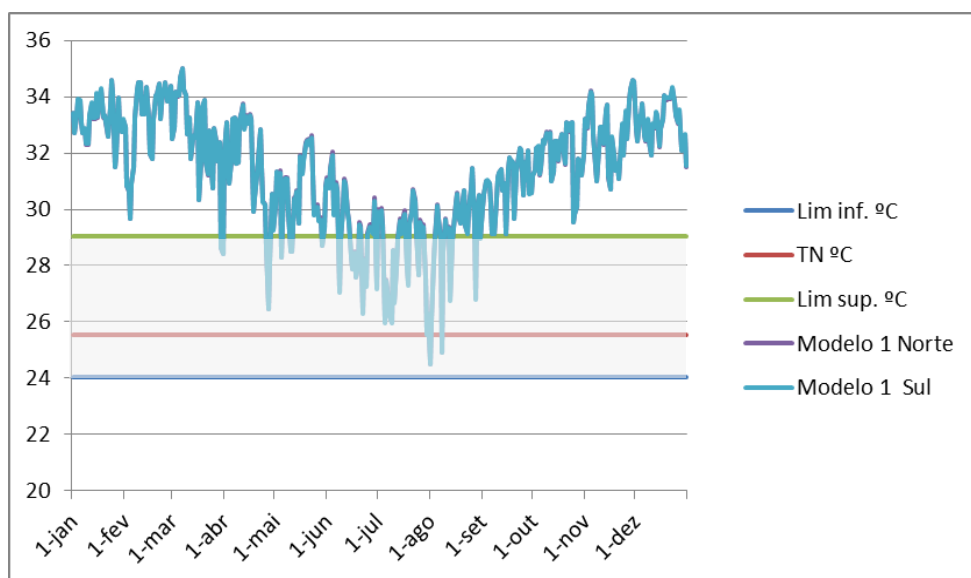
O modelo 9, exposto às orientações Norte apresentou 62 dias/ano dentro da faixa de conforto térmico e nos 303 dias restantes em desconforto térmico para calor. Na orientação Sul, os dias em conforto térmico aumentaram para 64 dias/ano e nos 301 dias restantes, desconforto térmico para calor.

Observou-se que, ao longo do ano as temperaturas internas do ar se encontram acima do limite superior ($29,1^{\circ}\text{C}$) de conforto térmico recomendado, principalmente nos meses de janeiro a abril e setembro a dezembro, chegando a atingir até 5°C a mais que este limite. De acordo com o gráfico 4, a maior parte dos dias que estão dentro da faixa

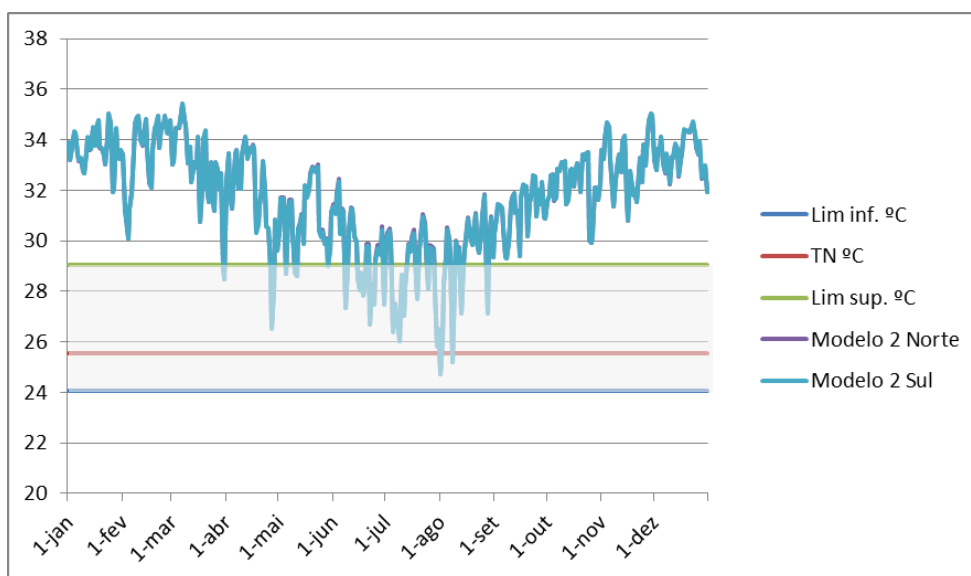
de conforto térmico estão nos meses de junho a agosto, principalmente no inverno. Não foram verificados dias desconfortáveis para frio nos 9 modelos simulados.

Gráfico 5- Comparação das temperaturas internas do ar, neutra e limite inferior e superior de conforto térmico para o Conjunto de salas em formato de “L” voltado para um corredor de circulação, exposto à orientação Norte e Sul, ao longo do ano. (a) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 1, exposto à orientação Norte e Sul (b) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 2, exposto à orientação Norte e Sul. (c) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 3, exposto à orientação Norte e Sul (d) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 4, exposto à orientação Norte e Sul (e) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 5, exposto à orientação Norte e Sul (f) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 6, exposto à orientação Norte e Sul (g) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 7, exposto à orientação Norte e Sul (h) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 8, exposto à orientação Norte e Sul (i) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 9, exposto à orientação Norte e Sul.

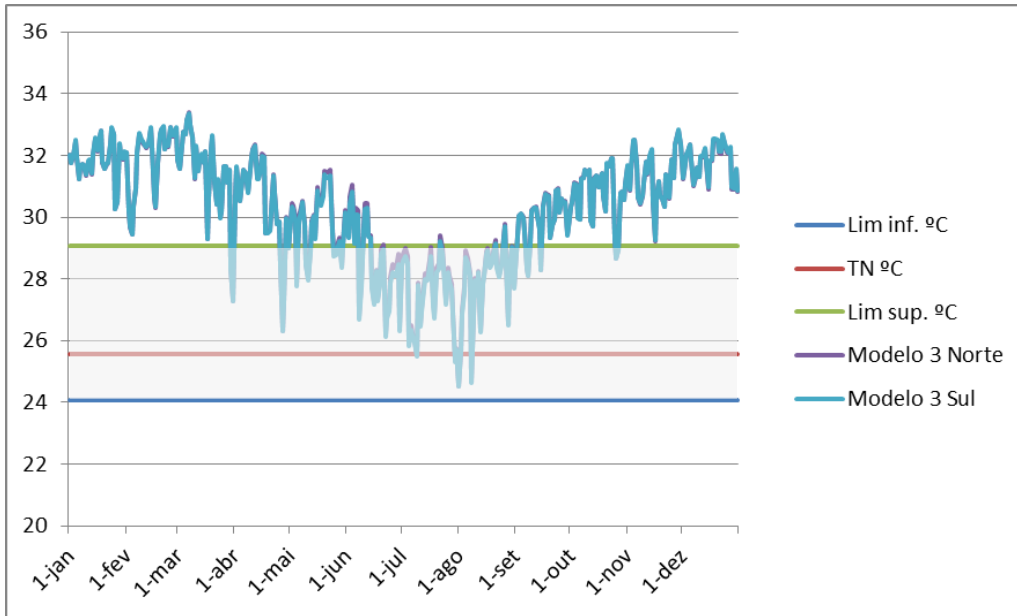
(a)



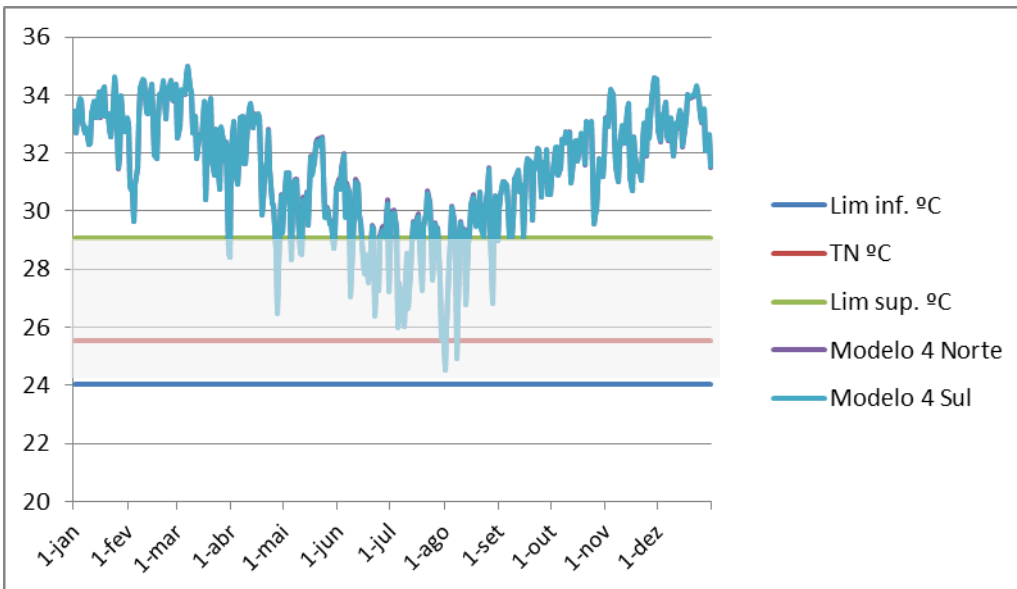
(b)



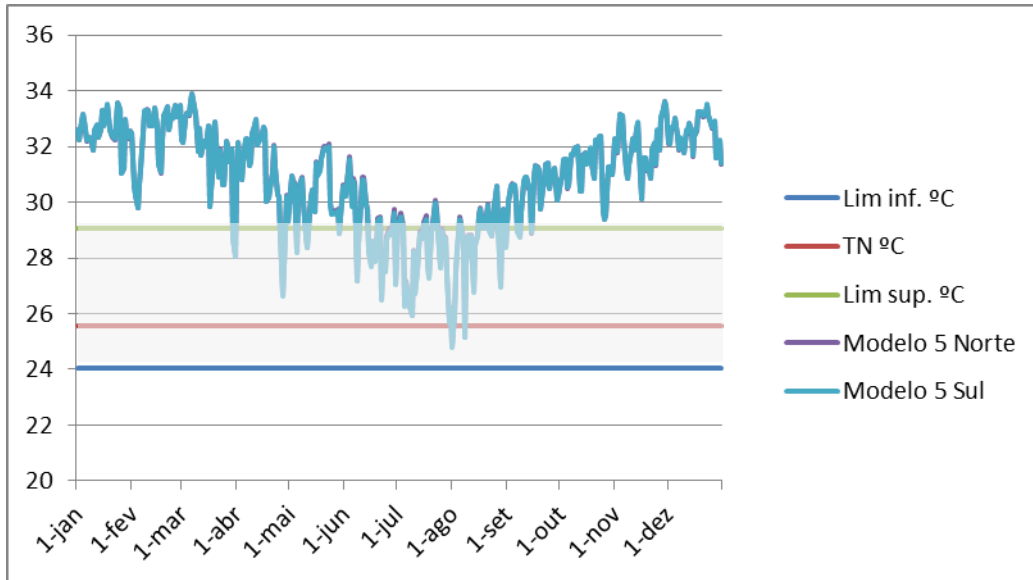
(c)



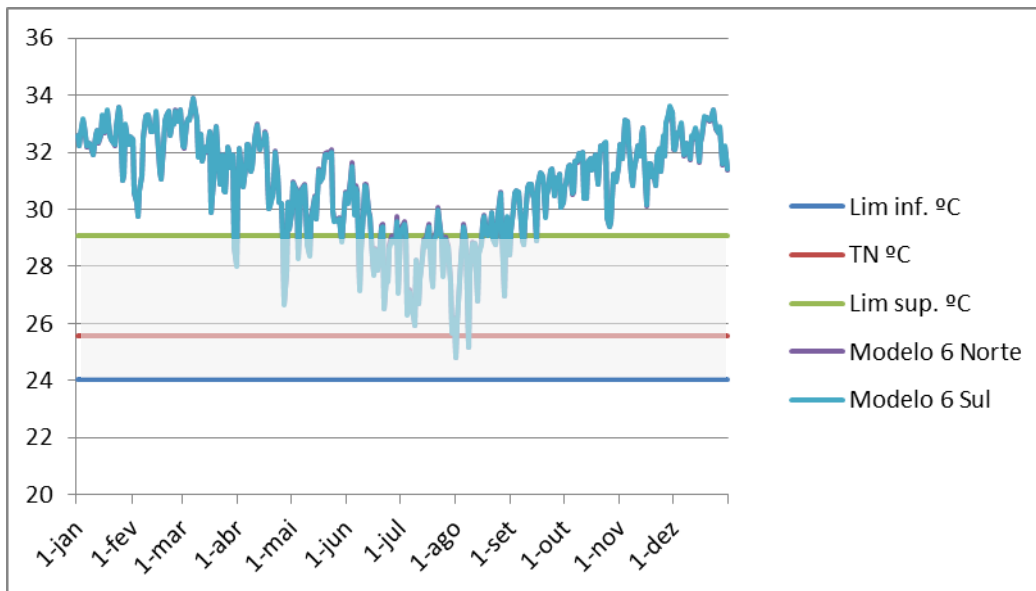
(d)



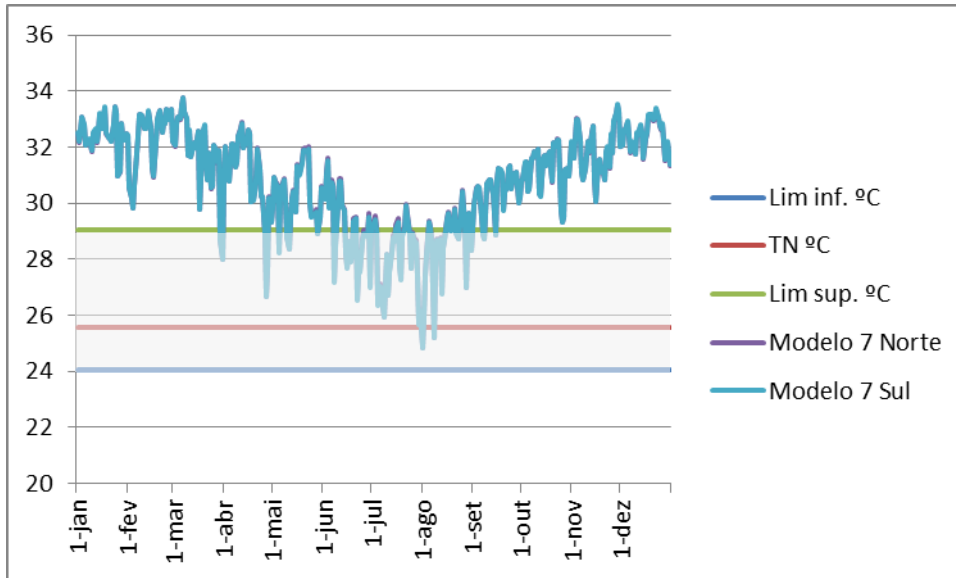
(e)



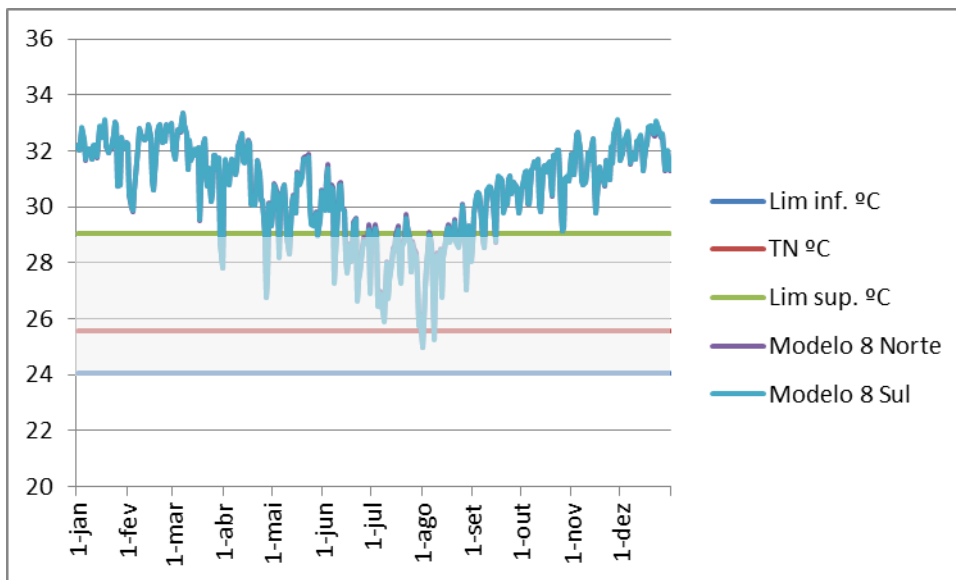
(f)



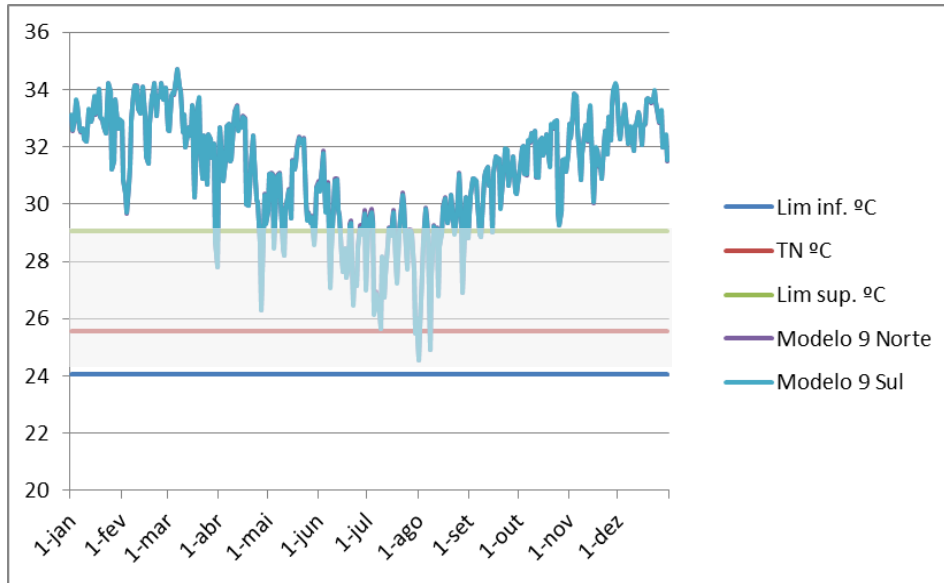
(g)



(h)



(i)



Fonte: Simulações realizadas no programa computacional *Design Builder* (DESIGN BUILDER SOFTWARE LTD, 2010).

3.3.3 Conjunto de salas em formato de “U” voltadas para um corredor de circulação central

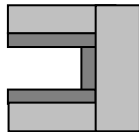
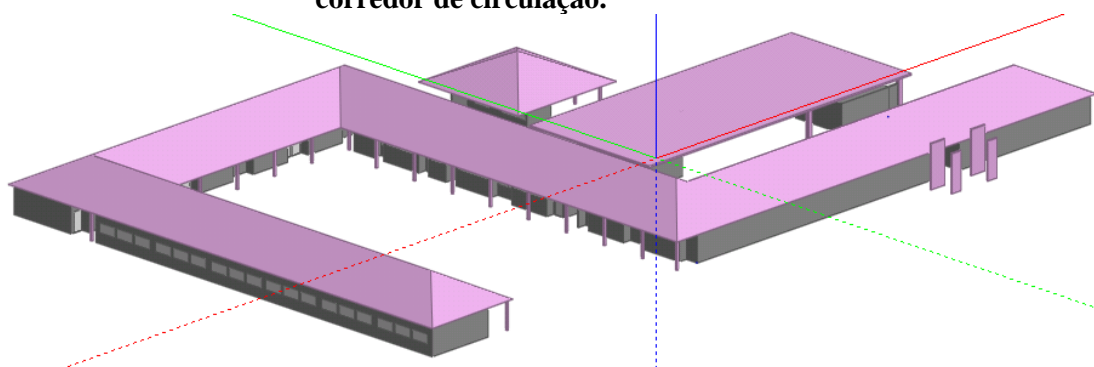
Descrição dos modelos		Tipologia arquitetônica
1.Cobertura de telha de barro com forro de madeira/	Parede de tijolos 6 furos quadrados	
2.Cobertura de telha de fibrocimento com forro de madeira		
3.Cobertura de telha de barro com forro de concreto		
4.Cobertura de telha de fibrocimento com forro de concreto		
5.Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de madeira		
6.Cobertura de telha de fibrocimento, lâmina de alumínio polido e forro de madeira		
7.Cobertura de telha de barro com 2,5cm de lã de vidro sobre o forro de madeira		
8.Cobertura de telha de barro com 5,0cm de lã de vidro sobre o forro de madeira		
9.Cobertura de telha de barro com forro de concreto	Parede de tijolos maciços.	

Figura 46- Modelagem do Conjunto de salas em formato de “U” voltado para um corredor de circulação.



Fonte: Programa computacional *Design Builder* (DESIGNBUILDER SOFTWARE LTD, 2010).

O gráfico 6 a seguir apresenta uma comparação das temperaturas internas do ar e os limites de conforto térmico (entre 24,1°C e 29,1°C) na tipologia arquitetônica de conjunto de salas de aula em formato de “U” voltado para um corredor de circulação, expostas às orientações Norte e Sul.

Observou-se que no modelo 1, exposto à orientação Norte, esta tipologia arquitetônica apresentou valores de temperaturas internas do ar, dentro do limite de conforto, em apenas 47 dias/ano e nos 318 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão. Na orientação Sul, os dias em conforto térmico diminuiriam para 42 dias/ano e nos 323 dias restantes, desconforto térmico para calor.

No modelo 2, exposto às orientações Norte e Sul, as temperaturas internas do ar se apresentaram dentro do limite de conforto térmico, em apenas 38 dias/ano, e nos 327 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão.

No modelo 3, exposto às orientações Norte e Sul, as temperaturas internas do ar se apresentaram dentro do limite de conforto térmico, em apenas 42 dias/ano, e nos 323 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão.

No modelo 4, exposto às orientações Norte e Sul, as temperaturas internas do ar se apresentaram dentro do limite de conforto térmico, em apenas 37 dias/ano, e nos 328 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão.

O modelo 5, exposto à orientação Norte, apresentou valores de temperaturas internas do ar dentro do limite de conforto térmico, em apenas 50 dias/ano, e nos 315 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão. Na orientação Sul, os dias em conforto térmico aumentaram para 51 dias/ano e nos 314 dias restantes, desconforto térmico para calor.

O modelo 6, exposto à orientação Norte apresentou valores de temperaturas internas do ar, dentro do limite de conforto térmico, em apenas 51 dias/ano, e nos 314 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão. Na orientação Sul, os dias em conforto térmico aumentaram para 52 dias/ano e nos 313 dias restantes, desconforto térmico para calor.

O modelo 7, exposto à orientação Norte apresentou valores de temperaturas internas do ar, dentro do limite de conforto térmico, em apenas 55 dias/ano, e nos 310 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão. Na orientação Sul, os dias em conforto térmico aumentaram para 57 dias/ano e nos 308 dias restantes, desconforto térmico para calor.

O modelo 8, exposto à orientação Norte apresentou valores de temperaturas internas do ar, dentro do limite de conforto térmico, em apenas 63 dias/ano, e nos 302 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão. Na orientação Sul, os dias em conforto térmico aumentaram para 64 dias/ano e nos 301 dias restantes, desconforto térmico para calor.

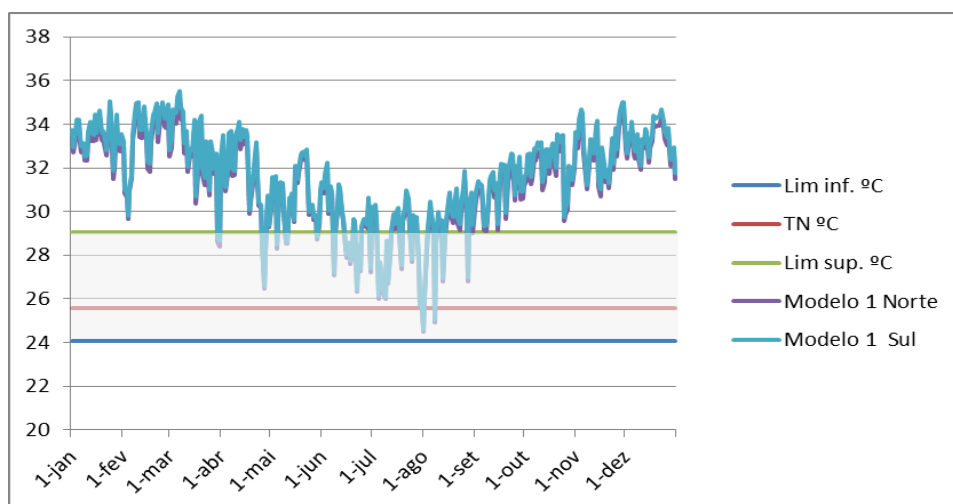
O modelo 9, exposto à orientação Norte apresentou valores de temperaturas internas do ar, dentro do limite de conforto térmico, em apenas 45 dias/ano, e nos 320 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão. Na orientação Sul, os dias em conforto térmico aumentaram para 47 dias/ano e nos 318 dias restantes, desconforto térmico para calor.

Observou-se que ao longo do ano as temperaturas internas do ar se encontram acima do limite superior ($29,1^{\circ}\text{C}$) de conforto térmico recomendado, principalmente nos meses de janeiro a abril e setembro a dezembro, chegando a atingir até 6°C a mais que

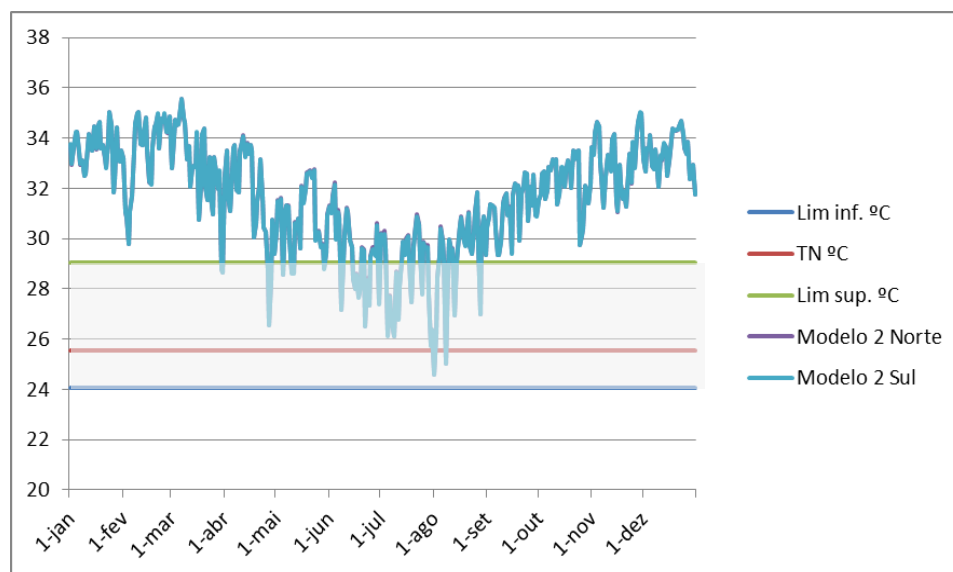
este limite. De acordo com o gráfico 4, a maior parte dos dias que estão dentro da faixa de conforto térmico estão nos meses de junho a agosto, principalmente no inverno. Não foram verificados dias desconfortáveis para frio nos 9 modelos simulados.

Gráfico 6- Comparação das temperaturas internas do ar, neutra e limite inferior e superior de conforto térmico para o Conjunto de salas em formato de “U” voltado para um corredor de circulação, exposto às orientações Norte e Sul, ao longo do ano. (a) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 1, exposto à orientação Norte e Sul (b) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 2, exposto à orientação Norte e Sul (c) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 3, exposto à orientação Norte e Sul (d) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 4, exposto à orientação Norte e Sul (e) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 5, exposto à orientação Norte e Sul (f) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 6, exposto à orientação Norte e Sul (g) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 7, exposto à orientação Norte e Sul (h) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 8, exposto à orientação Norte e Sul (i) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 9, exposto à orientação Norte e Sul.

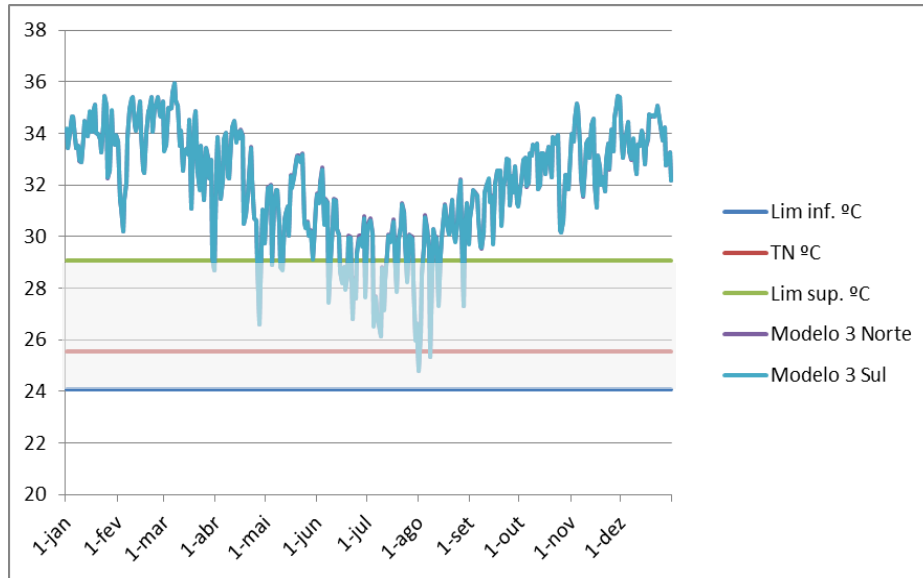
(a)



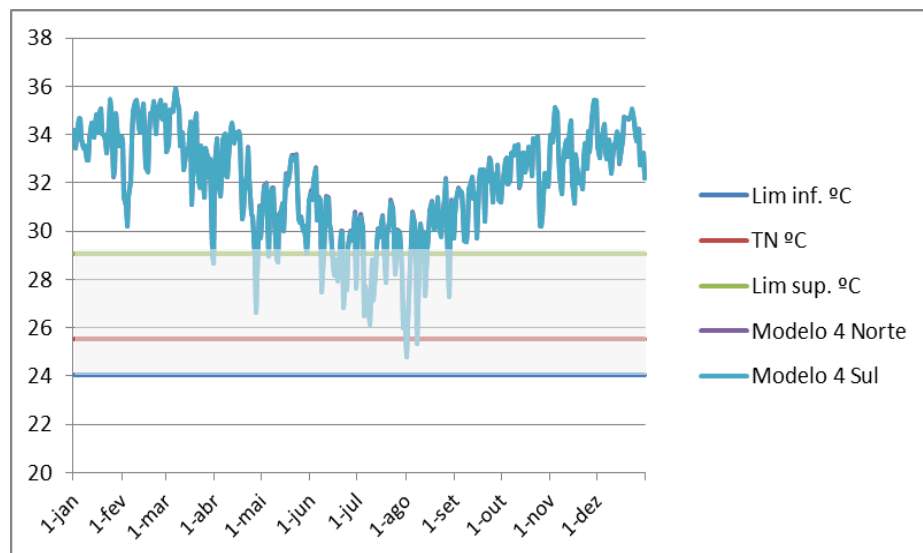
(b)



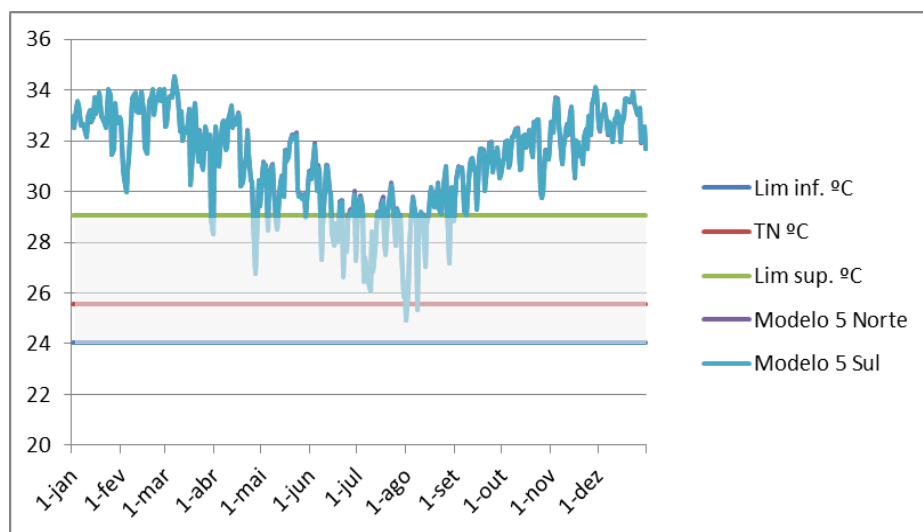
(c)



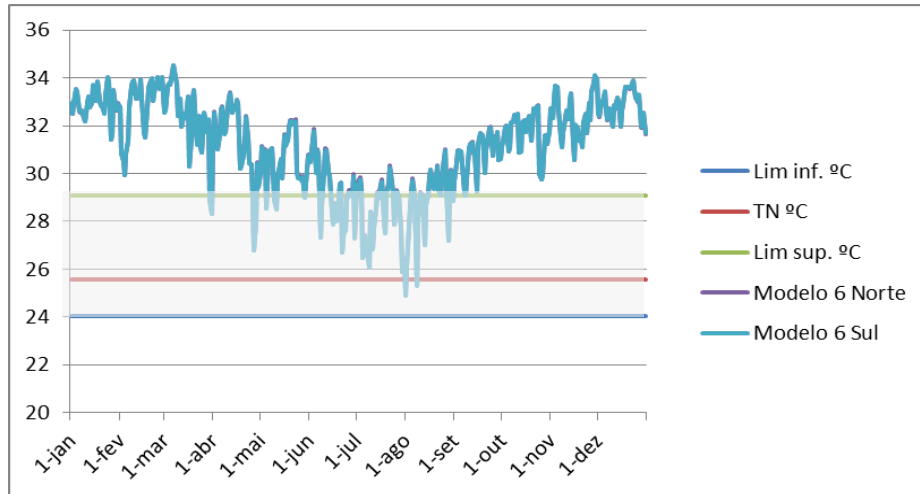
(d)



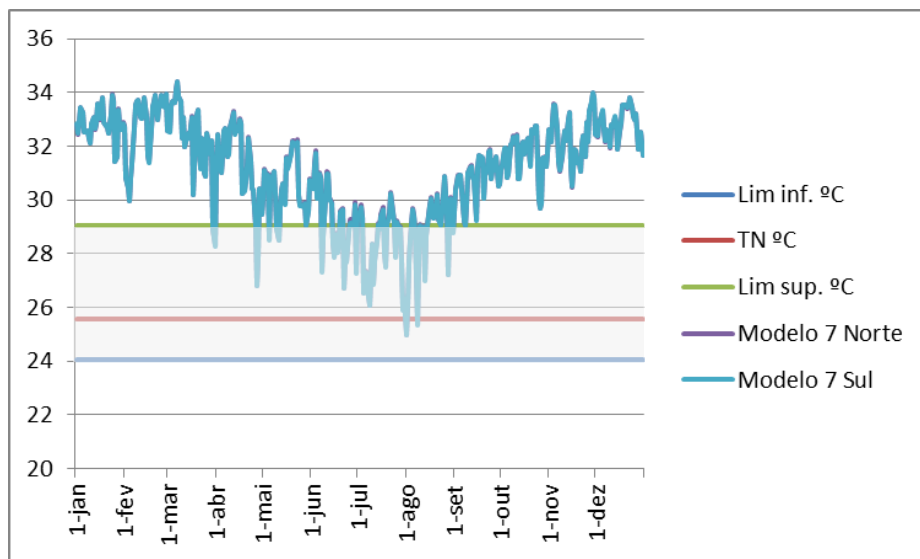
(e)



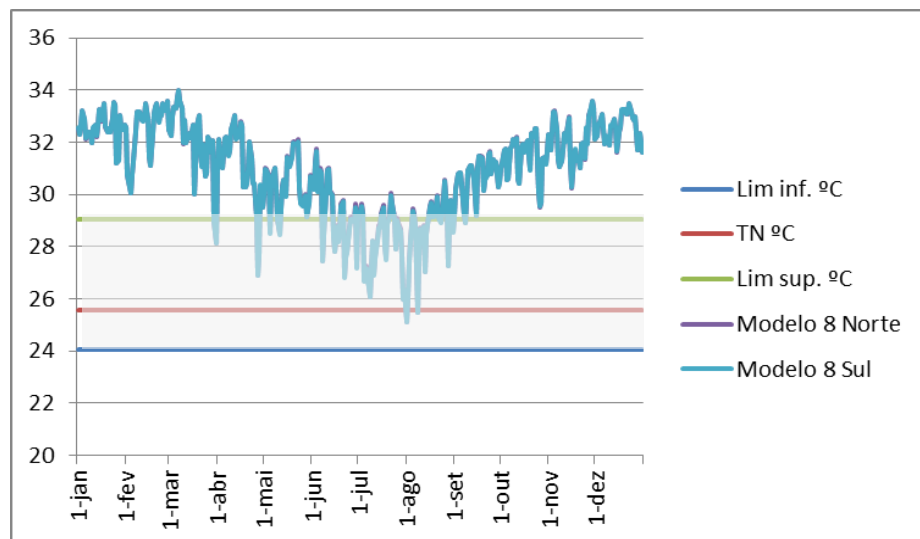
(f)



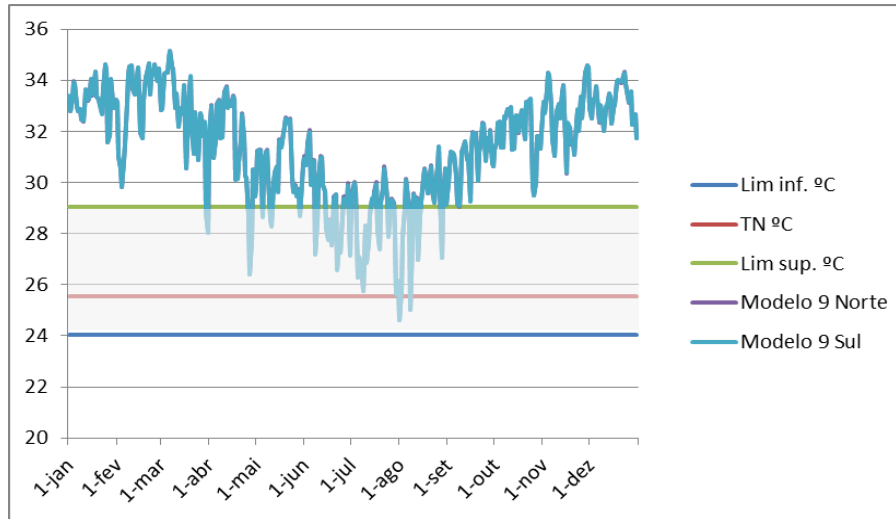
(g)



(h)



(i)



Fonte: Simulações realizadas no programa computacional *Design Builder* (DESIGN BUILDER SOFTWARE LTD, 2010).

3.3.4 Conjunto duplo de salas voltado para um corredor de circulação e com área coberta central


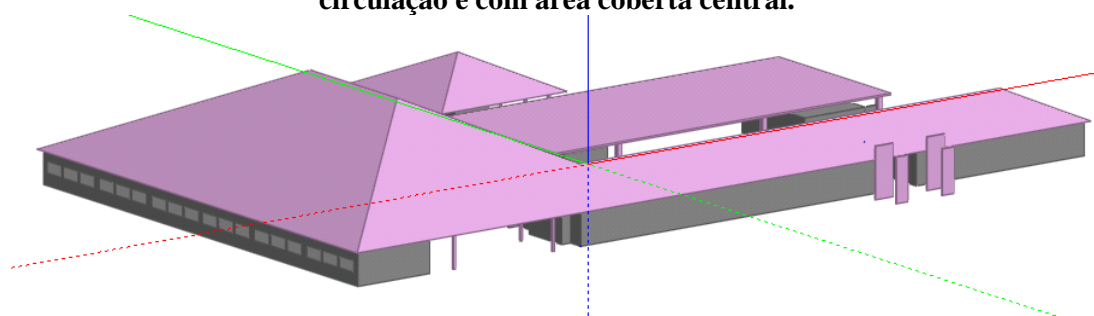
Descrição dos modelos		Tipologia arquitetônica
1.Cobertura de telha de barro com forro de madeira/	Parede de tijolos 6 furos quadrados	
2.Cobertura de telha de fibrocimento com forro de madeira		
3.Cobertura de telha de barro com forro de concreto		
4.Cobertura de telha de fibrocimento com forro de concreto		
5.Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de madeira		
6.Cobertura de telha de fibrocimento, lâmina de alumínio polido e forro de madeira		
7.Cobertura de telha de barro com 2,5cm de lã de vidro sobre o forro de madeira		
8.Cobertura de telha de barro com 5,0cm de lã de vidro sobre o forro de madeira		
9.Cobertura de telha de barro com forro de concreto	Parede de tijolos maciços.	

Figura 47- Modelagem do Conjunto duplo de salas voltado para um corredor de circulação e com área coberta central.



Fonte: Programa computacional *Design Builder* (DESIGNBUILDER SOFTWARE LTD, 2010).

O gráfico 7 a seguir apresenta uma comparação das temperaturas internas do ar e os limites de conforto térmico (entre 24,1°C e 29,1°C) na tipologia arquitetônica de conjunto duplo de salas de aula voltado para um corredor de circulação e com área coberta central, expostas às orientações Norte e Sul.

Observou-se que no modelo 1, exposto à orientação Norte, esta tipologia arquitetônica apresentou valores de temperaturas internas do ar, dentro do limite de conforto, em apenas 45 dias/ano e nos 320 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão. Na orientação Sul, os dias em conforto térmico aumentaram para 46 dias/ano e nos 319 dias restantes, desconforto térmico para calor.

O modelo 2, exposto à orientação Norte, apresentou valores de temperaturas internas do ar dentro do limite de conforto térmico, em apenas 46 dias/ano, e nos 319 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão. Na orientação Sul, os dias em conforto térmico aumentaram para 47 dias/ano e nos 318 dias restantes, desconforto térmico para calor.

O modelo 3, exposto à orientação Norte, apresentou valores de temperaturas internas do ar dentro do limite de conforto térmico, em apenas 45 dias/ano, e nos 320 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão. Na orientação Sul, os dias em conforto térmico aumentaram para 46 dias/ano e nos 319 dias restantes, desconforto térmico para calor.

O modelo 4, exposto às orientações Norte e Sul, apresentou valores de temperaturas internas do ar dentro do limite de conforto térmico, em apenas 40 dias/ano, e nos 325 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão.

O modelo 5, exposto às orientações Norte e Sul, apresentou valores de temperaturas internas do ar dentro do limite de conforto térmico, em apenas 65 dias/ano, e nos 300 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão.

O modelo 6, exposto às orientações Norte e Sul, apresentou valores de temperaturas internas do ar dentro do limite de conforto térmico, em apenas 62 dias/ano, e nos 303 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão.

O modelo 7, exposto às orientações Norte e Sul, apresentou valores de temperaturas internas do ar dentro do limite de conforto térmico, em apenas 61 dias/ano, e nos 304 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão.

O modelo 8, exposto às orientações Norte e Sul, apresentou valores de temperaturas internas do ar dentro do limite de conforto térmico, em apenas 70 dias/ano, e nos 295 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão.

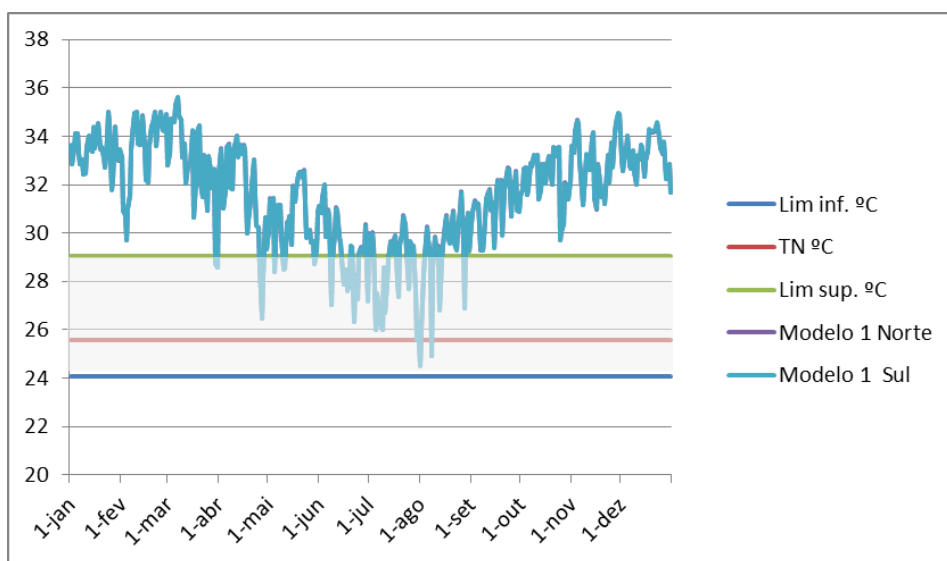
O modelo 9, exposto às orientações Norte e Sul, apresentou valores de temperaturas internas do ar dentro do limite de conforto térmico, em apenas 55 dias/ano, e nos 310 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão.

Observou-se que ao longo do ano as temperaturas internas do ar se encontram acima do limite superior ($29,1^{\circ}\text{C}$) de conforto térmico recomendado, principalmente nos meses de janeiro a abril e setembro a dezembro, chegando a atingir até 6°C a mais que este limite. De acordo com o gráfico 4, a maior parte dos dias que estão dentro da faixa de conforto térmico estão nos meses de junho a agosto, principalmente no inverno. Não foram verificados dias desconfortáveis para frio nos 9 modelos simulados.

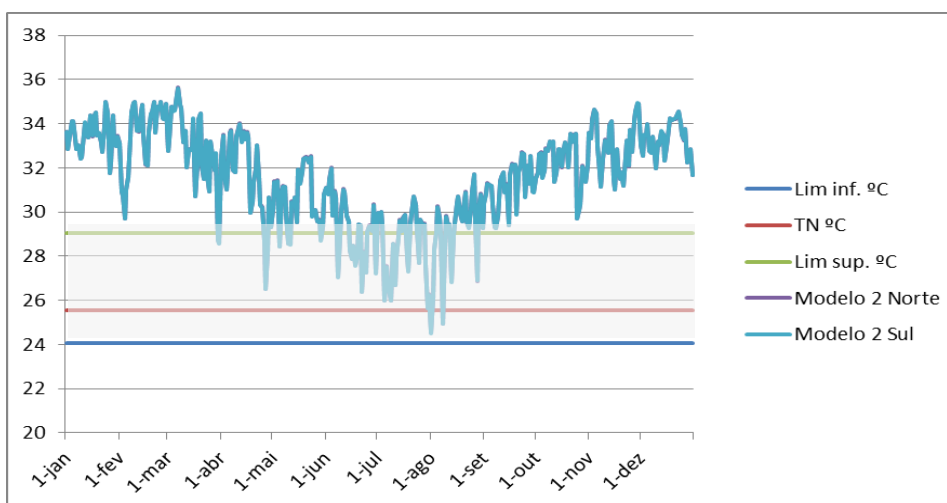
Gráfico 7- Comparação das temperaturas internas do ar, neutra e limite inferior e superior de conforto térmico para o Conjunto duplo de salas voltado para um corredor de circulação e com área coberta central, expostas à orientação Norte e Sul, ao longo do ano.

(a) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 1, exposto à orientação Norte e Sul (b) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 2, exposto à orientação Norte e Sul. (c) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 3, exposto à orientação Norte e Sul (d) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 4, exposto à orientação Norte e Sul (e) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 5, exposto à orientação Norte e Sul (f) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 6, exposto à orientação Norte e Sul (g) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 7, exposto à orientação Norte e Sul (h) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 8, exposto à orientação Norte e Sul (i) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 9, exposto à orientação Norte e Sul.

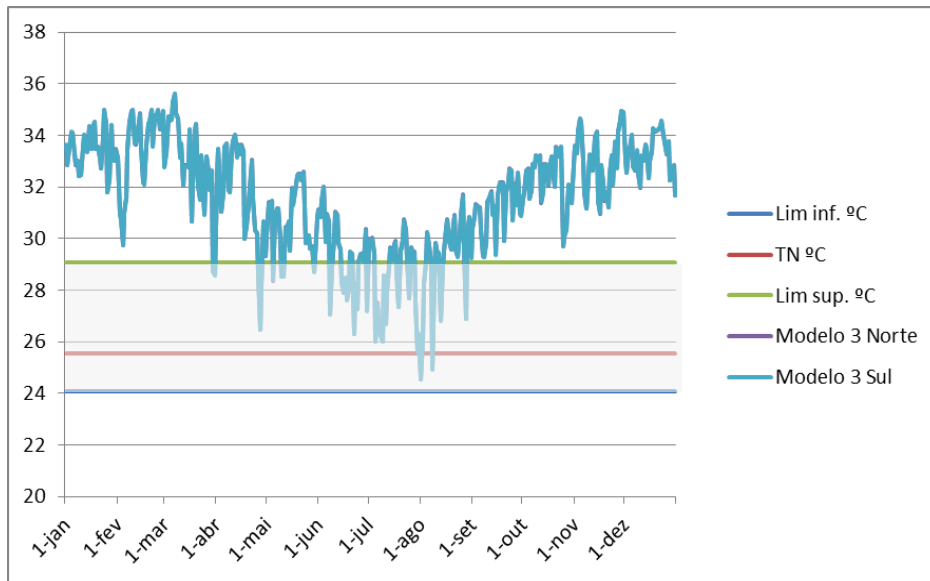
(a)



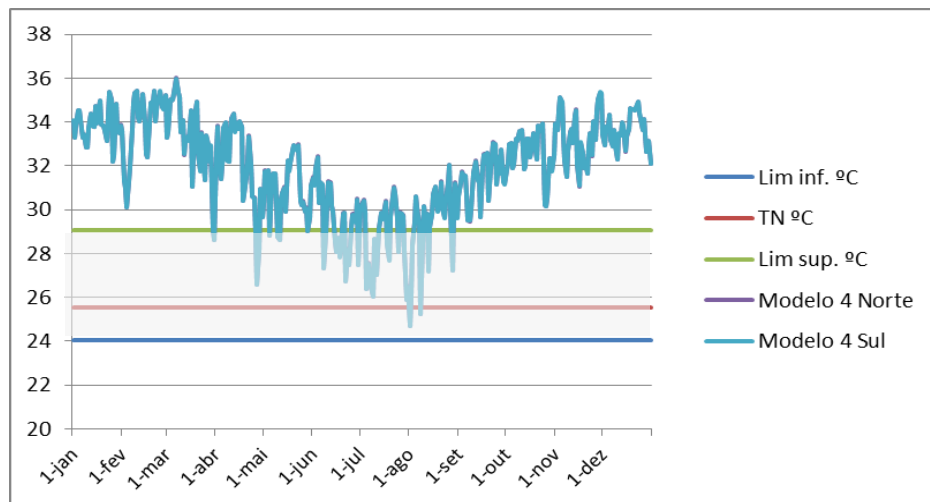
(b)



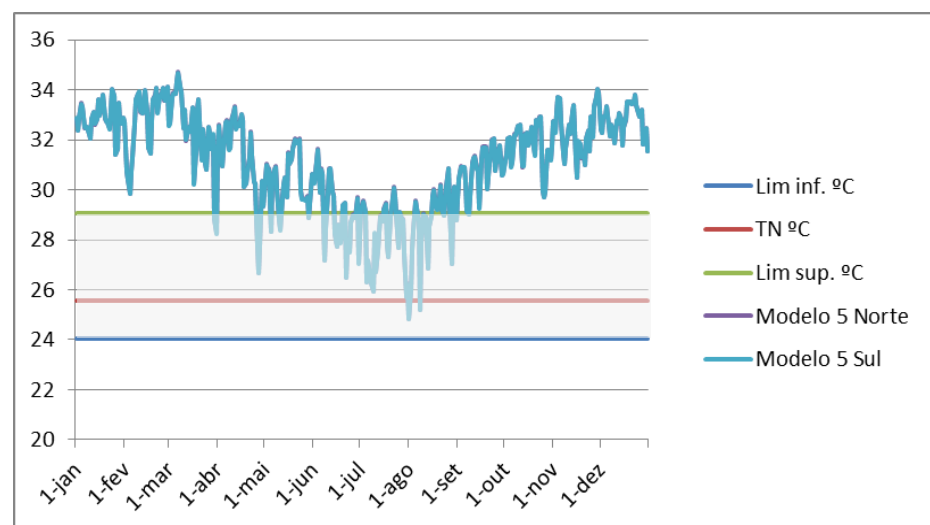
(c)



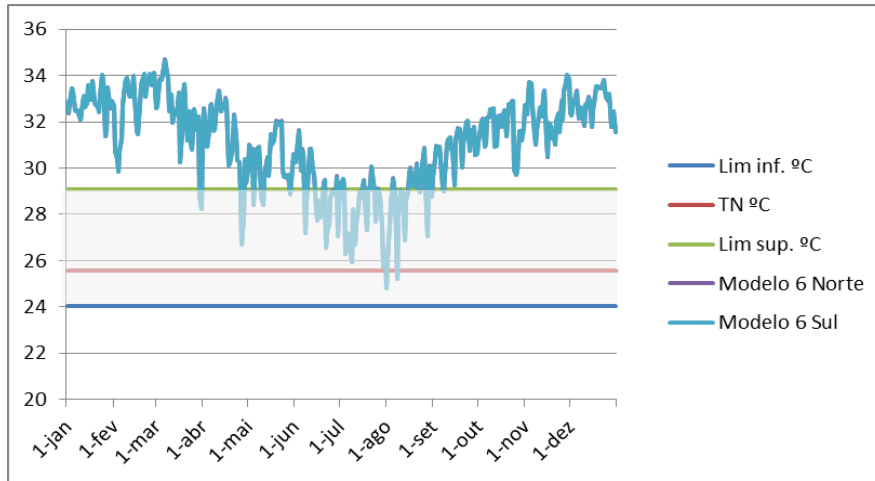
(d)



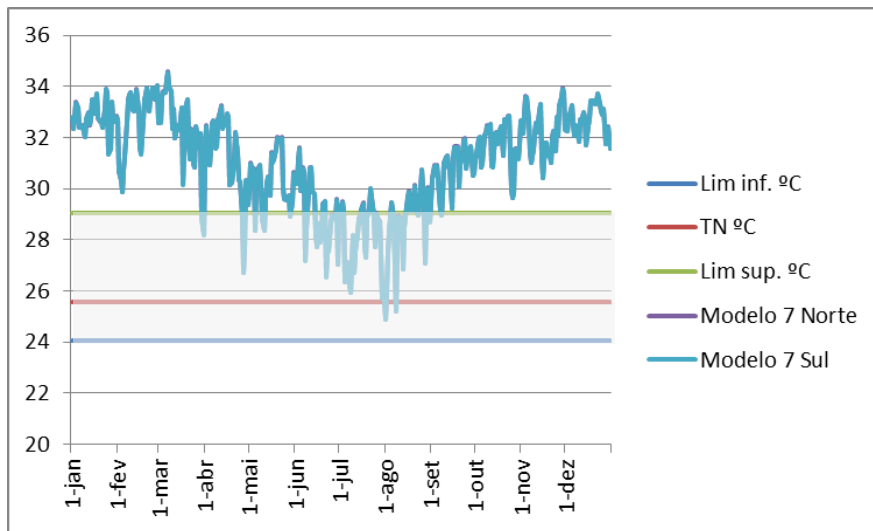
(e)



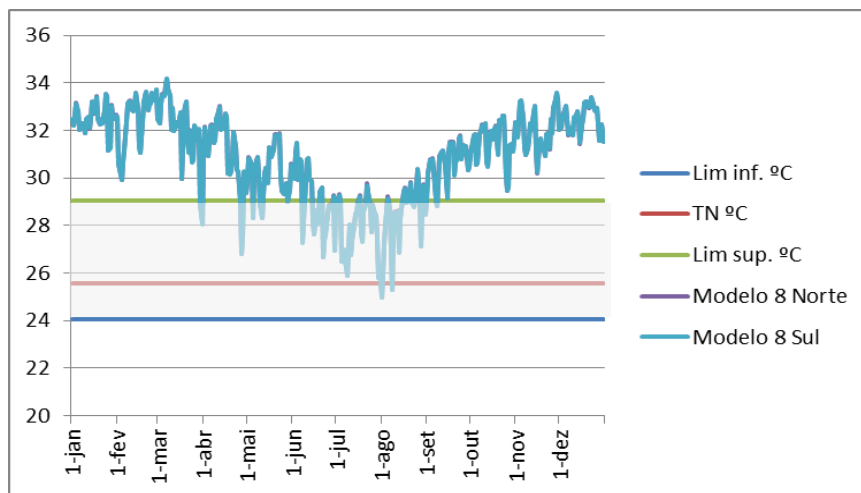
(f)



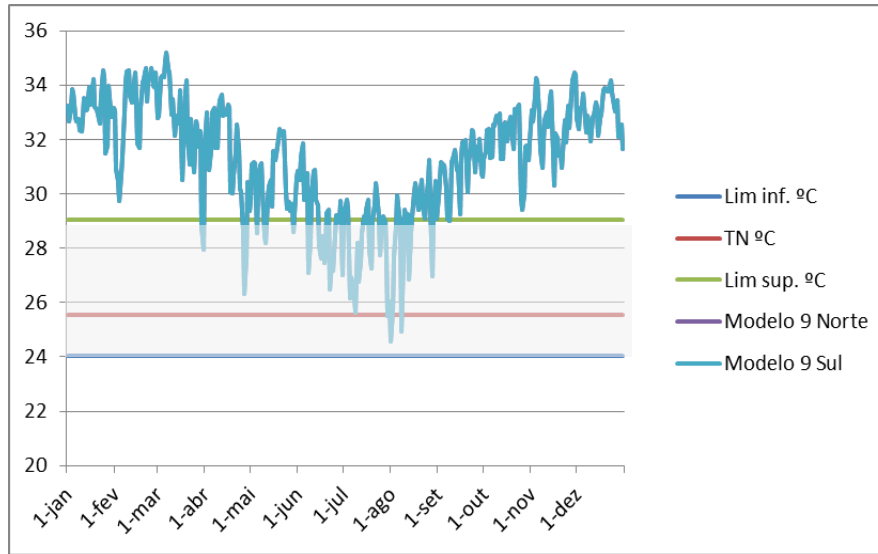
(g)



(h)



(i)



Fonte: Simulações realizadas no programa computacional *Design Builder* (DESIGN BUILDER SOFTWARE LTD, 2010).

3.3.5 Conjunto duplo de salas voltado para um corredor de circulação e com área coberta central com laje de concreto


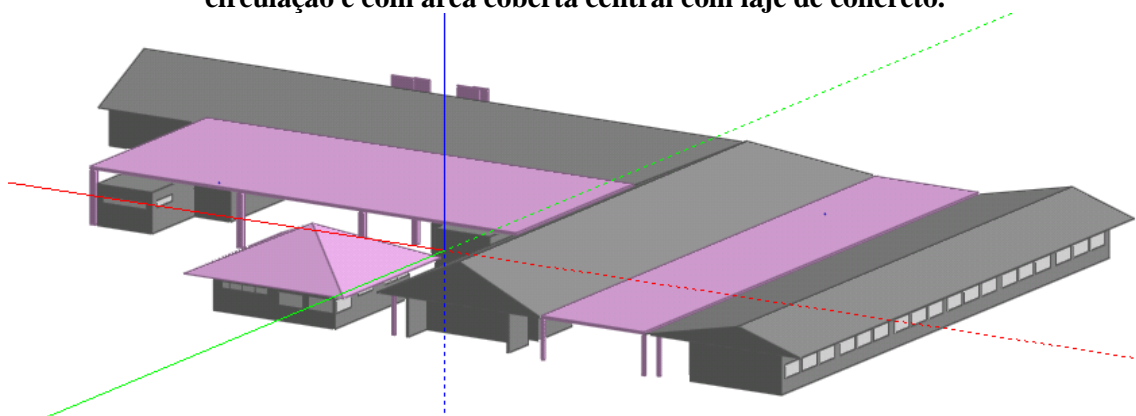
Descrição dos modelos		Tipologia arquitetônica
1.Cobertura de telha de barro com forro de madeira/	Parede de tijolos 6 furos quadrados	
2.Cobertura de telha de fibrocimento com forro de madeira		
3.Cobertura de telha de barro com forro de concreto		
4.Cobertura de telha de fibrocimento com forro de concreto		
5.Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de madeira		
6.Cobertura de telha de fibrocimento, lâmina de alumínio polido e forro de madeira		
7.Cobertura de telha de barro com 2,5cm de lã de vidro sobre o forro de madeira		
8.Cobertura de telha de barro com 5,0cm de lã de vidro sobre o forro de madeira		
9.Cobertura de telha de barro com forro de concreto	Parede de tijolos maciços.	

Figura 48- Modelagem do Conjunto duplo de salas voltado para um corredor de circulação e com área coberta central com laje de concreto.



Fonte: Programa computacional *Design Builder* (DESIGNBUILDER SOFTWARE LTD, 2010).

O gráfico 8 a seguir apresenta uma comparação das temperaturas internas do ar e os limites de conforto térmico (entre 24,1°C e 29,1°C) na tipologia arquitetônica de conjunto duplo de salas de aula voltado para um corredor de circulação e com área coberta central, ou seja, a mesma tipologia anteriormente simulada, porém a cobertura da área central é em laje de concreto. As fachadas foram simuladas nas orientações Norte e Sul.

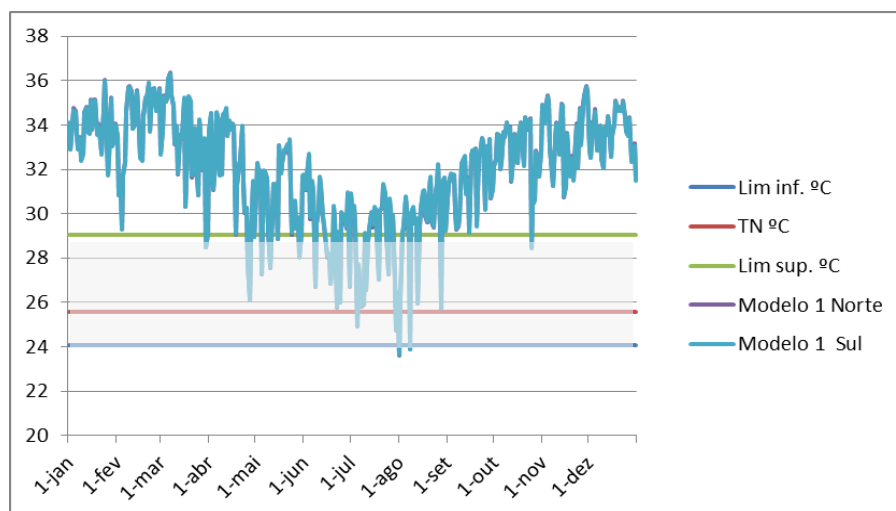
Observou-se que nos modelos 1 a 9 expostos às orientações Norte e Sul, esta tipologia arquitetônica apresentou valores semelhantes de temperaturas internas do ar, dentro do limite de conforto, com apenas 41 dias/ano, em desconforto térmico para frio em 2 dias/ano (01/08 e 08/08) e nos 322 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão.

Observou-se que, ao longo do ano, as temperaturas internas do ar se encontram acima do limite superior de conforto térmico (29,1°C) recomendado, principalmente nos

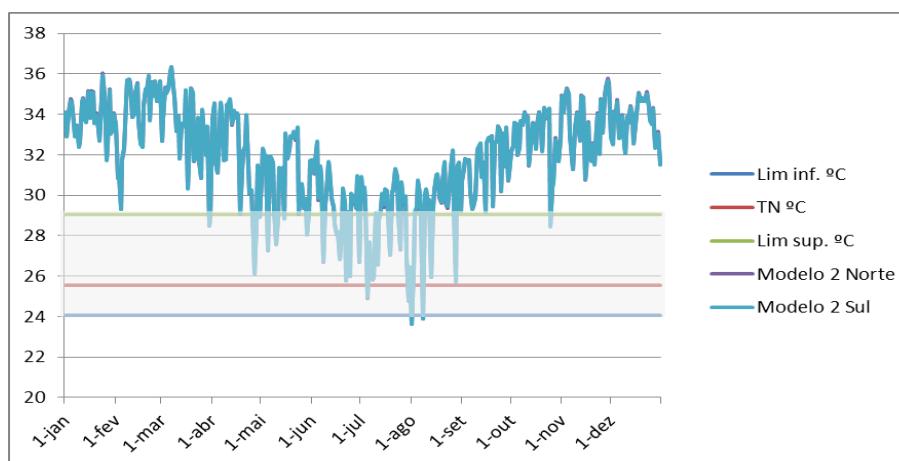
meses de janeiro a abril e setembro a dezembro, chegando a atingir até 7°C a mais que este limite. De acordo com o gráfico 4, a maior parte dos dias que estão dentro da faixa de conforto térmico estão nos meses de maio a agosto. Nos 2 dias (01/08 e 08/08) que apresentaram valores abaixo do limite mínimo de conforto térmico ($24,1^{\circ}\text{C}$), as temperaturas internas do ar ficaram $0,5^{\circ}\text{C}$ e $0,2^{\circ}\text{C}$, respectivamente, a menos do que este limite.

Gráfico 8- Comparação das temperaturas internas do ar, neutra e limite inferior e superior de conforto térmico para o Conjunto duplo de salas voltado para um corredor de circulação e com área coberta central em laje de concreto, ao longo do ano e exposto às orientações Norte e Sul. (a) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 1, exposto à orientação Norte e Sul (b) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 2, exposto à orientação Norte e Sul. (c) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 3, exposto à orientação Norte e Sul (d) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 4, exposto à orientação Norte e Sul (e) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 5, exposto à orientação Norte e Sul (f) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 6, exposto à orientação Norte e Sul (g) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 7, exposto à orientação Norte e Sul (h) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 8, exposto à orientação Norte e Sul (i) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 9, exposto à orientação Norte e Sul.

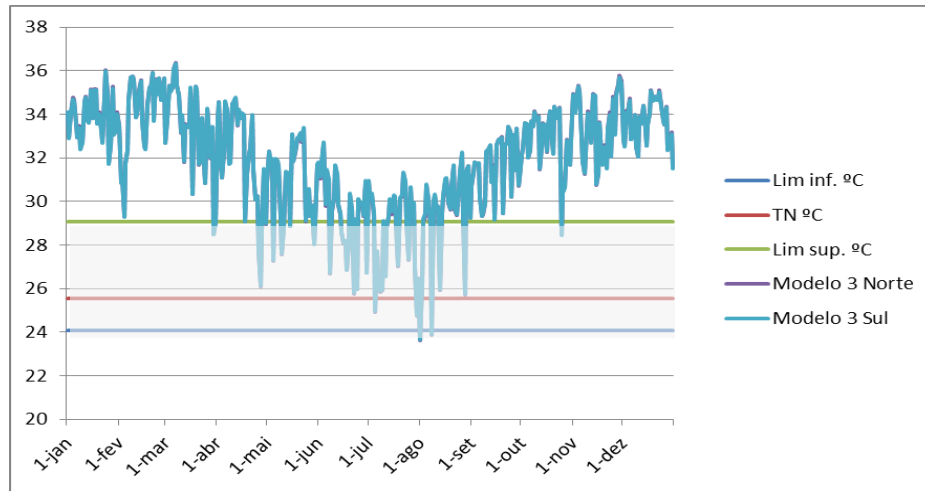
(a)



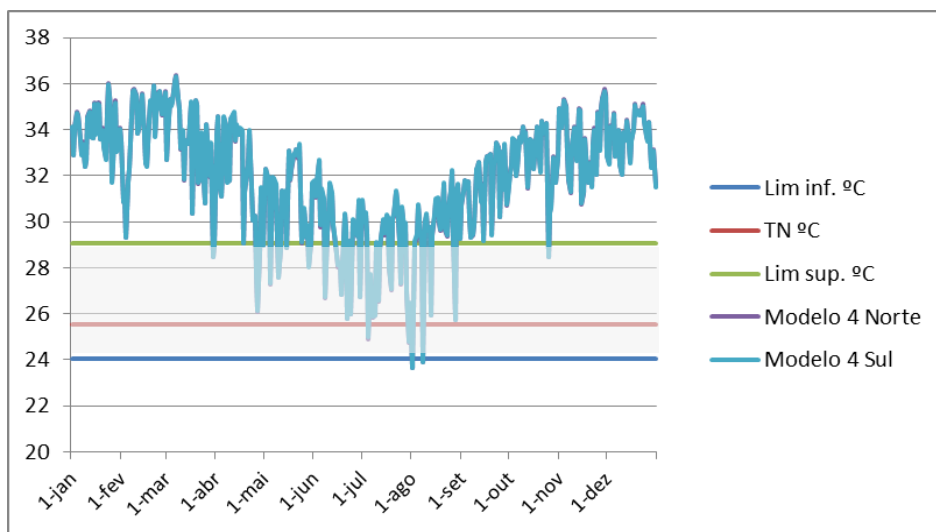
(b)



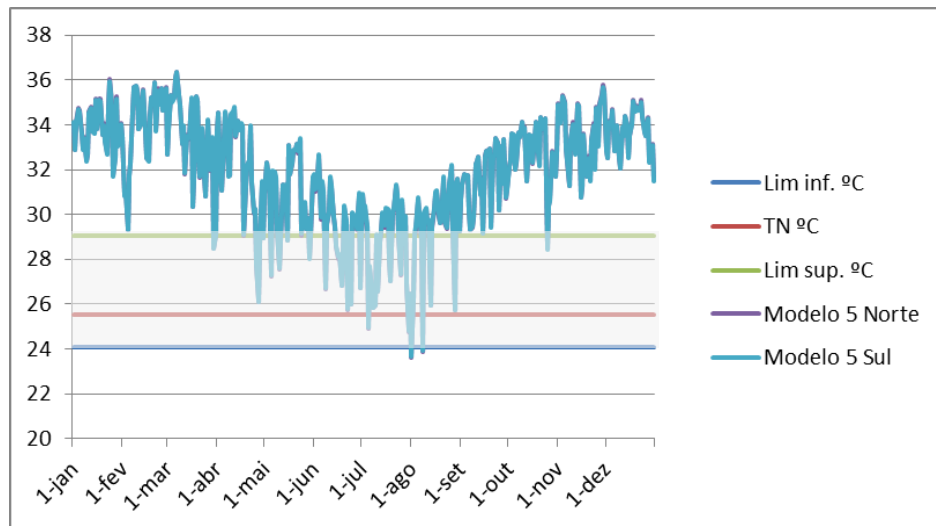
(c)



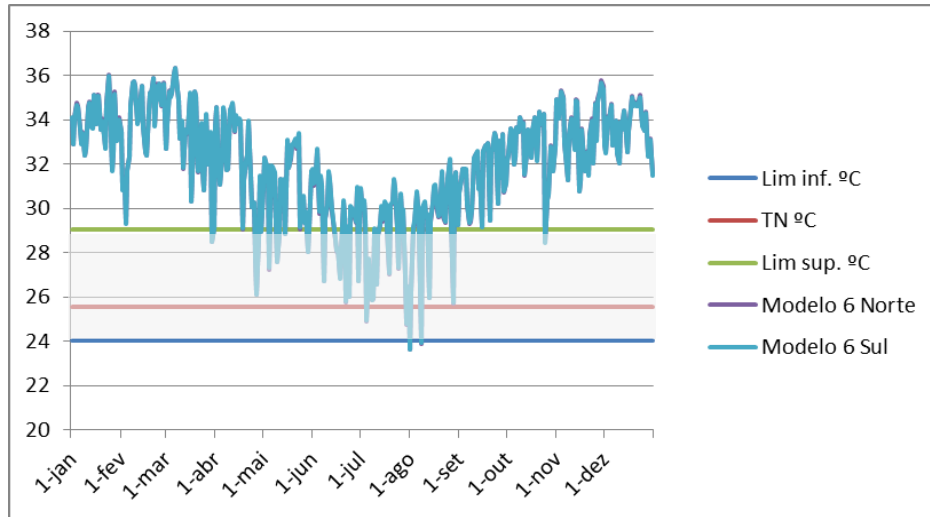
(d)



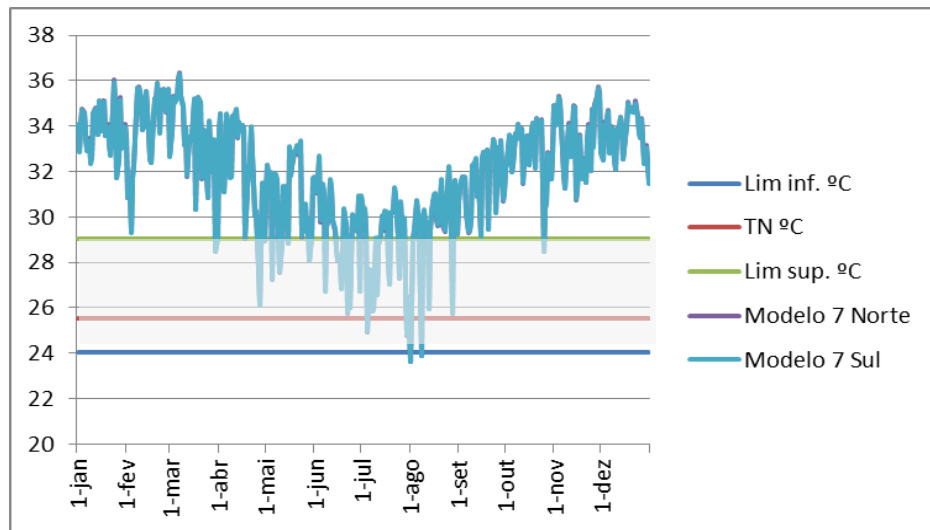
(e)



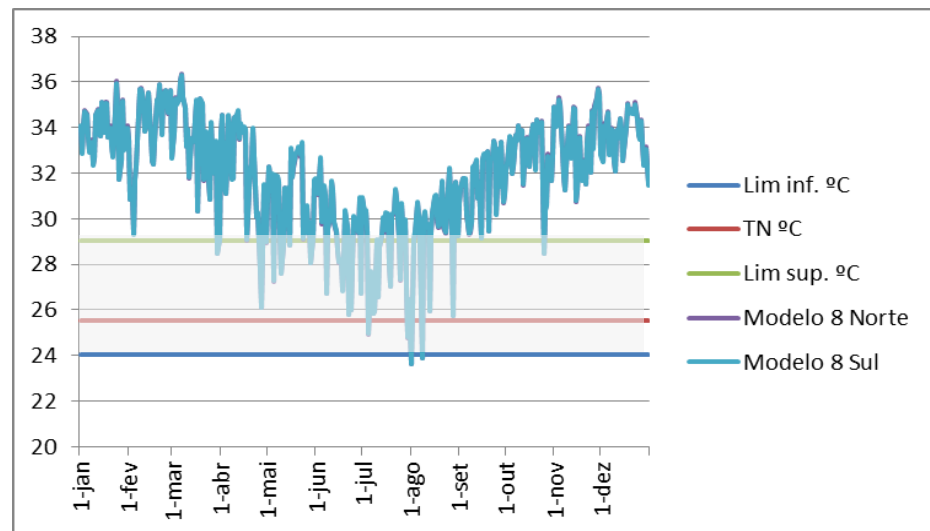
(f)



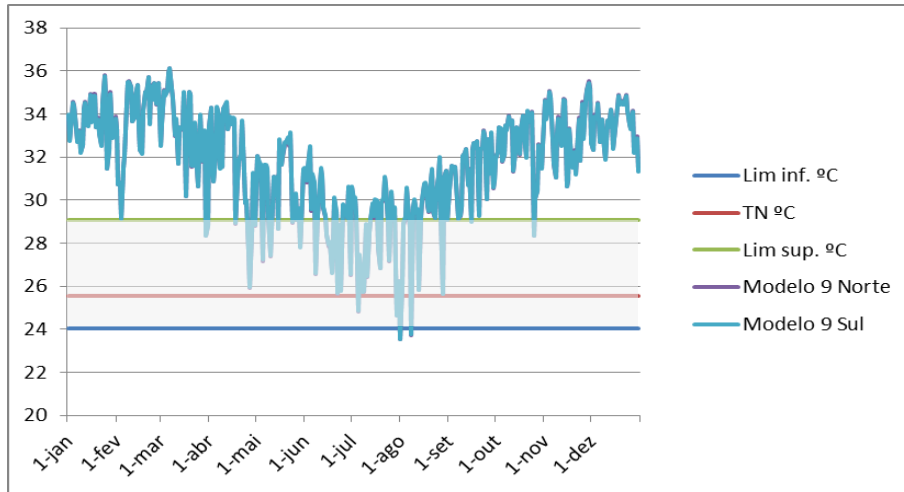
(g)



(h)



(i)



Fonte: Simulações realizadas no programa computacional *Design Builder* (DESIGN BUILDER SOFTWARE LTD, 2010).

3.3.6 Conjunto de salas opostas voltadas para um corredor de circulação central

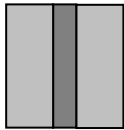
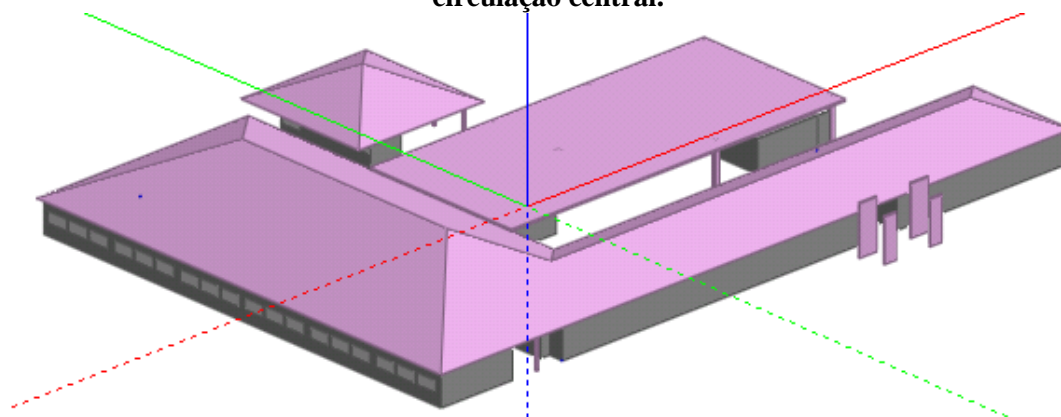
Descrição dos modelos		Tipologia arquitetônica
1.Cobertura de telha de barro com forro de madeira/	Parede de tijolos 6 furos quadrados	
2.Cobertura de telha de fibrocimento com forro de madeira		
3.Cobertura de telha de barro com forro de concreto		
4.Cobertura de telha de fibrocimento com forro de concreto		
5.Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de madeira		
6.Cobertura de telha de fibrocimento, lâmina de alumínio polido e forro de madeira		
7.Cobertura de telha de barro com 2,5cm de lã de vidro sobre o forro de madeira		
8.Cobertura de telha de barro com 5,0cm de lã de vidro sobre o forro de madeira		
9.Cobertura de telha de barro com forro de concreto	Parede de tijolos maciços.	

Figura 49- Modelagem do Conjunto de salas opostas voltadas para um corredor de circulação central.



Fonte: Programa computacional *Design Builder* (DESIGNBUILDER SOFTWARE LTD, 2010).

O gráfico 9 a seguir apresenta uma comparação das temperaturas internas do ar e os limites de conforto térmico (entre 24,1°C e 29,1°C) na tipologia arquitetônica de conjunto de salas de aulas opostas voltado para um corredor de circulação central, expostas às orientações Norte e Sul.

Observou-se que nos modelos 1 e 2, expostos à orientação Norte, esta tipologia arquitetônica apresentou valores de temperaturas internas do ar, dentro do limite de conforto, em apenas 53 dias/ano e nos 312 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão. Na orientação Sul, os dias em conforto térmico reduzem para 48 dias/ano e nos 317 dias restantes, desconforto térmico para calor.

No modelo 3 e 4, expostos à orientação Norte, as temperaturas internas do ar se apresentaram dentro do limite de conforto térmico, em 44 dias/ano, e nos 321 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão. Na orientação Sul,

os dias em conforto térmico foram 43 dias/ano e nos 322 dias restantes, desconforto térmico para calor.

O modelo 5 e 6, exposto à orientação Norte, apresentou valores de temperaturas internas do ar dentro do limite de conforto térmico, em apenas 72 dias/ano, e nos 293 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão. Na orientação Sul, os dias em conforto térmico reduzem para 68 dias/ano e nos 297 dias restantes, desconforto térmico para calor.

No modelo 7, exposto à orientação Norte, as temperaturas internas do ar ficaram dentro do limite de conforto térmico, em 72 dias do ano e nos 293 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão. Na orientação Sul, os dias em conforto térmico reduzem para 71 dias/ano.

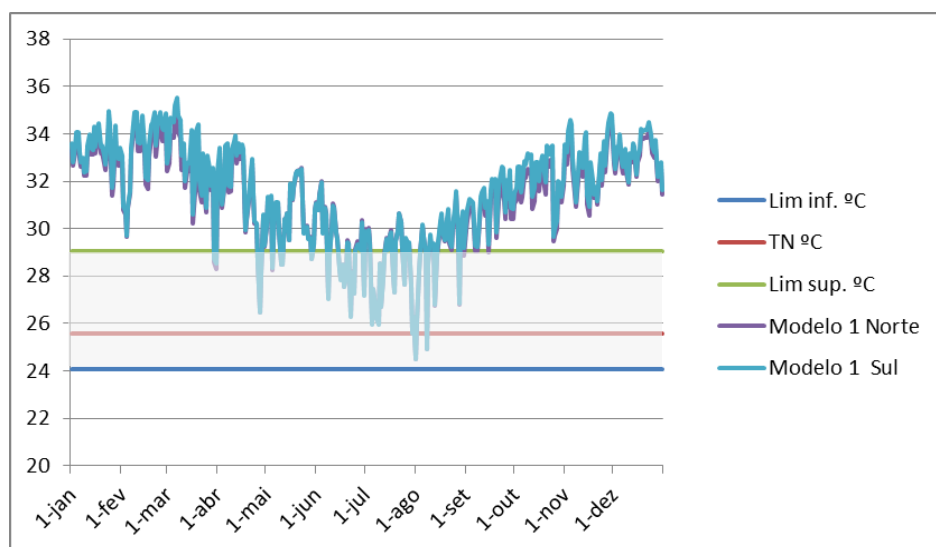
O modelo 8, exposto à orientação Norte apresentou valores de temperaturas internas do ar, dentro do limite de conforto térmico, em 82 dias/ano, e nos 283 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão. Na orientação Sul, os dias em conforto térmico reduzem para 78 dias/ano e nos 287 dias restantes, desconforto térmico para calor.

O modelo 9, exposto às orientações Norte apresentou 65 dias/ano dentro da faixa de conforto térmico e nos 300 dias restantes em desconforto térmico para calor. Na orientação Sul, os dias em conforto térmico aumentaram para 64 dias/ano e nos 301 dias restantes, desconforto térmico para calor.

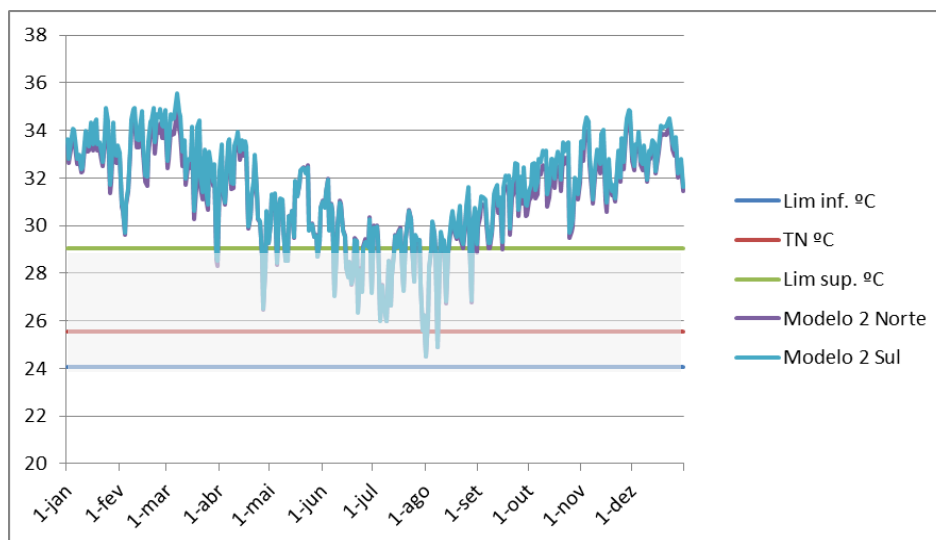
Observou-se que, ao longo do ano as temperaturas internas do ar se encontram acima do limite superior ($29,1^{\circ}\text{C}$) de conforto térmico recomendado, principalmente nos meses de janeiro a abril e setembro a dezembro, chegando a atingir até 6°C a mais que este limite. De acordo com o gráfico 4, a maior parte dos dias que estão dentro da faixa de conforto térmico estão nos meses de junho a agosto, principalmente no inverno. Não foram verificados dias desconfortáveis para frio nos 9 modelos simulados.

Gráfico 9- Comparação das temperaturas internas do ar, neutra e limite inferior e superior de conforto térmico para Conjunto de salas opostas voltadas para um corredor de circulação central, ao longo do ano e exposto às orientações Norte e Sul. (a) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 1, exposto à orientação Norte e Sul (b) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 2, exposto à orientação Norte e Sul. (c) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 3, exposto à orientação Norte e Sul (d) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 4, exposto à orientação Norte e Sul (e) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 5, exposto à orientação Norte e Sul (f) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 6, exposto à orientação Norte e Sul (g) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 7, exposto à orientação Norte e Sul (h) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 8, exposto à orientação Norte e Sul (i) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 9, exposto à orientação Norte e Sul.

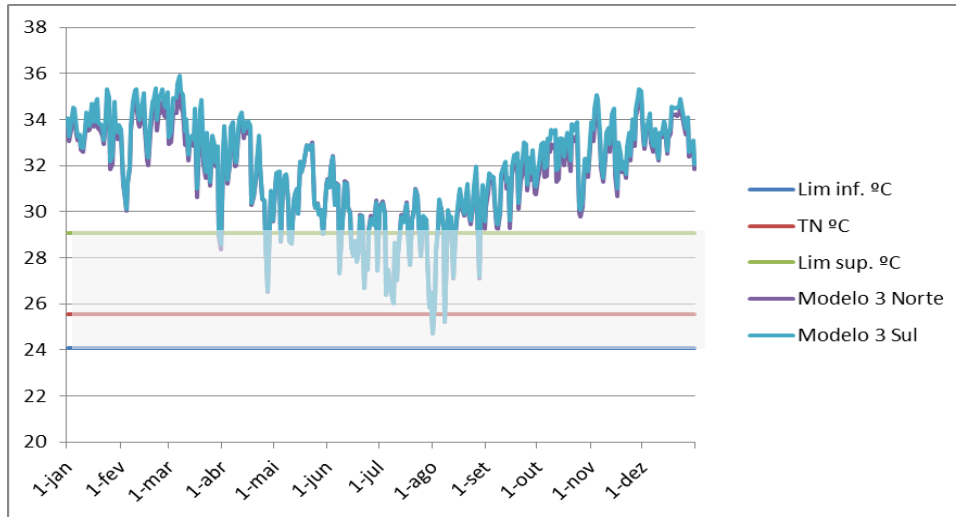
(a)



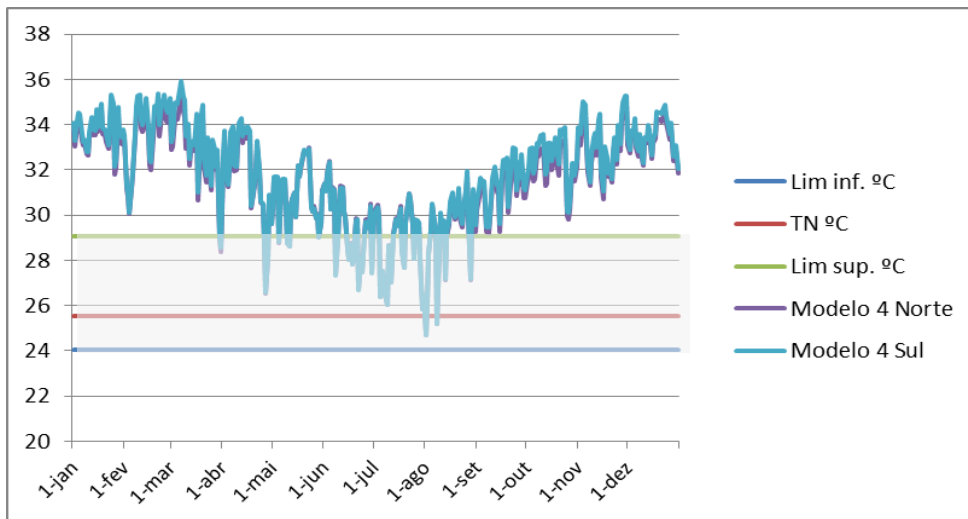
(b)



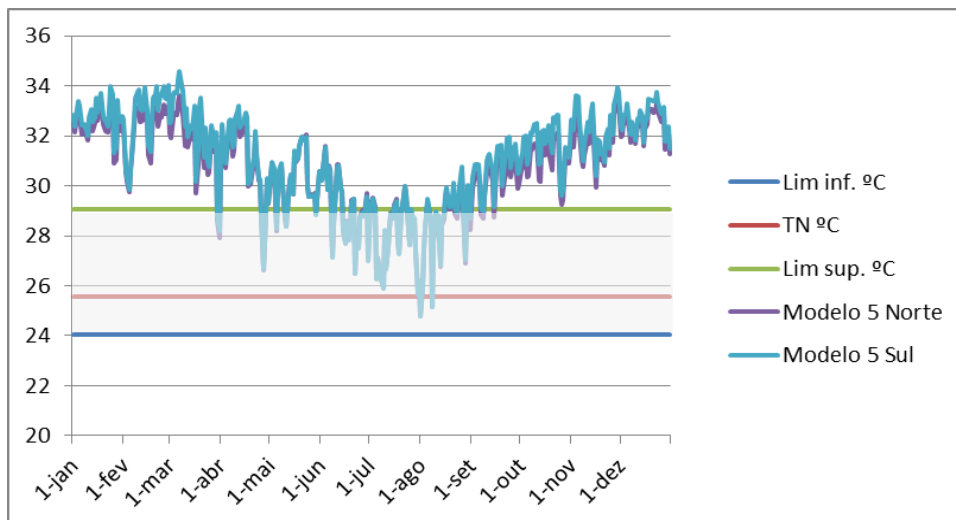
(c)



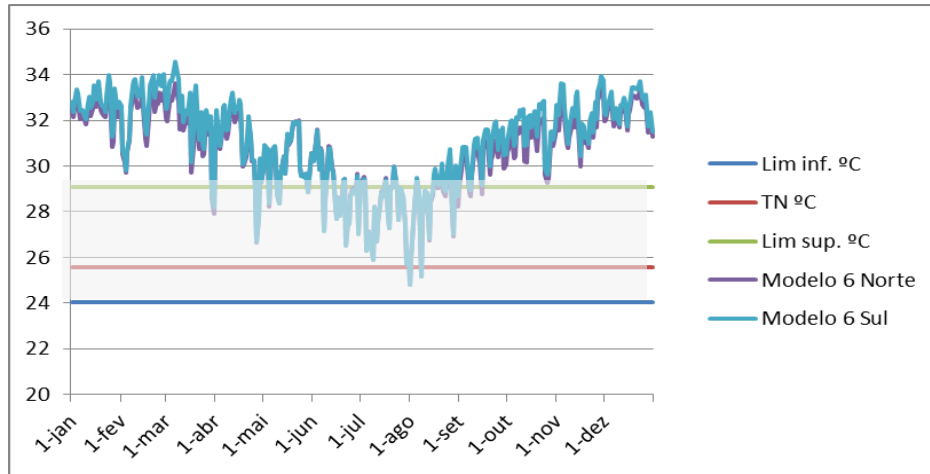
(d)



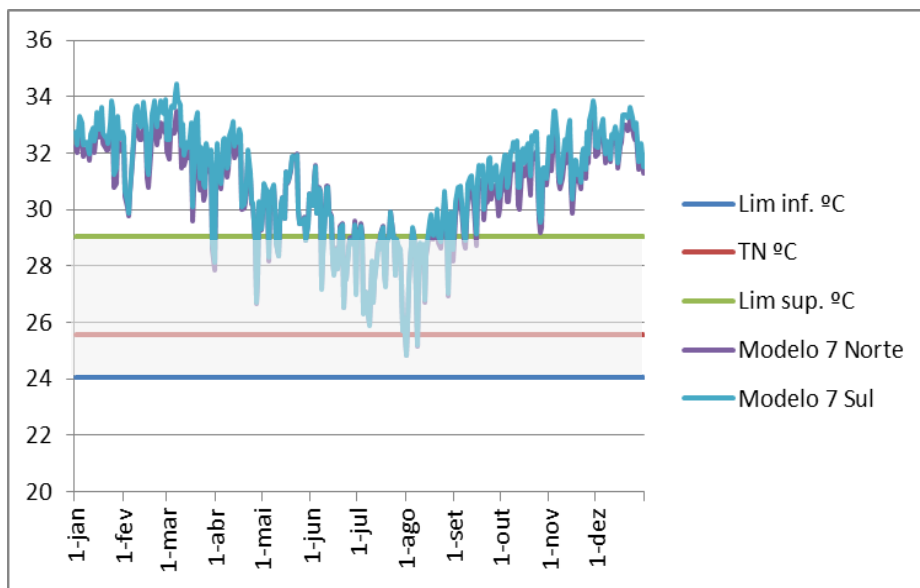
(e)



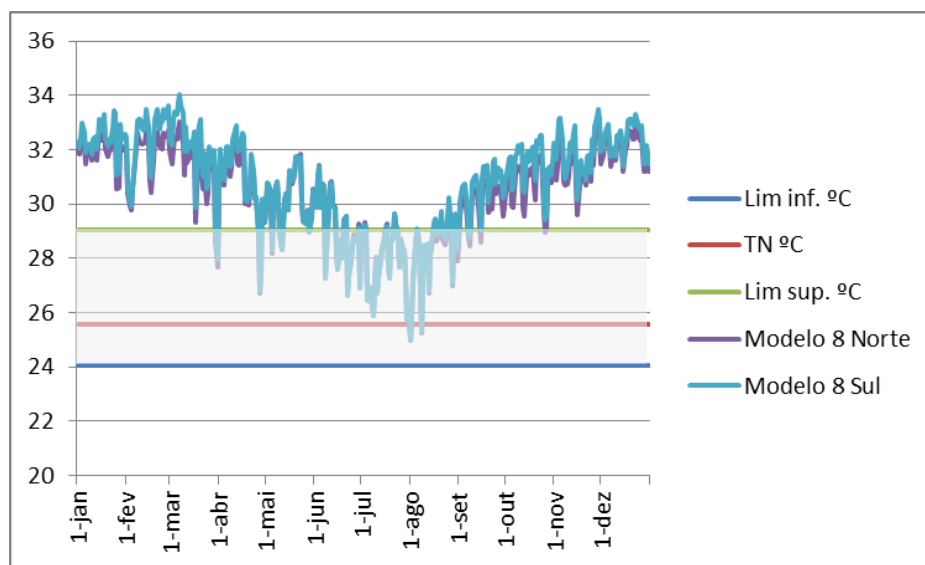
(f)



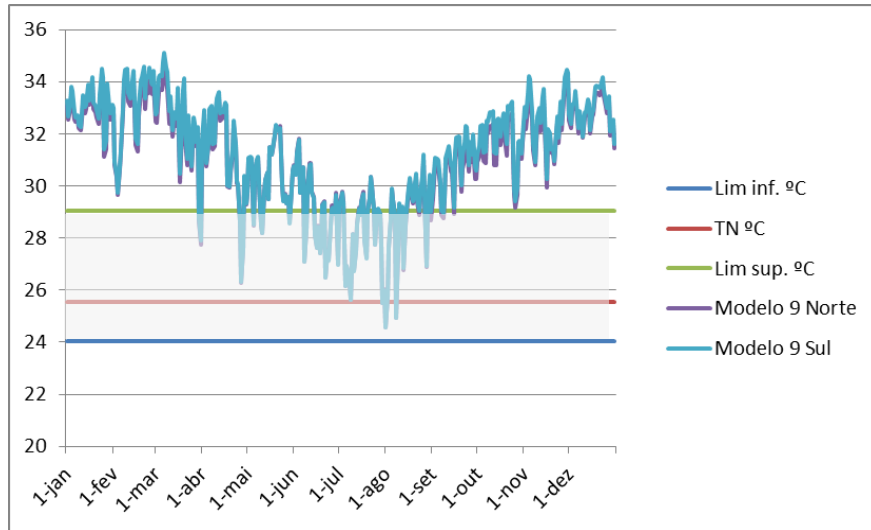
(g)



(h)



(i)



Fonte: Simulações realizadas no programa computacional *Design Builder* (DESIGN BUILDER SOFTWARE LTD, 2010).

3.3.7 Conjunto duplo de salas voltado para um corredor de circulação e com área descoberta central

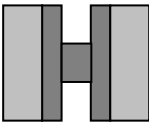
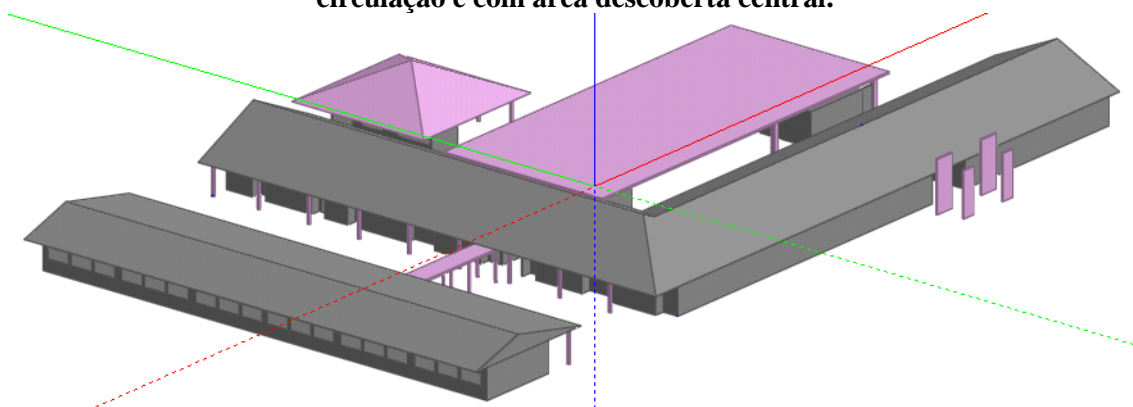
Descrição dos modelos		Tipologia arquitetônica
1.Cobertura de telha de barro com forro de madeira/	Parede de tijolos 6 furos quadrados	
2.Cobertura de telha de fibrocimento com forro de madeira		
3.Cobertura de telha de barro com forro de concreto		
4.Cobertura de telha de fibrocimento com forro de concreto		
5.Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de madeira		
6.Cobertura de telha de fibrocimento, lâmina de alumínio polido e forro de madeira		
7.Cobertura de telha de barro com 2,5cm de lã de vidro sobre o forro de madeira		
8.Cobertura de telha de barro com 5,0cm de lã de vidro sobre o forro de madeira		
9.Cobertura de telha de barro com forro de concreto	Parede de tijolos maciços.	

Figura 50- Modelagem do Conjunto duplo de salas voltado para um corredor de circulação e com área descoberta central.



Fonte: Programa computacional *Design Builder* (DESIGNBUILDER SOFTWARE LTD, 2010).

O gráfico 10 a seguir apresenta uma comparação das temperaturas internas do ar e os limites de conforto térmico (entre 24,1°C e 29,1°C) na tipologia arquitetônica de conjunto duplo de salas de aula voltado para um corredor de circulação e com área descoberta central, expostas às orientações Norte e Sul.

Observou-se que no modelo 1, exposto às orientações Norte e Sul, esta tipologia arquitetônica apresentou valores de temperaturas internas do ar, dentro do limite de conforto térmico recomendado, em apenas 37 dias/ano, desconforto térmico para frio em 2 dias/ano (01/08 e 08/08), com 23,7°C e 24°C, respectivamente; e nos 326 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão.

No modelo 2, exposto às orientações Norte e Sul, esta tipologia arquitetônica apresentou valores de temperaturas internas do ar, dentro do limite de conforto térmico recomendado, em apenas 39 dias/ano, desconforto térmico para frio em 2 dias/ano

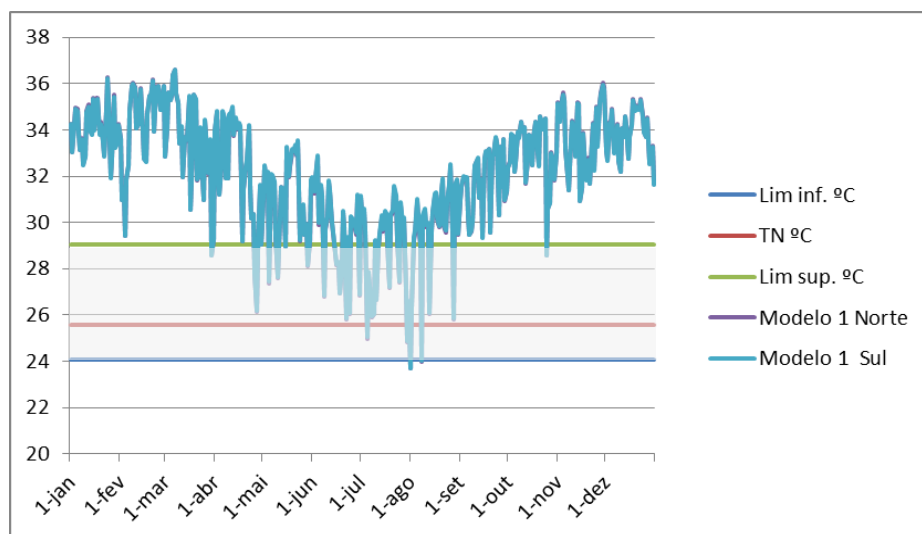
(01/08 e 08/08), respectivamente, com $23,6^{\circ}\text{C}$ e $23,9^{\circ}\text{C}$, ao Norte e $23,7^{\circ}\text{C}$ e 24°C , ao Sul; nos 324 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão.

Nos modelos 3 a 9, expostos às orientações Norte e Sul, esta tipologia arquitetônica apresentou resultados semelhantes, com valores de temperaturas internas do ar, dentro do limite de conforto térmico recomendado, em apenas 36 dias/ano, desconforto térmico para frio em 2 dias/ano (01/08 e 08/08), respectivamente, com $23,6^{\circ}\text{C}$ e $23,9^{\circ}\text{C}$, ao Norte e $23,7^{\circ}\text{C}$ e 24°C , ao Sul; nos 327 dias restantes, desconforto térmico para calor, principalmente no verão.

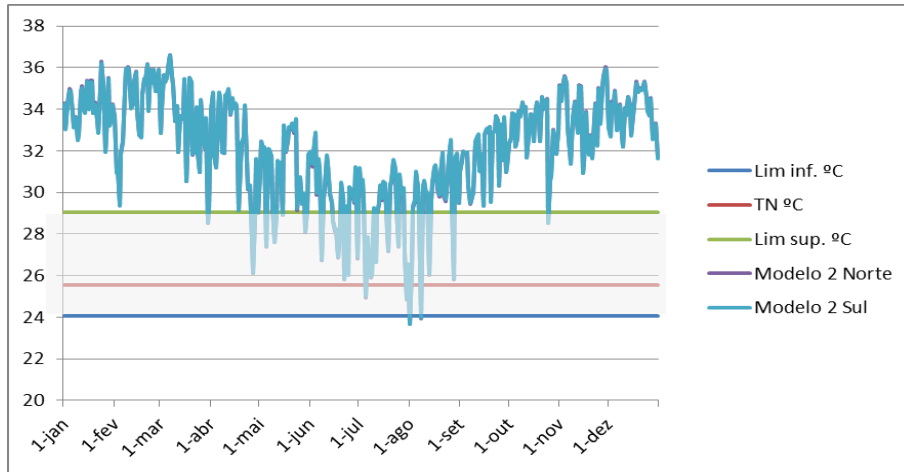
Observou-se que, ao longo do ano, as temperaturas internas do ar se encontram acima do limite superior de conforto térmico ($29,1^{\circ}\text{C}$) recomendado, principalmente nos meses de janeiro a abril e setembro a dezembro, chegando a atingir até 7°C a mais que este limite. De acordo com o gráfico 4, a maior parte dos dias que estão dentro da faixa de conforto térmico estão nos meses de maio a agosto.

Gráfico 10- Comparação das temperaturas internas do ar, neutra e limite inferior e superior de conforto térmico para Conjunto duplo de salas voltado para um corredor de circulação e com área descoberta central, ao longo do ano e expostas às orientações Norte e Sul. (a) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 1, exposto à orientação Norte e Sul (b) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 2, exposto à orientação Norte e Sul. (c) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 3, exposto à orientação Norte e Sul (d) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 4, exposto à orientação Norte e Sul (e) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 5, exposto à orientação Norte e Sul (f) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 6, exposto à orientação Norte e Sul (g) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 7, exposto à orientação Norte e Sul (h) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 8, exposto à orientação Norte e Sul (i) Temperatura interna do ar e limite de conforto no modelo 9, exposto à orientação Norte e Sul.

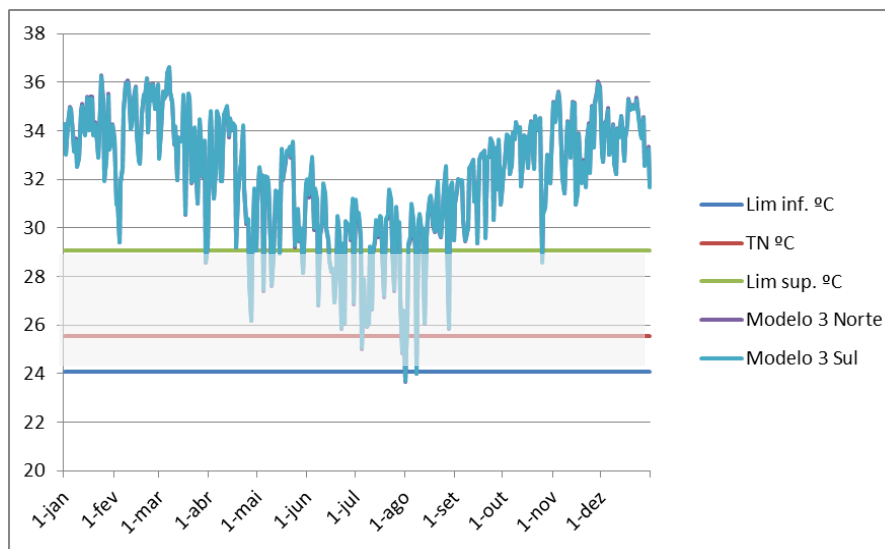
(a)



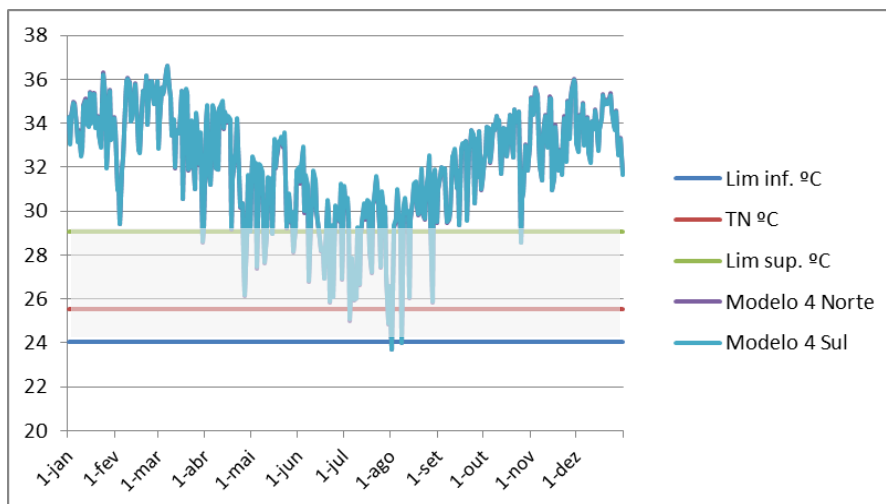
(b)



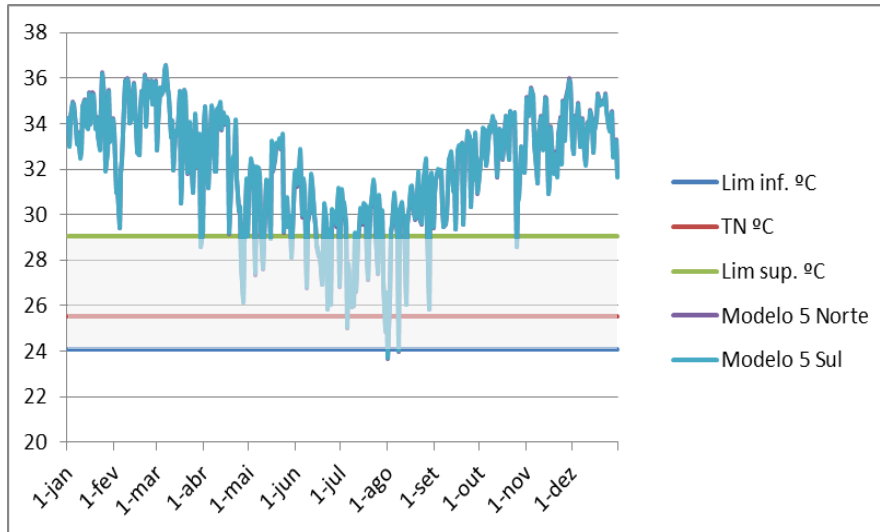
(c)



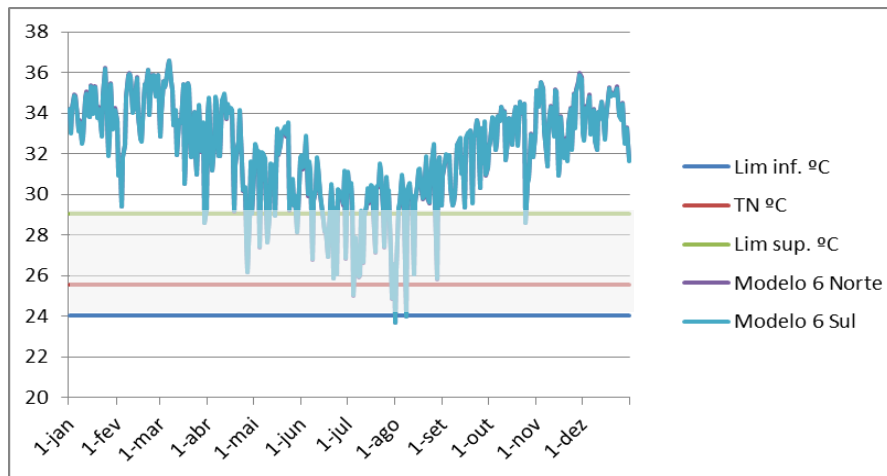
(d)



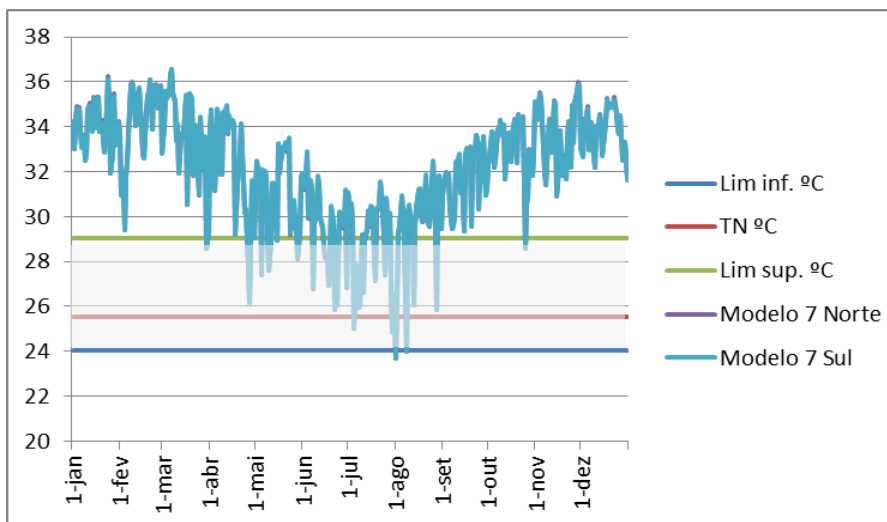
(e)



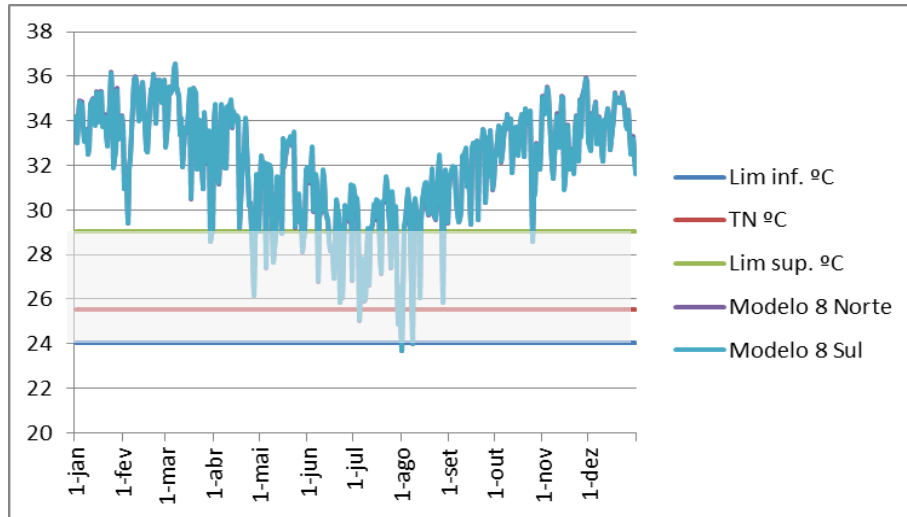
(f)



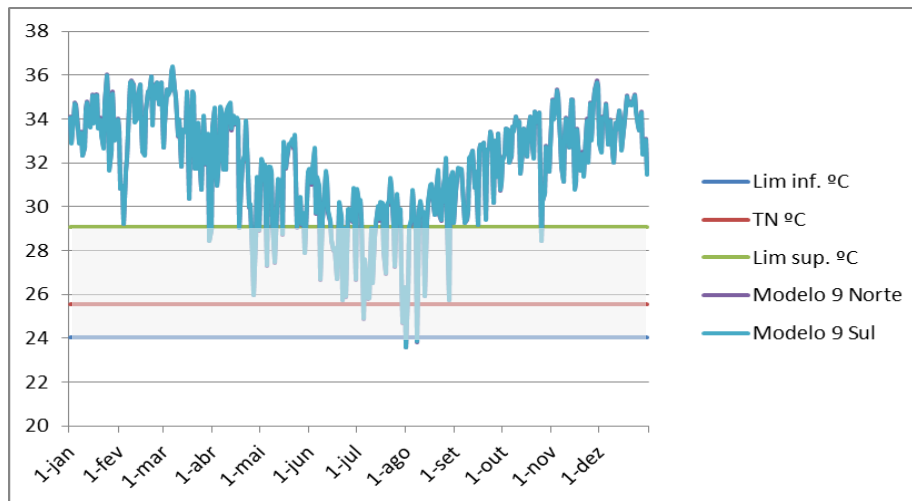
(g)



(h)



(i)



Fonte: Simulações realizadas no programa computacional *Design Builder* (DESIGN BUILDER SOFTWARE LTD, 2010).

4 DISCUSSÃO GERAL DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos na pesquisa ressaltam a importância da adequação de edificações escolares ao contexto climático de Maceió-AL, com vistas à otimização de seu desempenho térmico. Foi demonstrado que a diversidade de materiais das vedações externas (paredes e coberturas) e das tipologias de edificações escolares quanto ao conjunto de salas de aula em relação ao corredor de circulação resultou em diferentes respostas em relação ao desempenho térmico dos casos estudados.

Apesar de se utilizar, na realização das simulações computacionais no programa *Design Builder*, os materiais das vedações externas recomendados pela NBR 15575-3 (ABNT, 2010) para a Zona Bioclimática 8, na qual se insere a cidade de Maceió-AL, verificou-se que os resultados foram desfavoráveis durante a maior parte do ano, principalmente no verão, resultando em temperaturas internas do ar elevadas.

Os resultados obtidos demonstraram desconforto térmico para calor, com temperaturas de até 7°C acima do limite superior de conforto térmico, em alguns meses do ano. Foram detectados 2 dias (01/08 e 08/08) de desconforto térmico para frio nas seguintes tipologias arquitetônicas: *conjunto de salas voltado para um corredor de circulação, conjunto duplo de salas voltado para um corredor de circulação e com área coberta central em laje de concreto e conjunto duplo de salas voltado para um corredor de circulação e com área descoberta central*. Esses resultados, além de insignificante quanto ao número de dias frente ao total simulado, provavelmente referem-se a horas do dia, geralmente nas madrugadas, quando não há atividades nos ambientes simulados.

Quanto à tipologia arquitetônica de *conjunto de salas voltado para um corredor de circulação*, exposta às orientações Norte e Sul, foi verificado que o **modelo 9** (cobertura de telha de barro com forro de concreto/ parede de tijolos maciços) apresentou os melhores resultados em relação as temperaturas internas do ar, com 55 dias/ano em conforto térmico, 2 dias de desconforto térmico para frio e 308 dias/ano em desconforto térmico para calor.

Quanto à tipologia arquitetônica de *conjunto de salas em formato de “L” voltado para um corredor de circulação* foi verificado que o **modelo 3** (cobertura de telha de barro com forro de concreto/ parede de tijolos 6 furos quadrados) apresentou os melhores resultados em relação as temperaturas internas do ar, com 94 dias/ano em conforto térmico e 271 dias/ano em desconforto térmico para calor, quando exposta às

orientações Norte; e 97 dias/ano em conforto térmico e 268 dias/ano em desconforto térmico para calor, quando exposta à orientação Sul.

Quanto à tipologia arquitetônica de *conjunto de salas em formato de “U” voltado para um corredor de circulação*, exposta às orientações Norte e Sul, foi verificado que o **modelo 8** (cobertura de telha de barro com 5,0cm de lã de vidro sobre o forro de madeira/ parede de tijolos 6 furos quadrados) apresentou os melhores resultados em relação as temperaturas internas do ar, com 63 dias/ano em conforto térmico e 302 dias/ano em desconforto térmico para calor, quando exposta às orientações Norte; e 64 dias/ano em conforto térmico e 301 dias/ano em desconforto térmico para calor, quando exposta à orientação Sul.

Quanto à tipologia arquitetônica de *conjunto duplo de salas voltado para um corredor de circulação e com área coberta central*, exposta às orientações Norte e Sul, foi verificado que o **modelo 8** (cobertura de telha de barro com 5,0cm de lã de vidro sobre o forro de madeira/ parede de tijolos 6 furos quadrados) apresentou os melhores resultados em relação as temperaturas internas do ar, com 70 dias/ano em conforto térmico e 295 dias/ano em desconforto térmico para calor.

Esses resultados indicam, por um lado, a sensibilidade do programa computacional às características isolantes de um dos componentes e, principalmente, a importância do uso de materiais de baixa condutividade térmica no desempenho de um sistema construtivo.

Quanto à tipologia arquitetônica de *conjunto duplo de salas voltado para um corredor de circulação e com área coberta central em laje de concreto*, exposta às orientações Norte e Sul, foi verificado que os 9 modelos simulados apresentaram resultados semelhantes em relação às temperaturas internas do ar.

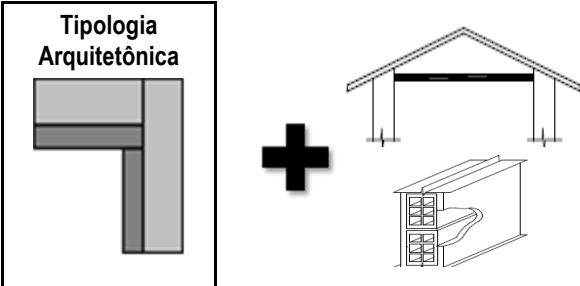
Quanto à tipologia arquitetônica de *conjunto de salas opostas voltado para um corredor de circulação central*, exposta às orientações Norte e Sul, foi verificado que o **modelo 8** (cobertura de telha de barro com 5,0cm de lã de vidro sobre o forro de madeira/ parede de tijolos 6 furos quadrados) apresentou os melhores resultados em relação as temperaturas internas do ar, com 82 dias/ano em conforto térmico e 283 dias/ano em desconforto térmico para calor, quando exposta às orientações Norte; e 78 dias/ano em conforto térmico e 287 dias/ano em desconforto térmico para calor, quando exposta à orientação Sul.

Por fim, quanto à tipologia arquitetônica de *conjunto duplo de salas voltado para um corredor de circulação e com área descoberta central*, exposta às orientações

Norte e Sul, foi verificado que o **modelo 2** (cobertura de telha de fibro-cimento com forro de madeira/ parede de tijolos 6 furos quadrados), apresentou os melhores resultados em relação as temperaturas internas do ar, com 39 dias/ano em conforto térmico e 324 dias/ano em desconforto térmico para calor.

Observou-se, através de um análise comparativa entre as tipologias arquitetônicas simuladas, que o **conjunto de salas em formato de “L” voltado para um corredor de circulação** relacionado ao **modelo 3** (cobertura de telha de barro com forro de concreto/ parede de tijolos 6 furos quadrados) apresentou mais dias em conforto térmico, com 94 dias/ano, quando exposta às orientações Norte; e 97 dias/ano, quando exposta à orientação Sul. (Figura 50) Esse modelo pode ter apresentado melhores resultados devido ao fato de o programa computacional utilizado ter sido mais sensível ao formato da tipologia arquitetônica nos resultados das simulações efetuadas, sendo essa mais aberta em relação ao conjunto de salas de aula.

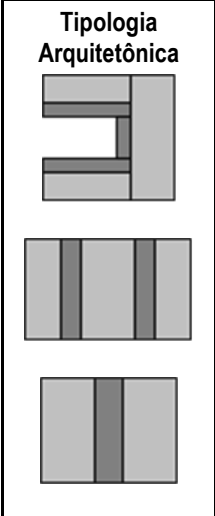
Figura 51- Combinação da tipologia arquitetônica de conjunto de salas em formato de “L” mais o modelo 3.

Tipologia Arquitetônica	Descrição do material de paredes e coberturas	
	Norte	Sul
	<i>Modelo 3</i>	
	Cobertura de telha de barro com forro de concreto/ Parede de tijolos 6 furos quadrados .	94 dias/ano
	271 dias/ano	268 dias/ano

Fonte: Autora, 2012.

Em relação aos 9 modelos simulados, o **modelo 8** se destacou por apresentar mais dias em conforto térmico, nas seguintes tipologias arquitetônicas: **conjunto de salas em formato de “U” voltado para um corredor de circulação**, com 63 dias de conforto térmico, quando exposta à orientação Norte e 64 dias, na orientação Sul; **conjunto duplo de salas voltado para um corredor de circulação e com área coberta central**, com 70 dias de conforto térmico, quando exposta às orientações Norte e Sul; e **conjunto de salas opostas voltado para um corredor de circulação central**, com 82 dias de conforto térmico, quando exposta na orientação Norte e 78 dias, na orientação Sul. (Figura 51) Esse modelo prevaleceu em relação aos outros modelos, apresentando melhores resultados em três das sete tipologias arquitetônicas simuladas. O programa foi sensível às características do sistema construtivo utilizado na cobertura, mostrando a importância da espessura dos componentes para o isolamento térmico das coberturas.

Figura 52- Combinação da tipologia arquitetônica de conjunto de salas em formato de “U”, conjunto duplo de salas de aula com área coberta central e conjunto de salas opostas mais o modelo 8.

Tipologia Arquitetônica	Descrição do material de paredes e coberturas	
	Norte	Sul
	<i>Modelo 8</i>	
	Cobertura de telha de barro com 5,0cm de lã de vidro sobre o forro de madeira/ Parede de tijolos 6 furos quadrados	63 dias/ano 302 dias/ano
	70 dias/ano 295 dias/ano	70 dias/ano 295 dias/ano
	82 dias/ano 283 dias/ano	78 dias/ano 287 dias/ano

Fonte: Autora, 2012.

Os resultados mostram que os materiais de vedações externas recomendados pela NBR 15575-3 (ABNT, 2008) para Maceió-AL apresentaram valores de temperaturas internas do ar acima do limite superior de conforto térmico recomendado (29,1°C) na maior parte do ano, resultando em desconforto térmico para calor. Também foi verificado que não ocorreram diferenças significativas nos resultados quanto à variação das orientações Norte e Sul, o que pode ter acontecido devido ao fato de que a cidade de Maceió apresenta baixa latitude, com raios solares incidindo quase que de forma perpendicular e semelhante nas duas orientações, sendo a diferença entre os ângulos de incidência dos raios solares na superfície da terra, pouco acentuada na relação NORTE-SUL.

Vale salientar que, de modo geral, os modelos e tipologias arquitetônicas simuladas apresentaram poucos dias em conforto térmico em relação aos 365 dias do ano, não atingindo nem 50% de dias em conforto térmico.

Esses resultados reforçam a importância da avaliação de desempenho térmico na concepção de edificações escolares para o clima local.

5 CONCLUSÕES

Esta pesquisa discutiu a adequação de edificações escolares ao contexto climático de Maceió-AL, com vistas ao conforto térmico de seus usuários e um melhor desempenho térmico dessas edificações. Considera-se que a metodologia indicada para o procedimento do trabalho mostrou-se satisfatória, alcançando os objetivos propostos.

Quanto aos resultados obtidos através das simulações computacionais foi verificado que os materiais das vedações externas (paredes e coberturas) recomendados pela NBR 15575-3 (ABNT, 2008) para a Zona Bioclimática 8, a qual se insere a cidade de Maceió-AL obtiveram, de modo geral, resultados desfavoráveis ao longo do ano, principalmente no verão, resultando em temperaturas internas do ar elevadas e, conseqüentemente, causando desconforto térmico para calor. A pesquisa identificou uma grande quantidade de dias/ano de cada tipologia arquitetônica de edificações escolares quanto ao conjunto de salas de aula, de uma maneira geral, fora do limite de conforto térmico recomendado por Peeters et.al (2008).

O uso do programa computacional *Design Builder* como ferramenta para a avaliação do desempenho térmico proporcionou a simulação satisfatória de diferentes arranjos arquitetônicos, com o uso de materiais construtivos diversificados, e, além disso, com a alteração das orientações das fachadas.

Neste contexto, percebe-se que a pesquisa não exauriu o tema e o objeto de estudo em questão, podendo ser fruto de pesquisas complementares a este trabalho a avaliação comparativa do desempenho térmico em edificações escolares incorporando outras combinações, parâmetros e orientações, a fim de testar a sensibilidade do programa para cada uma dessas variáveis.

Vale salientar que, além do desempenho térmico, é necessário relacionar esse aspecto estudado na referente pesquisa, com outros aspectos relevantes, como: iluminação e ventilação natural, acústica, rapidez de execução e economia, e eficiência energética. Todos estes aspectos devem ser considerados nos projetos de edificações escolares a fim de obter benefícios como: economia de energia, criação de condições de conforto térmico interior para os usuários e ajuda no melhor funcionamento do sistema educativo.

A pesquisa buscou ressaltar, enfim, a importância da divulgação desta temática abordada para novos estudos quanto à adequação e elaboração de futuros projetos de

escolas com ambientes mais confortáveis termicamente, eficientes energeticamente e que valorizem o conforto ambiental como aspecto relevante na sua concepção.

REFERÊNCIAS

- ADRIAZOLA, Márcia K. O.; KRUGER, Eduardo L. **Avaliação do desempenho térmico de salas de aula do CEFET-PR, unidade de Curitiba.** In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ANTAC, 2003.
- ARTIGAS, João Batista Vilanova. **Caminhos da arquitetura.** São Paulo: Lech, 1981.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220 Desempenho térmico de edificações (partes 1, 2, 3, 4 e 5).** Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575 Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho (partes 1,4 e 5),** 2010.
- AZEVEDO, G. A. N **Arquitetura escolar e educação: um modelo conceitual de abordagem interacionista.** 2002. Tese (Doutorado). COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.
- _____, BASTOS, L. E. G; RHEINGANTZ, P. A.; VASCONCELLOS, V. M. R.; AQUINO, L. M. L. **Padrões de Infra-estrutura para as Instituições de Educação Infantil e Parâmetros de Qualidade para a Educação Infantil,** Documento Preliminar, Rio de Janeiro, junho de 2004.
- _____; BLOWER, Héliide C. S; BASTOS, L. E. G. AZEVEDO, G. A. N.; BLOWER, H. C. S.; BASTOS, L. E. G. **Escolas de ontem, educação hoje: é possível atualizar usos em projetos padronizados?** Cadernos do PROARQ (UFRJ), v. 11, p. 59-66, 2007.
- BECKER, Rachel; GOLDBERGER, Itamar; PACIUK, Monica; **Improving energy performance of school buildings while ensuring indoor air quality ventilation;** 2006. Disponível em: www.sciencedirect.com. Acesso em: 22 de julho de 2010.
- BERNARDI, N.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. **Avaliação da Interferência Comportamental do Usuário para a Melhoria do Conforto em Ambientes Escolares: Estudo de Caso em Campinas, SP.** In: 4., ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO E 3., ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Livro de Resumo, 2001, Campinas: ANTAC, v. 1.
- BITTENCOURT, Leonardo S.; SACRAMENTO, Alexandre da S.; CÂNDIDO, Christhina; LEAL, Thalianne; **Estudo do desempenho do peitoril ventilado para aumentar a ventilação natural em escolas de Maceió/AL.** AMBIENTE CONSTRUÍDO, Porto Alegre, V7 N3, p. 59-70, 2007.
- _____; LÔBO, D.G.; **A influência da localização das aberturas na ventilação natural de edificações escolares.** In: 5., ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO E ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1999, Fortaleza. **Anais...** ENTAC, 1999.
- _____; MELO, M.C.; FERREIRA, D.B.; **A influência dos protetores solares verticais na iluminação natural de edificações escolares no município de Maceió-Alagoas.** In: 5., ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE

- CONSTRUIDO E ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1999, Fortaleza. **Anais... ENTAC**, 1999.
- BITTENCOURT, Leonardo; CÂNDIDO, Christina; **Introdução à Ventilação Natural**; 2ª edição; ver. E ampl.; Maceió; EDUFAL; 2006.
- BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, Dep. Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas 1961-1990**. Brasília, DNMET, 1992. 84p.
- CALLEGARI, Simara; **Análise do desempenho higro - térmico nas fachadas – estudo de caso**; Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo; Universidade Federal de Santa Catarina. Centro tecnológico, Disciplina de Inovação Tecnológica em Vedações Verticais, 2005
- CASTRO, Carlos Dunham Maciel Siaines de. **O espaço da escola na cidade: CIEP e arquitetura pública escolar**. 2009. 136 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo)-Universidade de Brasília, Brasília, 2009.
- CORBELLA, Oscar e YANNAS, Simos. **Em busca de uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos**:. Rio de Janeiro: Revan. 2003, v.1.
- CORGNATI, Stefano; FILIPPI, Paolo Marco; VIAZZO, Sara; **Perception of the thermal environment in high school and university classrooms: Subjective preferences and thermal comfort**; 2005. Italy. Disponível em: www.sciencedirect.com, Acesso em: 13 de julho de 2010.
- CORREA, Celina Britto; (2001), **Arquitetura bioclimática, adequação do projeto de arquitetura ao meio ambiente natural**; http://www.vitruvius.com.br/drops/drops04_07.asp; Acesso em: 20 de março de 2008.
- COSTA, Ana Márcia Viana da. **Arquitetura adaptada ao clima: análise comparativa dos Centros de Atenção Integral à Criança de Maceió**. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Alagoas.
- _____; **Arquitetura adaptada ao clima: análise comparativa dos Centros de Atenção Integral à Criança de Maceió**. In: 10., ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO E 6., ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2009, Natal. **Anais... Natal, ENCAC-ELACAC**, 2009.
- CUNHA, Eduardo Grala (coord). **Elementos de Arquitetura de Climatização Natural**. 2ed. Passo Fundo: UPF, 2004.
- DIMOUDI, A.; KOSTARELA, P.; **Energy monitoring and conservation potential in school buildings in the C' climatic zone of Greece**; 2008. Disponível em: a www.sciencedirect.com , Acesso em: 04 de julho de 2010.
- EVANS, J. M. **The Comfort Triangles: A New Tool for Bioclimatic Design**. Tese (Doctor of Philosophy). Technische Universiteit Delft. 2007
- FERREIRA, D, B., **A Contribuição da luz natural para a sustentabilidade dos ambientes construídos: o caso das escolas em climas quentes úmidos**. Dissertação de Mestrado Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente -PRODEMA da Universidade Federal de Alagoas- UFAL, Maceió, 2004, 279 p.
- FRANDOLOSO, M.A.L. **Crítérios de projeto para escolas fundamentais bioclimáticas**. 2001. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Programa de Pós-

graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Porto Alegre, 2001.

FUNARI, T. e KOWALTOWSKI, D. C. C. K. **Arquitetura escolar e Avaliação Pós-ocupação** In: 8., ENCONTRO NACIONAL E 4., ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONTRUÍDO, 2005, Maceió. **Anais...** Maceió, ENCAC-ELACAC, 2005.

GEMELLI, Carolina S. B. **Avaliação de Conforto térmico, acústico e lumínico de edificação escolar com estratégias sustentáveis e bioclimáticas: o caso da Escola Municipal de Ensino Fundamental Frei Pacífico**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Porto Alegre, 2009.

GOULART, Solange V.; LAMBERTS, Roberto; FIRMINO, Samanta; **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras** – 2. Ed.; Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC, 1998.

GRAÇA, V. A. C.; KOWALTOWSKI, D. C.; PETRECHE, J. R. D.; **Otimização de projetos das escolas da rede estadual de São Paulo considerando o conforto ambiental**. In: 6., ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2001, São Paulo. **Anais...** ENTAC, 2001.

GRAÇA, V.A.C.; KOWALTOWSKI, D. C.; **Metodologia de avaliação de conforto ambiental com o conceito de otimização multicritério para projetos escolares**; In: 7., ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba, ENCAC, 2003.

GRAÇA, Valéria; KOWALTOWSKI, Doris; PETRECHE, João; **An evaluation method for school building design at the preliminary phase with optimisation of aspects of environmental comfort for the school system of the State São Paulo in Brazil**; 2005. Disponível em: www.sciencedirect.com , Acesso em: 15 de julho de 2010.

JOHN, Vanderley M.; Projeto Finep 2386/04; Projeto Tecnologias para construção habitacional mais sustentável; **Documento - Levantamento do estado da arte: Energia**; São Paulo; 2007.

KOWALTOWSKI, D.C.C.K et al. **O conforto no Ambiente Escolar: Elementos para Intervenção de Melhoria**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: : ANTAC, 2002.

KOWALTOWSKI, D. C.C.K.; LABAKI, L. C.; RUSCHEL, R. C.; BERTOLI, S. R.; PINA, S. A. M.G. **Melhorias do Conforto Ambiental em Edificações Escolares Municipais de Campinas, SP**. Projeto de Pesquisa. Faculdade Engenharia Civil, Unicamp. 1997.

KOWALTOWSKI, Doris K.. **Arquitetura escolar. O projeto do ambiente de ensino**. Oficina de Textos, São Paulo; 1ª edição, 2011.

KRÜGER, Eduardo; ADRIAZOLA, Marcia K.O.; MICHALOSKI, Ariel O; **Desempenho Térmico de Salas de Aula do Cefet-PR**. In: 6., ENCONTRO NACIONAL E 3., ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2001, São Paulo **Anais...** São Paulo, ENCAC, 2001.

LABAKI, L.C.; BARTHOLOMEI, C.L.B. **Avaliação do conforto térmico e luminoso de prédios da rede pública, Campinas-SP**; In: ENCONTRO NACIONAL E III ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2001, São Paulo **Anais...** São Paulo, ENCAC, 2001.

LIBÂNEO, José C. **Tendências pedagógicas na prática social**. In: Democratização da escola pública. São Paulo, Loyola, 1985.

MELATTI, Sheila P. P. C. **A arquitetura escolar e a prática pedagógica**. 2004. 120 f. Dissertação (mestrado) - Universidade do Estado de Santa Catarina Centro de Ciências Tecnológicas – CCT - UDESC/SOCIESC, Joinville.

MELLENDEZ, Adilson; **Escolar Modular; (2004)**. Disponível em:

<http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/teresa-rosolem-de-vassimon-escolas-publicas-21-10-2004.html>, Acesso em: 22 de junho de 2010.

_____; **Desenho do centro educacional rompe caos urbano desolador (2007)**;

<http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/brasil-arquitetura-escola-publica-10-04-2007.html>, Acesso em: 11 de junho de 2010.

MIMBACAS, Alicia; LEITÃO, E. S.; REIS, A.; LAY, M.C. **Avaliação de Desempenho Térmico, Lumínico e Acústico – Escola Padrão de Alvenaria (EPA) e Projeto Nova Escola (PNE)**. VII Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído; In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1998, Florianópolis **Anais...** Florianópolis, ENTAC, 1998.

Ministério da Educação. Fundo de Fortalecimento da Escola - FUNDESCOLA.. Espaços educativos. Ensino fundamental, **Subsídios para elaboração de projetos e Adequação de edificações escolares**. Caderno Técnico 4. Vol.1 Brasília, 2002.

Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior. **Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ) para eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos**. RCQ-C 2. Brasília, 2009.

NOGUEIRA, Roselene de A.M. F. **Arquitetura escolar estadual paulista: o desafio do conforto ambiental**. Dissertação (Mestrado-Tecnologia da Arquitetura). Universidade de São Paulo,- FAUUSP. São Paulo, 2011.

OLGYAY, V. **Arquitetura y clima – manual de diseño bioclimatico para arquitectos y urbanistas**. Barcelona, Ed. Gustavo gili S.A. 1998.

PASSOS, Isabela Cristina da Silva. **Clima e arquitetura habitacional em Alagoas : estratégias bioclimáticas para Maceió, Palmeira dos Índios e Pão de Açúcar** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação Dinâmicas do Espaço Habitado – DEHA. Universidade Federal de Alagoas – UFAL. Maceió-AL, 2009.

PAIXÃO, Dinara X. da. **Análise das condições acústicas em salas de aula**. 1997. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

PEREZ, Yael Valerie; CAPELUTO, Isaac Guedi; **Climatic considerations in school building design in the hot-humid climate for reducing energy consumption**;2008. Disponível em: [www.elsevier.com/ locate/apenergy](http://www.elsevier.com/locate/apenergy), Acesso em: 180 de julho de 2010.

PEETERS, Leen; DEDEAR, Richard; HENSEN, Jan; D'HAESELEER. **Thermal comfort in residential buildings: Comfort values and scales for building energy simulation.** Applied Energy 86 (2009) 772–780. ScienceDirect. Disponível em: www.elsevier.com/locate/apenergy. Acesso em: 18 de março de 2011.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO GRANDE, **Lei Municipal N° 1866**, institui normas relativas à execução de obras do Município de Campo Grande- MS (1979), disponível em: <http://www.iab.org.br/images/stories/codigodeobrancampogrande.pdf>, Acesso em: 30 de agosto de 2011.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA, **Lei Municipal N° 1347**, institui normas relativas à execução de obras do Município de João Pessoa-PB (2001), disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/35039985/Joao-Pessoa-Lei-1347-de-27-04-71>, Acesso em: 02 de agosto de 2011.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MACEIÓ, **Lei Municipal N° 5.593, de 08 de Fevereiro de 2007**. Institui o Código de Urbanismo e Edificações do Município de Maceió. Disponível em: <http://www.maceio.al.gov.br>. Acesso em: 24 de agosto de 2010.

PROJETODESIGN; **Hospitais: anos 90**; 2001; Disponível em: <http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/hospitais-anos-90-08-02-2001.html>; Acesso em: 15 de agosto de 2011.

RIBEIRO, S. L. **Espaço escolar: Um elemento (in) visível no currículo.** Sitientibus. Revista da Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana - BA, v. 31, p. 103-118, 2004.

RORIZ, Maurício; GHISI, Eneidir; LAMBERTS, Roberto. **Um zoneamento bioclimático para a arquitetura no Brasil.** 2001. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <http://www.google.com.br/#q=Um+zoneamento+bioclim%C3%A1tico+para+a+arquitetura+no+Brasil&hl=ptBR&biw=1024&bih=578&ei=o5GkTJuHLML98AaCl635AQ&start=20&sa=N&fp=b5795d582281b2b0>, Acesso em: 11 de maio de 2010.

SANTAMOURIS, M.; MIHALAKAKOU, G; PATARGIAS, P.; GAITANI, N.; SFAKIANAKI, K.; PAPAGLASTRA, M.; PAVLOU, C.; DOUKAS, P.; PRIMIKIRI, E.; GEROS, V.; ASSIMAKOPOULOS, M.N.; MITOULA, R.; ZEREFOS, S.; **Using intelligent clustering techniques to classify the energy performance of school buildings**; 2006. Disponível em: www.sciencedirect.com, Acesso em: 07 de julho de 2010.

SANTOS, Flávia M.; **Análise de desempenho térmico e lumínico em uma escola pública na cidade de Cuiabá/MT: estudo de caso.** 2008. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT, 2008.

SANTOS, Joaquim P.; **Conforto ambiental no Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria**; In: VII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1998, Florianópolis-SC, Anais... Florianópolis-SC, 1998.

THEODOSIOU, T.G.; ORDOUMPOZANIS, K.T.; **Energy, comfort and indoor air quality in nursery and elementary school buildings in the cold climatic zone of Greece**; Greece, 2008. Disponível em: www.sciencedirect.com, Acesso em: 01 de julho de 2010.

THEODOSIOU, T.G.; ORDOUMPOZANIS, K.T. ; **Energy, comfort and indoor air quality in nursery and elementary school buildings in the cold climatic zone of Greece**; Greece, 2009. Disponível em: www.sciencedirect.com, Acesso em: 06 de julho de 2010.

TRAPANO, Patrizia Di; BASTOS, L.; **Qualidade ambiental e concepção arquitetônica - um estudo de caso: Renzo Piano/Centro Cultural Jean-Marie Tijbaou**; disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arc000/esp406.asp>; Texto Especial 406 – março 2007, Acesso em: 18 de novembro de 2009.

TUBELO, Renata C. S. **Análise do desempenho térmico de edificações escolares : estudo de caso do Centro de Educação Profissional do Vale do Caí e da Escola de Ensino Fundamental Frei Pacífico**. 2011. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Porto Alegre-RS, 2011.

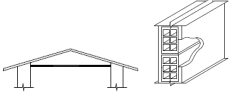
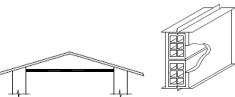
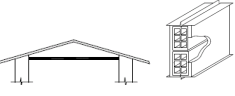
VENÂNCIO, Raoni; **Treinamento para o Programa Design Builder versão 2.0**; Laboratório de Conforto Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia - Departamento de Arquitetura e Urbanismo. 2005.

VIGGIANO, Mário Hermes Stanziona, (2000) **Tecnologia e arquitetura bioclimática**; Disponível em: <http://www.casaautonoma.com.br/textos/tecnologiaearquiteturabioclimatica.htm>; Acesso em: 04 de março 2008.

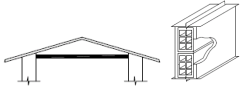
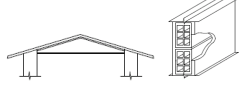



VISSILIA, A.M.; **Bioclimatic lessons from James C. Rose's architecture**; Greece, 2008. Disponível em: www.sciencedirect.com, Acesso em: 08 de julho de 2010.

WONG, Nyuk Hien; KHOO, Shan Shan; **Thermal comfort in classrooms in the tropics**; Singapore; 2002. Disponível em: www.sciencedirect.com , Acesso em: 03 de julho de 2010.



APÊNDICE A- Tabela resumo das simulações quanto às tipologias arquitetônicas escolares e as vedações externas (paredes e coberturas), com os dias de conforto térmico, desconforto térmico para frio e para calor.

Descrição do material de paredes e coberturas	Tipologia Arquitetônica													
	A		B		C		D		E		F		G	
	Norte	Sul	Norte	Sul	Norte	Sul	Norte	Sul	Norte	Sul	Norte	Sul	Norte	Sul
1. Cobertura de telha de barro com forro de madeira/ Parede de tijolos 6 furos quadrados: 	47 dias/ ano 2 dias/ano	46 dias/ ano 2 dias/ano	37 dias/ ano 2 dias/ano	37 dias/ ano 2 dias/ano	49 dias/ ano	46 dias/ ano	41 dias/ ano 2 dias/ano	41 dias/ ano 2 dias/ano	53 dias/ ano	48 dias/ ano	49 dias/ ano	53 dias/ ano	47 dias/ ano	42 dias/ ano
	316 dias/ano	317 dias/ano	326 dias/ano	326 dias/ano	320 dias/ano	319 dias/ano	322 dias/ano	322 dias/ano	312 dias/ano	317 dias/ano	316 dias/ano	312 dias/ano	318 dias/ano	323 dias/ano
2. Cobertura de telha de fibrocimento com forro de madeira/ Parede de tijolos 6 furos quadrados: 	47 dias/ ano 2 dias/ano	46 dias/ ano 2 dias/ano	39 dias/ ano 2 dias/ano	39 dias/ ano 2 dias/ano	46 dias/ ano	47 dias/ ano	41 dias/ ano 2 dias/ano	41 dias/ ano 2 dias/ano	53 dias/ ano	48 dias/ ano	42 dias/ ano	42 dias/ ano	38 dias/ ano	38 dias/ ano
	316 dias/ano	317 dias/ano	324 dias/ano	324 dias/ano	319 dias/ano	318 dias/ano	322 dias/ano	322 dias/ano	312 dias/ano	317 dias/ano	323 dias/ano	323 dias/ano	327 dias/ano	327 dias/ano
3. Cobertura de telha de barro com forro de concreto/ Parede de tijolos 6 furos quadrados: 	47 dias/ ano 2 dias/ano	45 dias/ ano 2 dias/ano	36 dias/ ano 2 dias/ano	36 dias/ ano 2 dias/ano	45 dias/ ano	46 dias/ ano	41 dias/ ano 2 dias/ano	41 dias/ ano 2 dias/ano	44 dias/ ano	43 dias/ ano	94 dias/ ano	97 dias/ ano	42 dias/ ano	42 dias/ ano
	316 dias/ano	318 dias/ano	327 dias/ano	327 dias/ano	320 dias/ano	319 dias/ano	322 dias/ano	322 dias/ano	321 dias/ano	322 dias/ano	271 dias/ano	268 dias/ano	323 dias/ano	323 dias/ano

(Continuação)

4.Cobertura de telha de fibrocimento com forro de concreto Parede de tijolos 6 furos quadrados: 	47 dias/ ano 2 dias/ano	45 dias/ ano 2 dias/ano	36 dias/ ano 2 dias/ano	36 dias/ ano 2 dias/ano	40 dias/ ano	40 dias/ ano	41 dias/ ano 2 dias/ano	41 dias/ ano 2 dias/ano	44 dias/ ano	43 dias/ ano	55 dias/ ano	57 dias/ ano	37 dias/ ano	37 dias/ ano
	316 dias/ano	318 dias/ano	327 dias/ano	327 dias/ano	325 dias/ano	325 dias/ano	322 dias/ano	322 dias/ano	321 dias/ano	322 dias/ano	310 dias/ano	308 dias/ano	328 dias/ano	328 dias/ano
5.Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de madeira/ Parede de tijolos 6 furos quadrados: 	48 dias/ ano 2 dias/ano	46 dias/ ano 2 dias/ano	36 dias/ ano 2 dias/ano	36 dias/ ano 2 dias/ano	65 dias/ ano	65 dias/ ano	41 dias/ ano 2 dias/ano	41 dias/ ano 2 dias/ano	72 dias/ ano	68 dias/ ano	68 dias/ ano	71 dias/ ano	50 dias/ ano	51 dias/ ano
	315 dias/ano	317 dias/ano	327 dias/ano	327 dias/ano	300 dias/ano	300 dias/ano	322 dias/ano	322 dias/ano	293 dias/ano	297 dias/ano	297 dias/ano	294 dias/ano	315 dias/ano	314 dias/ano
6.Cobertura de telha de fibrocimento, lâmina de alumínio polido e forro de madeira/ Parede de tijolos 6 furos quadrados: 	48 dias/ ano 2 dias/ano	46 dias/ ano 2 dias/ano	36 dias/ ano 2 dias/ano	36 dias/ ano 2 dias/ano	62 dias/ ano	62 dias/ ano	41 dias/ ano 2 dias/ano	41 dias/ ano 2 dias/ano	72 dias/ ano	68 dias/ ano	68 dias/ ano	68 dias/ ano	51 dias/ ano	52 dias/ ano
	315 dias/ano	317 dias/ano	327 dias/ano	327 dias/ano	303 dias/ano	303 dias/ano	322 dias/ano	322 dias/ano	293 dias/ano	297 dias/ano	297 dias/ano	297 dias/ano	314 dias/ano	313 dias/ano
7.Cobertura de telha de barro com 2,5cm de lâ de vidro sobre o forro de madeira/ Parede de tijolos 6 furos quadrados: 	48 dias/ ano 2 dias/ano	46 dias/ ano 2 dias/ano	36 dias/ ano 2 dias/ano	36 dias/ ano 2 dias/ano	61 dias/ ano	61 dias/ ano	41 dias/ ano 2 dias/ano	41 dias/ ano 2 dias/ano	72 dias/ ano	71 dias/ ano	73 dias/ ano	73 dias/ ano	55 dias/ ano	57 dias/ ano
	315 dias/ano	317 dias/ano	327 dias/ano	327 dias/ano	304 dias/ano	304 dias/ano	322 dias/ano	322 dias/ano	293 dias/ano	294 dias/ano	292 dias/ano	292 dias/ano	310 dias/ano	308 dias/ano
8.Cobertura de telha de barro com 5,0cm de lâ de vidro sobre o forro de madeira/ Parede de tijolos 6 furos 	48 dias/ ano 2 dias/ano	46 dias/ ano 2 dias/ano	36 dias/ ano 2 dias/ano	36 dias/ ano 2 dias/ano	70 dias/ ano	70 dias/ ano	41 dias/ ano 2 dias/ano	41 dias/ ano 2 dias/ano	82 dias/ ano	78 dias/ ano	78 dias/ ano	79 dias/ ano	63 dias/ ano	64 dias/ ano

(Continuação)

quadrados:														
	315 dias/ano	317 dias/ano	327 dias/ano	327 dias/ano	295 dias/ano	295 dias/ano	322 dias/ano	322 dias/ano	283 dias/ano	287 dias/ano	287 dias/ano	286 dias/ano	302 dias/ano	301 dias/ano
9. Cobertura de telha de barro com forro de concreto/ Parede de tijolos maciços:	55 dias/ ano	55 dias/ ano	36 dias/ ano	36 dias/ ano	55 dias/ ano	55 dias/ ano	41 dias/ ano	41 dias/ ano	65 dias/ ano	64 dias/ ano	62 dias/ ano	64 dias/ ano	45 dias/ ano	47 dias/ ano
	2 dias/ano	2 dias/ano	2 dias/ano	2 dias/ano			2 dias/ano	2 dias/ano						
	308 dias/ano	308 dias/ano	327 dias/ano	327 dias/ano	310 dias/ano	310 dias/ano	322 dias/ano	322 dias/ano	300 dias/ano	301 dias/ano	303 dias/ano	301 dias/ano	320 dias/ano	318 dias/ano

Legenda:

Dias de desconforto térmico para frio

Dias de Conforto térmico

Dias de desconforto térmico para calor

Resultado mais favorável

