



Centro de Educação  
Campus Universitário  
Cidade Universitária  
Recife-PE/BR CEP: 50.670-901  
Fone/Fax: (81) 2126-8952  
E. Mail: [edumatec@ufpe.br](mailto:edumatec@ufpe.br)  
[www.ufpe.br/ppgedumatec](http://www.ufpe.br/ppgedumatec)

**ALEXANDRE BRAZ DE MACÊDO**

**AMBIENTES DIGITAIS DE PROJETAÇÃO:  
UM ESTUDO DA HABILIDADE EM ESTUDANTES DE ARQUITETURA COM A  
SIMULAÇÃO DO SOMBREAMENTO E DA VENTILAÇÃO PARA  
A CIDADE DO RECIFE**

**Recife  
2010**

**ALEXANDRE BRAZ DE MACÊDO**

**AMBIENTES DIGITAIS DE PROJETAÇÃO:  
UM ESTUDO DA HABILIDADE EM ESTUDANTES DE ARQUITETURA COM A  
SIMULAÇÃO DO SOMBREAMENTO E DA VENTILAÇÃO PARA  
A CIDADE DO RECIFE**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Matemática e Tecnológica da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Educação Matemática e Tecnológica.

Orientadora: **Profa. Dra. Verônica Gitirana Gomes Ferreira**

Recife  
2010

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Maria Janeide Pereira da Silva, CRB4-1262

M141a Macêdo, Alexandre Braz de  
Ambientes digitais de projeção : um estudo da habilidade em estudantes de Arquitetura com a simulação do sombreamento e da ventilação para a Cidade do Recife / Macêdo, Alexandre Braz de – Recife: O autor, 2010.  
157p. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Profª. Drª. Verônica Gitirana Gomes Ferreira  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CE.  
Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica, 2010.  
Inclui bibliografia

1. Educação - Tecnologia. 2. Arquitetura – Ensino. 3. Arquitetura – Ensino Superior. 4. Arquitetura – Fundamentos. 5. Meio Ambiente - Conforto ambiental. 6. Estética. I. UFPE – Pós-graduação. II. Ferreira, Verônica Gitirana Gomes (Orientadora). III. Título.

378.358 CDD (22.ed.)

UFPE (CE2010-86)



ALUNO

ALEXANDRE BRAZ DE MACÊDO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO

“Ambientes Digitais de Projetação: Um estudo do desenvolvimento de habilidades em estudantes de arquitetura com a simulação do sombreamento e da ventilação para a Cidade do Recife.”

COMISSÃO EXAMINADORA:

Presidente e Orientador  
Prof.ª. Dr.ª. Verônica Gitirana Gomes Ferreira

Examinador Externo  
Prof. Dr. Ruskin Marinho de Freitas

Examinador Interno  
Prof. Dr. Franck Gilbert René Bellemain

Recife, 30 de setembro de 2010.

Este trabalho é dedicado ao meu pai, em memória, à minha mãe,  
à minha mulher Marize  
e aos meus filhos: Hugo, Gabriel e Sophia.  
Cada um, ao seu modo, sempre ao meu lado.

## AGRADECIMENTOS

À Professora Dra. Verônica Gitirana, que, além de tudo, é capaz de entender a natureza humana de seus orientandos.

À minha irmã Dra. Taciana Braz de Macêdo, mais que uma irmã, é minha médica e é uma das pessoas mais importantes em minha vida.

Ao colega Professor Dr. Ruskin Freitas, que sempre me deu apoio em todas as questões relativas a esta pesquisa.

Ao professor Franck Bellemain, sempre disponível nos momentos em que precisei de seus conhecimentos.

Ao professor Gildo Montenegro, um sábio homem que sempre dedicou um tempo para as nossas ideias.

Ao professor Dr. Ney Dantas, que sempre esteve disponível com preciosos questionamentos que me fizeram sempre repensar os caminhos a seguir.

Ao professor Dr. Sérgio Abranches, professor capaz de ver detalhes e ampliar minhas ideias com preciosas palavras.

À professora Dra. Auxiliadora Padilha, que sempre com seus conhecimentos me acalmava apontando caminhos.

À minha queridíssima Tia Lelei e seu esposo Gusmão, que com seus aconselhamentos simples, práticos e muito sábios, me guiaram pelo único caminho certo.

Ao Professor Dr. José Francisco de Albuquerque, que me fez descobrir os fatos como eles são.

A minha Tia Lelé que sempre está no lugar certo na hora certa.

À minha Tia Netta, mesmo de longe, sempre em sincronia para os estudos e encontros de vida.

À professora Flávia Suassuna, que, com seus conhecimentos ajudou a expressar-me por meio da língua portuguesa.

A bibliotecária Maria Janeide, uma pessoa muito especial que me ajudou nas regras do texto científico.

Ao amigo Pery Carvalho Júnior, que me ajudou nas dúvidas da língua inglesa.

A todos os professores que compõem o Programa de Pós-graduação em Educação Matemática e Tecnológica. Graças aos quais, agora sei certamente onde buscar conceitos sobre educação.

A todos os colegas do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica da UFPE, especialmente aqueles que me fizeram pensar.

Ao Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFPE, que permitiu que eu desenvolvesse esta pesquisa.

À UFPE, que sempre me deu o privilégio de ser seu estudante de arquitetura, professor de arquitetura e novamente estudante, no curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica no Centro de Educação.

A todos os estudantes de arquitetura, que me permitiram utilizar seus estudos com quem aprendi mais do que poderia imaginar.

E ainda especialmente às seguintes pessoas:

Adriana Mércia, Ana Catarina Grosso, Arlene Porfírio, Professor Cesar Cavalcanti, Conceição Barros, Eliane Bento, Professora Fátima Cruz, Francisca Silva, Francisco José, Professora Gilda Lisbôa Guimarães, Professora Lialda Cavalcanti, Maria Clara, Mércia Ian Lacerda, Professora Nira Mutchnik, Professora Patrícia Smith, Valdir Barros, e muitas outras pessoas igualmente importantes que jamais poderei esquecer.

## RESUMO

Os estudantes de Arquitetura utilizam normalmente ambientes digitais de projeção que permitem simular, por meio de softwares gráficos por manipulação direta, as formas e os espaços que definem composições arquitetônicas. Esta pesquisa tem por objetivo investigar a habilidade do estudante de uma faculdade pública de arquitetura, quanto à geração da forma e do espaço arquitetônico adequados à Cidade do Recife na fase de concepção volumétrica, por meio da simulação do sombreamento e da entrada e saída da ventilação. Para tanto, foi elaborado um estudo de caso através de um experimento aplicado em 14 estudantes de arquitetura, dos quais metade é do segundo semestre e a outra metade cursa entre o oitavo e décimo semestre da mesma instituição. Cada estudante, individualmente, desenvolveu um projeto de um volume de uma escola pública infantil, com horário de funcionamento das nove às quinze horas e estabelecida uma situação climatológica semelhante a da Cidade do Recife. Dois princípios bioclimáticos essenciais, limitados ao horário de funcionamento da escola, foram solicitados na tarefa – o sombreamento e a permeabilidade à ventilação. Após a análise das tarefas, verificou-se que os sujeitos do grupo do segundo semestre responderam melhor às solicitações para a proteção do espaço da insolação direta, bem como para o aproveitamento da ventilação natural, por meio de estratégias de projeção e recursos de forma simulados digitalmente. Já o outro grupo de estudantes, entre o oitavo e décimo período, mesmo reconhecendo os conceitos bioclimáticos, as estratégias e os recursos, e tendo igualmente as utilizadas simulações digitais, optou por aspectos visuais arquitetônicos em detrimento da habitabilidade.

*Palavras-chave:* Ensino de Arquitetura, Projeto de Arquitetura Auxiliado por Computador, Conforto Térmico, Aparência Arquitetônica

## ABSTRACT

Architecture Students usually use digital design environments that allow to simulate, through graphical software with direct manipulation, shapes and spaces that define architectural compositions. This research aims to investigate the development of student's skills at a state college of architecture, in relation to shape and architectural space suitable for the city of Recife in the conceptual design phase, by simulating the shading and the inlet and outlet ventilation. To this end, a case study was designed with an experiment overtaken by 14 students of architecture, of which half is in the second semester, and the other half is in between the eighth and tenth semester at the same institution. Each student, individually, developed a design of a volume from a public elementary school child, with operating hours from 9:00 a.m to 3:00 p.m, and established a climatological situation similar to the City of Recife. Two essential bioclimatic principles, limited to school operation hours, were asked in the task – namely shading and ventilation permeability. The analysis of the task results revealed that the subjects, in the team of the second semester, responded better to the demands for protection of the area with direct sunlight, as well as the use of natural ventilation by means of design strategies and form resources, simulated digitally. As regards to the other group, in between the eighth and tenth semester, even though recognizing the bioclimatic concepts, strategies, resources, and equally using digital simulations, chose architectural visuals at the expense of Habitability.

Keywords: Architectural Education, Computer Aided Architectural Design, Thermal Comfort, Architectural Appearance.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Imagem produzida por estudante em fase final do curso .....	18
Figura 2 - Esboço e obra construída do arquiteto Franck Gehry .....	26
Figura 3 - Estudos preliminares e imagem por satélite de Brasília .....	27
Figura 4 - Quatro fases dos ambientes digitais de projeção arquitetônica .....	30
Figura 5 - Maquete conceitual feita de papelão e madeira .....	36
Figura 6 - Vistas ortográficas .....	37
Figura 7 - Composição arquitetônica por meio de desenhos ortográficos .....	38
Figura 8 - Maquete Digital de Alta Resolução .....	39
Figura 9 - Maquete Digital Conceitual.....	39
Figura 10 - Interface gráfica do SketchUp.....	42
Figura 11 - Tela de abertura do Sketchup .....	43
Figura 12 - Caixa de diálogo do Sketchup .....	44
Figura 13 - Modelo produzido no Sketchup .....	47
Figura 14 - Modelo produzido no Sketchup .....	49
Figura 15 - Modelagem de um prisma de base quadrada .....	49
Figura 16 - Foto do tratado Os Quatro Livros de Arquitetura .....	52
Figura 17 - Imagem de satélite da Cidade do Recife .....	54
Figura 18 - variação das temperaturas ao longo dos meses .....	55
Figura 19 - Índices de umidade relativa do ar para todo o Brasil .....	57
Figura 20 - Velocidades predominantes da ventilação.....	58.
Figura 21 - Frequências predominantes da ventilação.....	58
Figura 22 - Movimento do sol (simplificado), e os ventos amenos predominantes	59
Figura 23 - Três momentos que apresentam incidência solar .....	61
Figura 24 - Parede exposta a insolação direta no Oeste. ....	66
Figura 25 - Entrada de insolação .....	67
Figura 26 - Laje plana com altura baixa. ....	68
Figura 27 - Imagem de um pano de vidro desprotegido .....	69
Figura 28 - Um plano de material reflexivo.....	70
Figura 29 - Espaço sem aberturas para entrada ou saída da ventilação .....	71
Figura 30 - Descrição da Tarefa .....	79
Figura 31 - Terreno para o desenvolvimento da Tarefa .....	80

Figura 32 - Apresentação das referências de imagens na Tarefa Arquitetônica ....	82
Figura 33 - Imagens de referências .....	83
Figura 34 - Venezianas e combogós .....	83
Figura 35 - Sugestões de cobertas apresentadas na Tarefa.....	84
Figura 36 - Simulação de Sombreamento às 9h.....	88
Figura 37 - Simulação do sombreamento às 12h.....	89
Figura 38 - Simulação de sombreamento às 15h.....	89
Figura 39 - Sentido da ventilação.....	90
Figura 40 - Convenção de sinais utilizados nas análises.....	91
Figura 41 - Vista do modelo do sujeito A1.....	92
Figura 42 - Vista do modelo do sujeito A1.....	92
Figura 43 - Vista do modelo do sujeito A1.....	93
Figura 44 - Vista do modelo do sujeito A1.....	93
Figura 45 - Vista do modelo do sujeito A1.....	94
Figura 46 - Vista do modelo do sujeito A1.....	94
Figura 47 - Vista do modelo do sujeito A1.....	95
Figura 48 - Vista do modelo do sujeito A1.....	95
Figura 49 - Vista do modelo do sujeito A1.....	96
Figura 50 - Vista do modelo do sujeito A2.....	97
Figura 51 - Vista do modelo do sujeito A2.....	97
Figura 52 - Vista do modelo do sujeito A2.....	98
Figura 53 - Vista do modelo do sujeito A2.....	99
Figura 54 - Vista do modelo do sujeito A3.....	100
Figura 55 - Vista do modelo do sujeito A3.....	101
Figura 56 - Vista do modelo do sujeito A3.....	101
Figura 57 - Vista do modelo do sujeito A4.....	102
Figura 58 - Vista do modelo do sujeito A4.....	102
Figura 59 - Vista do modelo do sujeito A4.....	103
Figura 60 - Vista do modelo do sujeito A4.....	103
Figura 61 - Vista do modelo do sujeito A4.....	103
Figura 62 - Vista do modelo do sujeito A4.....	104
Figura 63 - Vista do modelo do sujeito A5.....	105
Figura 64 - Vista do modelo do sujeito A5.....	105
Figura 65 - Vista do modelo do sujeito A5.....	106

Figura 66 - Vista do modelo do sujeito A5.....	106
Figura 67 - Vista do modelo do sujeito A5.....	107
Figura 68 - Vista do modelo do sujeito A6.....	108
Figura 69 - Vista do modelo do sujeito A6.....	108
Figura 70 - Vista do modelo do sujeito A6.....	109
Figura 71 - Vista do modelo do sujeito A6.....	109
Figura 72 - Vista do modelo do sujeito A6.....	110
Figura 73 - Vista do modelo do sujeito A6.....	111
Figura 74 - Vista do modelo do sujeito A7.....	112
Figura 75 - Vista do modelo do sujeito A7.....	112
Figura 76 - Vista do modelo do sujeito A7.....	113
Figura 77 - Vista do modelo do sujeito A7.....	113
Figura 78 - Vista do modelo do sujeito A7.....	114
Figura 79 - Vista do modelo do sujeito A7.....	114
Figura 80 - Vista do modelo do sujeito A7.....	115
Figura 81 - Vista do modelo do sujeito A7.....	115
Figura 82 - Vista do modelo do sujeito B1 .....	120
Figura 83 - Vista do modelo do sujeito B1 .....	121
Figura 84 - Vista do modelo do sujeito B1 .....	121
Figura 85 - Vista do modelo do sujeito B1 .....	122
Figura 86 - Vista do modelo do sujeito B1 .....	122
Figura 87 - Vista do modelo do sujeito B1.....	123
Figura 88 - Vista do modelo do sujeito B1 .....	123
Figura 89 - Vista do modelo do sujeito B2 .....	124
Figura 90 - Vista do modelo do sujeito B2 .....	125
Figura 91 - Vista do modelo do sujeito B2 .....	125
Figura 92 - Vista do modelo do sujeito B3 .....	127
Figura 93 - Vista do modelo do sujeito B3 .....	127
Figura 94 - Vista do modelo do sujeito B3 .....	128
Figura 95 - Vista do modelo do sujeito B3 .....	128
Figura 96 - Vista do modelo do sujeito B3 .....	129
Figura 97 - Vista do modelo do sujeito B4 .....	129
Figura 98 - Vista do modelo do sujeito B4 .....	130
Figura 99 - Vista do modelo do sujeito B5 .....	131

Figura 100 - Vista do modelo do sujeito B5 .....	131
Figura 101 - Vista do modelo do sujeito B5 .....	132
Figura 102 - Vista do modelo do sujeito B5 .....	132
Figura 103 - Vista do modelo do sujeito B5 .....	133
Figura 104 - Vista do modelo do sujeito B6 .....	134
Figura 105 - Vista do modelo do sujeito B6 .....	135
Figura 106 - Vista do modelo do sujeito B6 .....	135
Figura 107 - Vista do modelo do sujeito B6 .....	136
Figura 108 - Vista do modelo do sujeito B6 .....	136
Figura 109 - Vista do modelo do sujeito B7 .....	138
Figura 110 - Vista do modelo do sujeito B7 .....	138
Figura 111 - Vista do modelo do sujeito B7 .....	139
Figura 112 - Vista do modelo do sujeito B7 .....	139
Figura 113 - Vista do modelo do sujeito B7 .....	140
Figura 114 - Vista do modelo do sujeito B7 .....	140
Figura 115 - Vista do modelo do sujeito B7 .....	141

## LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1 - Os Três Eixos Teóricos que Baseiam o Estudo.....	20
Diagrama 2 - Esquema Apresentando a Estrutura dos Capítulos da Pesquisa.....	21
Diagrama 3 - Fases da Projetação Arquitetônica.....	27
Diagrama 4 - Recursos Utilizados para a Concepção Arquitetônica.....	34
Diagrama 5 - Indicação das estações e Períodos mais Quentes e Amenos.....	56
Diagrama 6 - Estruturação do Método aplicado na pesquisa.....	72
Diagrama 7 - Relação entre o Professor e Pesquisador .....	76
Diagrama 8 - Tarefas Utilizada no experimento.....	77
Diagrama 9 - Estruturação para Análise dos Dados .....	86

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Estações do ano no hemisfério sul .....	56
Quadro 2 - Estratégias de projeção identificadas no Grupo A .....	118
Quadro 3 - Recursos de forma identificados no Grupo A .....	118
Quadro 4 - Improriedades identificadas no Grupo A .....	119
Quadro 5 - Estratégias de projeção identificadas no Grupo B.....	142
Quadro 6 - Recursos de forma identificados no Grupo B .....	143
Quadro 7 - Improriedades identificadas no Grupo B .....	144
Quadro 8 - Comparativo das estratégias de projeção entre os Grupos A e B ....	146
Quadro 9 - Comparativo dos recursos de forma entre os Grupos A e B .....	147
Quadro 10 - Comparativo das improriedades entre os Grupos A e B .....	147

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>18</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>23</b>
2.1 Objetivo Geral .....	23
2.2 Objetivos Específicos .....	23
<b>3.AMBIENTES DIGITAIS DE PROJETAÇÃO ARQUITETÔNICA</b> .....	<b>24</b>
3.1 Projetação Arquitetônica Assistida por Computador .....	24
3.2 Fases da Projetação .....	27
3.2.1 Programa Arquitetônico .....	27
3.2.2 Estudos Preliminares – Esboços .....	28
3.2.3 Anteprojeto .....	29
3.2.4 Projeto Executivo .....	29
3.2.5 Detalhamento e Projeto Complementares .....	29
3.3 Evolução dos Ambientes Digitais de Projetação .....	30
3.3.1 Prancheta Digital .....	30
3.3.2 Modelagem por Vetores .....	31
3.3.3 Modelagem por Objetos .....	31
3.3.4 Modelagem por Manipulação Direta .....	31
3.4 Instrumentos para a Concepção Arquitetônica .....	32
3.4.1 Esboço .....	34
3.4.2 Maquetes Conceituais Físicas .....	35
3.4.3 Desenhos Ortográficos .....	37
3.4.4 Maquetes Conceituais Digitais .....	38
3.5 Critérios Para Seleção do Software .....	40
3.5 Interface Gráfica do Skecthup .....	42
3.5.2 Simulação do Sombreamento E Ventilação .....	44
3.5.2.1 Simulação da Proteção A Insolação (Sombreamento) .....	44
3.5.2.2 Simulação da Ventilação .....	45
3.6 A Natureza dos Materiais Simulados e os Aspectos Visuais na Arquitetura ....	46
3.6 1 Os Materiais Simulados .....	46
3.6.2 Os Aspectos Visuais .....	50
<b>4 FORMA E ESPAÇO PARA O RECIFE</b> .....	<b>54</b>
4.1 Princípios Bioclimáticos .....	55

4.1.1 Proteção Contra a Insolação Direta .....	60
4.1.2 Aproveitamento Da Ventilação Natural .....	62
4.2 Estratégias de Projetação .....	62
4.3 Recursos de Forma .....	62
4.4 Situações Impróprias Que Devem Ser Evitadas .....	66
<b>5 MÉTODO .....</b>	<b>72</b>
5.1 Estrutura Metodológica .....	72
5.2 Etapas. ....	73
5.3 Sujeitos .....	74
5.3.1 Critérios Para a Seleção de Sujeitos .....	74
5.3.2 Relação Professor – Pesquisador .....	75
5.4 Experimentação .....	76
5.5.1 Descrição das Tarefas Aplicadas na Disciplina .....	77
5.5.2 Tarefa Arquitetônica: Uma Escola Pública Infantil .....	78
5.5.3 Enunciado da Tarefa .....	80
5.6 Dados Coletados .....	85
<b>6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS.....</b>	<b>86</b>
6.1 Análises dos Resultados das Tarefas.....	91
6.1.1 Análise dos Resultados dos Sujeitos do Grupo A (2º Período) .....	91
6.1.1.1 Análise de Sujeito A1 .....	92
6.1.1.2 Análise de Sujeito A2 .....	97
6.1.1.3 Análise de Sujeito A3 .....	100
6.1.1.4 Análise de Sujeito A4 .....	102
6.1.1.5 Análise de Sujeito A5 .....	105
6.1.1.6 Análise de Sujeito A6 .....	108
6.1.1.7 Análise de Sujeito A7 .....	112
6.1.2 Síntese dos Resultados do Grupo A .....	116
6.1.3 Análise dos Resultados dos Sujeitos do Grupo B (8º-10º Período).....	120
6.1.3.1 Análise de Sujeito B1 .....	120
6.1.3.2 Análise de Sujeito B2 .....	124
6.1.3.3 Análise de Sujeito B3 .....	126
6.1.3.4 Análise de Sujeito B4 .....	129
6.1.3.5 Análise de Sujeito B5 .....	131
6.1.3.6 Análise de Sujeito B6 .....	134

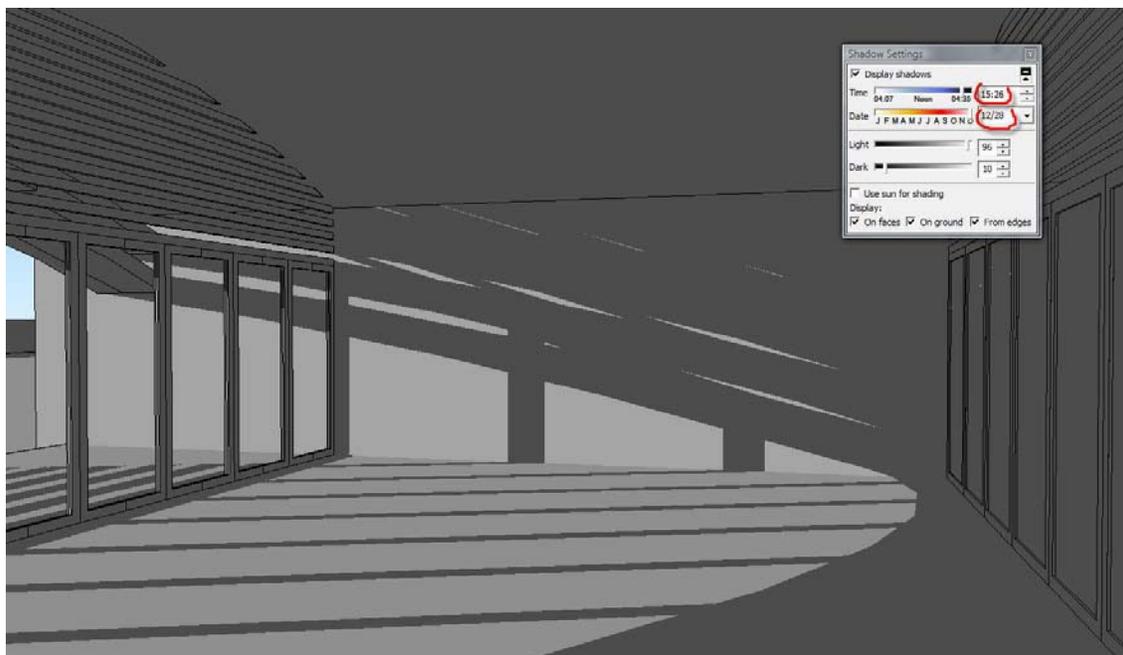
6.1.3 7 Análise de Sujeito B7 .....	137
6.1.4 Síntese dos Resultados Grupo B .....	142
6.1.5 Análise Comparativa .....	145
<b>7 Considerações Finais</b> .....	<b>148</b>
7.1 Conclusão .....	148
7.2 Limitações e Entraves .....	151
7.3 Perspectivas para Futuros Estudos .....	152
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>153</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Esta pesquisa é originada de uma experiência de ensino como professor de projeto auxiliado por computador em uma faculdade pública de arquitetura. Ao longo desta prática foi percebida a necessidade de incorporar problemas mais específicos em relação às situações ambientais da Cidade do Recife. Os estudantes produziam modelos digitais que se aproximavam mais da realidade de climas temperados que de climas tropicais e úmidos, o caso do Recife.

A evolução dos ambientes digitais de projeção, tanto em relação aos recursos de hardwares e softwares, não deu conta para que o ensino da forma e do espaço arquitetônico fosse coadunado às situações climatológicas.

Por conta disso, percebeu-se a necessidade de buscar estratégias e ferramentas pedagógicas para despertar no estudante a consciência de que seus modelos deveriam, além de possuir preocupação estética, lógica estrutural e construtiva, apresentar normalmente integração com as condições bioclimáticas no momento da concepção do espaço arquitetônico.



**Figura 1**

Imagem produzida por estudante em fase final do curso.

Fonte: Imagem produzida por estudante de arquitetura em final de curso

A Figura 1 apresenta a vista interna de um espaço arquitetônico de uma escola, tarefa solicitada em uma disciplina de projeto assistido por computador. Na figura, é possível notar a entrada de luz solar às 15 horas no mês de dezembro. Essa insolação que penetra no espaço interno, notadamente nos períodos mais quentes do ano, torna-o quente e conseqüentemente inapropriado para o desenvolvimento de atividades humanas propostas.

Apesar disto o sujeito que desenvolveu a tarefa que cursava os últimos semestres de um curso de arquitetura, demonstra grande habilidade na modelagem tridimensional. O estudante modelou venezianas no alto, acima dos panos de vidros em ambos os lados (esquerdo e direito) da imagem. A tarefa demonstra a habilidade do estudante para a aplicação dos recursos para aproveitamento da ventilação, pois são colocadas venezianas no espaço arquitetônico. Apresenta recuos das esquadrias em relação ao final da edificação. Entretanto, a insolação direta do sol, vinda do oeste, penetra o ambiente, devido à transparência do vidro, tornando o ambiente quente e inadequado. O volume, apesar de possuir complexidade na modelagem não é adequado aos requisitos ambientais devido a entrada da incidência solar. Mas apresenta domínio do estudante em ferramentas de modelagem tridimensional em softwares gráficos computacionais. (COMAS,1986)

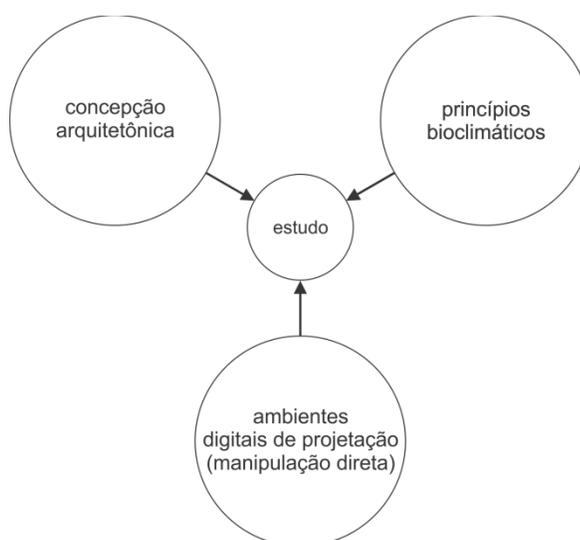
Portanto, o exemplo apresentado na Figura 1, dá uma indicação de que os estudantes de arquitetura dominam de modo avançado a modelagem em ambientes tridimensionais de projeção, entretanto ainda desconsideram aspectos relativos aos aspectos ambientais.

Os estudantes de arquitetura já utilizam normalmente ambientes digitais de projeção em suas atividades didáticas. Tais ambientes permitem a simulação de forma e espaço arquitetônico especialmente os que possuem a tecnologia por manipulação direta. (PIAZZALUNGA, 2005)

Essa pesquisa propõe-se estabelecer uma verificação se os estudantes, ao utilizarem ambientes digitais de projeção arquitetônica, não se valem dos recursos disponibilizados para a simulação para a consciência da incidência solar e da ventilação. Foi, portanto, necessário gerar situações pedagógicas que propiciassem aprendizados mais realísticos, utilizando-se dos recursos de simulação computacional integrados aos softwares por manipulação direta. Tais recursos proporcionam melhores resultados visuais mais realísticos. Temos como hipótese que os recursos gráficos computacionais propiciam a incorporação de conceitos

bioclimáticos já na fase de concepção de volumes arquitetônicos. (CHING,1996 ; SNYDER,1984).

Para o desenvolvimento da pesquisa foram abordados três eixos que fundamentaram o estudo. Em primeiro, foram estudados os ambientes digitais de projeção, particularmente os ambientes que possuem as tecnologias por manipulação direta. Em segundo, os aspectos relacionados à concepção arquitetônica já em ambientes digitais de projeção e, finalmente, os princípios bioclimáticos necessários a adaptação dos espaços a Cidade do Recife, local especificado para o estudo. Os três eixos estão interrelacionados conforme o Diagrama 1 apresentado a seguir:



**Diagrama 1**  
Os três eixos em teóricos que baseiam este estudo.

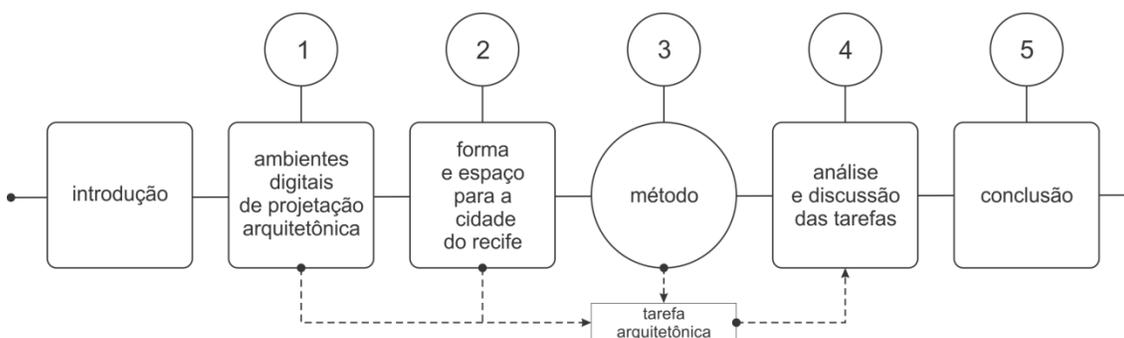
A concepção arquitetônica é parte inicial da projeção arquitetônica. Esse estudo foi desenvolvido já nos ambientes digitais de projeção. Pelo fato que é nesse momento onde são tratados os aspectos iniciais relacionados à concepção de forma e espaço arquitetônico. Além destes, buscou-se interligar os requisitos bioclimáticos aos estéticos e aspectos funcionais, ou seja, os princípios fundamentais da arquitetura. Os ambientes digitais de projeção que utilizam softwares por manipulação direta já possuem recursos computacionais internos para

a geração de volumes arquitetônicos. Igualmente possuem recursos para a simulação situações de projeção que permitem ao estudante despertar sobre os requisitos ambientais. (PAPANÉK, 2007)

Os princípios bioclimáticos aplicados aos espaços arquitetônicos produzem resultados da melhoria da qualidade da habitabilidade. Esta pesquisa se ocupou em identificar os princípios mínimos e estabeleceu estratégias de projeção e recursos de forma que contribuem para maximizar os efeitos do clima sobre volumes arquitetônicos na Cidade do Recife. Foram considerados os aspectos bioclimáticos, bem como as premissas da arquitetura da busca do equilíbrio entre os aspectos funcionais e estéticos, igualmente relevantes.

Para o desenvolvimento da pesquisa, foi elaborado um estudo de caso com estudantes de uma faculdade pública de arquitetura. Os sujeitos da pesquisa pertenciam ao início do curso e aos semestres finais. Foi elaborada uma tarefa arquitetônica contextualizada em relação a um problema de projeto e condicionantes bioclimáticos semelhantes aos da Cidade do Recife. A tarefa foi aplicada em uma disciplina de projeto que utiliza um ambiente digital de projeção. (FREITAS, 2008; HOLANDA, 1976).

Existem muitos estudos, manuais técnicos e vastas bibliografias relacionadas à concepção arquitetural, ao conforto ambiental e aos ambientes digitais de projeção. Entretanto, experiências didáticas no ensino superior de arquitetura, objetivando o entendimento de fenômenos de ensino e aprendizagem com o uso de ambientes computacionais de amplo uso ainda são escassas, especialmente para a Região Nordeste do Brasil. Para melhor definição foi especificada a uma cidade, a Cidade do Recife. (SOUZA, 2001)



**Diagrama 2**

Esquema apresentando a estrutura de capítulos da pesquisa.

Esta presente pesquisa foi estruturada em duas partes. A primeira é composta pelos capítulos fundamentadores, em seguida o método, a análise e discussão e conclusão.

O item 1 descreve os Ambientes Digitais de Projetação Arquitetônica, evolução dos instrumentos e recursos e dos softwares por manipulação direta. Ainda especifica o software selecionado para a disciplina.

O item 2 descreve a forma e o espaço para a Cidade do Recife, estabelece os princípios bioclimáticos adotados e estabelece estratégias de projeção e recursos de forma necessários para a elaboração de volumes adequados na Cidade do Recife.

O item 3 descreve o método. Para esta pesquisa foi estabelecido um estudo de caso por meio de uma tarefa arquitetônica. Os dois primeiros capítulos permitiram estabelecer uma Tarefa Arquitetônica contextualizada e foi executado um experimento projetual em sujeitos, estudantes de arquitetura de uma escola pública.

O item 4 descreve os dados obtidos na aplicação do experimento. Foram analisados e discutidos tais resultados levando em consideração os aspectos fundamentadores do estudo.

O item 5 descreve a conclusão final obtida a partir dos dados, depois de analisados e discutidos. Ainda foram apresentados os entraves e dificuldades, bem como a possibilidade de futuros estudos derivados do percurso desta pesquisa.

Para tanto o desenvolvimento deste estudo, trouxemos como objetivos os seguintes pontos:

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Esta pesquisa tem por objetivo investigar a habilidade de estudantes de arquitetura, quanto a geração da forma e do espaço arquitetônico adequados à Cidade do Recife na fase de concepção volumétrica, por meio da simulação do sombreamento e da entrada e saída da ventilação em ambientes digitais de projeção por manipulação direta.

### **2.2 Objetivos específicos**

a) Verificar as estratégias projetuais e os recursos de forma utilizados pelos estudantes para a proteção da insolação direta de um volume modelado em ambiente digital de projeção arquitetônica por manipulação direta;

b) Verificar as estratégias projetuais e os recursos de forma utilizados pelos estudantes para a permeabilidade da ventilação de um volume modelado em ambiente digital de projeção arquitetônica por manipulação direta.

### 3 AMBIENTES DIGITAIS DE PROJEÇÃO ARQUITETÔNICA

Este capítulo tem por objetivo descrever os aspectos relacionados à projeção arquitetônica assistida por computador, suas fases, e o uso da maquete digital como ferramenta de auxílio na concepção de volumes arquitetônicos. Também descreve os recursos computacionais para a simulação do sombreamento e da ventilação. Ainda refere à natureza dos materiais simulados e suas implicações visuais na arquitetura.

#### 3.1 Projeção Arquitetônica Assistida por Computador

Os arquitetos concebem mentalmente as suas ideias de forma e espaço. Entretanto, precisam de meios para representar e comunicar estas suas ideias e concepções mentais para o mundo físico. Os meios utilizados naturalmente são as representações gráficas e modelos em escala reduzida.

Trata-se de um diálogo interno do arquiteto – entre concepção e objeto a ser concebido – que é definido repetidamente até o estabelecimento de uma decisão conceitual de um espaço arquitetônico (ROZESTRATEN, 2009).

Os croquis, os esboços e as maquetes são modelos sintetizados das representações do idealizador e parte fundamental para a concepção arquitetônica, pois permitem externar essas ideias iniciais, para o próprio sujeito e, em um segundo momento, para com outros sujeitos que estejam no processo de concepção. Assim, a concepção de arquitetura dependerá sempre de um meio que facilite esta representação (SILVA, 1984)

Ao longo da pesquisa, utilizaremos o termo ‘projeção’ para denominar o ato de projetar. Já o termo ‘projeto’, comumente utilizado para designar todas as etapas, indica o conjunto final de decisões que definem usualmente um produto gráfico impresso que define todas as características de um espaço arquitetônico para atender funções humanas solicitadas. (SILVA, 1984)

Projeto arquitetônico é uma proposta de solução para um particular problema de organização do entorno humano, através de uma determinada forma construível, bem como a descrição desta forma e as prescrições para sua execução. (p.37).

Esta pesquisa investigará a fase de concepção, os estudos preliminares iniciais em ambiente digitais para a sua experimentação.

A inserção dos meios computacionais implicou em grandes transformações nos meios e instrumentos de projeção. Em uma fase inicial os softwares simulavam os mesmos instrumentos, antes utilizados para o desenho, tais como a régua, o lápis e o papel. Esta fase é denominada de prancheta digital. (DENIS, 1988; MITCHELL, 1987)

Os instrumentos de projeção arquitetônica evoluíram para os ambientes digitais de projeção. Equipamentos de hardware e software disponibilizaram recursos de baixo custo para a visualização e a representação de objetos arquitetônicos de forma cada vez mais intuitivos. A evolução desenvolveu ambientes especializados e dedicados a geração de formas mais elaboradas. (MITCHELL, 1990)

O ensino e a aprendizagem da projeção em arquitetura também sofreram igualmente o impacto da comunicação proporcionada pela internet. O aluno tem a sua disposição instrumentos digitais e acesso à informação livre. A educação em modo distanciado já ocorre, na medida em que informações são efetuadas de modo ainda não pensado. As escolas ainda precisam se adaptar a estes novos paradigmas apresentados. Existe ainda uma grande carência de práticas pedagógicas para o uso das tecnologias digitais como instrumento de concepção associado a práticas não-digitais. (PORTO, 2009; OLIVEIRA, 2009)

Por outro lado, as notáveis mudanças ambientais que vêm ocorrendo, de ordem planetária, como o aumento da temperatura em regiões urbanas torna cada vez mais evidente que as influências externas à arquitetura da Região Nordeste do Brasil precisam ser definitivamente abandonadas. Além disso, a economia de recursos naturais permite a geração de edifícios com menos impacto ao ambiente. Foi considerada a ideia de que é possível gerar espaços de arquitetura de boa qualidade adequando-os as diretrizes climáticas e ambientais. Pesquisadores, professores e alunos, individualmente, reconhecem e buscam este novo modo de projeção. Desse modo as escolas de arquitetura com o suporte de novos métodos suportados pelas tecnologias digitais podem contribuir para a ampliação do esforço de projeção bioclimaticamente às exigências locais e integradas globalmente.

Em seu 'Roteiro Para Construir no Nordeste', publicado em 1976, o professor arquiteto, Armando de Holanda já comenta,

Após a rutura da tradição luso-brasileira de construir, ocorrida no século passado e que trouxe prejuízos para o edifício, enquanto instrumento de amenização dos trópicos, de correção dos seus extremos climáticos, não foi desenvolvido até hoje, um conjunto de técnicas que permitam projetar e construir tendo em vista tal desempenho da edificação. (1976, p.9).

O avanço das tecnologias digitais influenciou o modo de se projetar em arquitetura e também o modo de ensinar e aprender a geração da forma e do espaço arquitetônico.

A utilização dos ambientes digitais de projeção permite que o estudante aproxime a modelagem digital dos objetos arquitetônico do mundo real físico. Também permite que seja estabelecida uma associação mais consistente entre a concepção da ideia do espaço arquitetônico dedicado a situações de conforto ambiental, no caso deste estudo, para a Cidade do Recife.

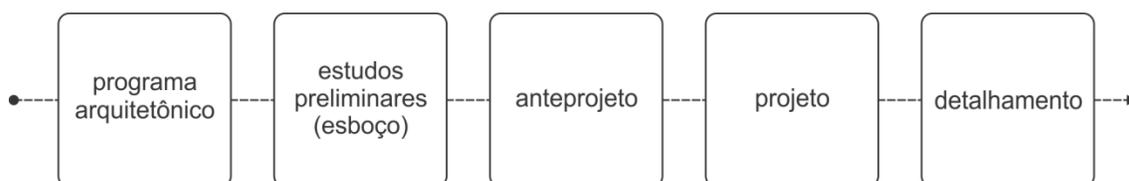
O ambiente digital de projeção arquitetônica é um conjunto de softwares e equipamentos de hardware, integrados, conectados a redes locais, ou à internet, sistemas de arquivamento de informações textuais e gráficas, que oferecem condições ao estudante, ou ao profissional de arquitetura, o desenvolvimento de suas atividades. É também uma expressão para designar o projeto arquitetônico auxiliado por computador, da língua inglesa CAD, *computer aided design* e sua sub-área específica, CAAD, *computer aided architectural design*. (MITCHELL, 1990).

'O computador abole todas as referências reais e, sobretudo, canônicas da arquitetura até então: no universo digital não há horizonte ou gravidade, não há materialidade concreta, não há elementos sólido intransponíveis, não há tempo cronológico, e não há noção apriorística de escalas, determinado pontos de vista.' (DUARTE, 1999, p.158).

Esses modelos digitais podem servir para a comunicação e a apresentação da obra arquitetônica final. A proposta desta investigação é utilizar o ambiente digital de projeção como instrumento para concepção da forma e espaço, juntamente com o esboço (croqui), maquete física e desenhos ortográficos.

Todavia, as tecnologias computacionais mudam e transformam-se rapidamente. Se os alunos de tais cursos são treinados em softwares ou aplicativos específicos, suas habilidades tornar-se-ão obsoletas tão rapidamente quanto as versões de softwares em que se baseavam. (SILVA, 2006)

### 3.2 Fases da projeção



**Diagrama 3**

Fases da projeção arquitetônica

O projeto arquitetônico é constituído das seguintes fases descritas em seguida:

#### 3.2.1 Programa Arquitetônico

O programa arquitetônico é uma listagem de especificações para o desenvolvimento do projeto. São os requisitos solicitados pelo cliente ou usuário.



**Figura 2**

Esboço e obra construída do arquiteto Franck Gehry

Fonte: Captura de tela pelo autor.

A Figura 2 apresenta o esboço e obra construída do Walt Disney Concert Hall, na Cidade de Los Angeles, Califórnia, projetado pelo arquiteto canadense Frank

Gehry. A esquerda apresenta um esboço feito à mão pelo arquiteto e a direita o mesmo projeto após sua construção a construção (1987-2003).

O arquiteto Frank Gehry descreve que o seu trabalho de concepção arquitetônica é iniciado com esboços a mão livre e maquetes físicas em seguida usam meios digitais de suas formas e espaços arquitetônicos. Ele comenta ‘ Tão logo eu entendo a escala da construção e suas relações espaciais com o entorno e minha relação com o cliente, torna-se mais e mais claro para mim. Eu começo elaborando esboços. ’

### 3.2.2 Estudos preliminares – Esboços

São os esboços, os primeiros traçados gráficos, usualmente desenvolvidos a mão livre ou por meio de recursos digitais mais espontâneos, sem a necessidade de grandes precisões. A Figura 3, em seguida, demonstra um esboço do urbanista Lúcio Costa e a direita a cidade construída 50 anos após sua inauguração. Este estudo se ocupará do desenvolvimento em ambiente digital na fase da projeção arquitetônica.



**Figura 2**

Estudos preliminares para Brasília, por Lúcio Costa, e uma imagem por satélite em 2010

Fonte: Captura de tela e Google Maps

### **3.2.3 Anteprojeto**

Consiste no desenvolvimento do estudo preliminar, em representações das decisões de projeção mais detalhadas e ainda sujeitas a alterações. São utilizados desenhos mais bem acabados e servem para a aprovação ou modificação do projeto. Permite previsibilidade orçamentária.

### **3.2.4 Projeto Executivo**

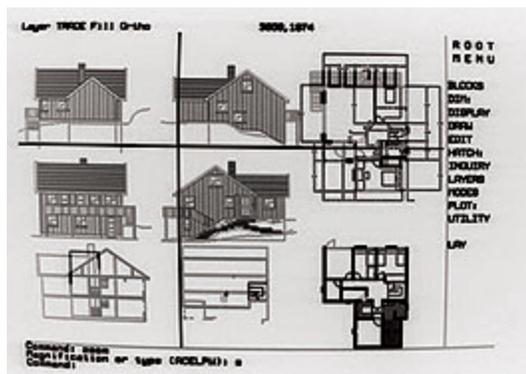
É uma fase final em que são descritas todas as características dos ambientes e que permite a execução por outros profissionais da construção civil. Tem de ser submetido a aprovação nos órgãos públicos controladores das legislações urbana específicas, tais como prefeituras, bombeiros, agencias reguladoras de meio ambiente.

### **3.2.5 Detalhamento e projeto complementares**

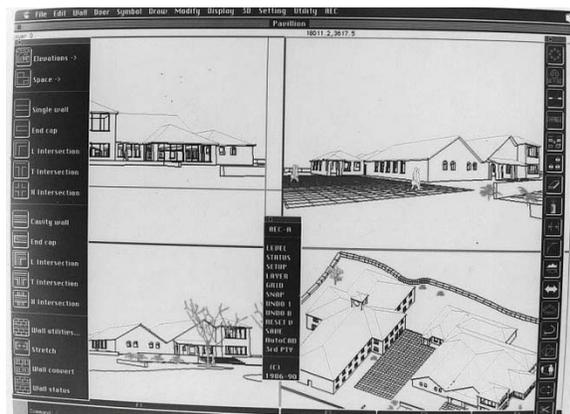
Após o projeto executivo desenvolvido e aprovado pelos envolvidos no processo de construção cada parte da obra precisa ser detalhada. Trata-se da ampliação das soluções construtivas de todos os ambientes e implementação de projetos auxiliares para o funcionamento da edificação. O detalhamento são esquemas gráficos que tem destinação fundamental a obra para esclarecer os pormenores que não são especificados em escala ampliada no projeto.

Os projetos complementares estão relacionados a implementação de sistemas secundários nas etapas de construção, tais como: instalação elétrica, hidráulica, telefonia, rede lógica, ar-condicionado, entre outros.

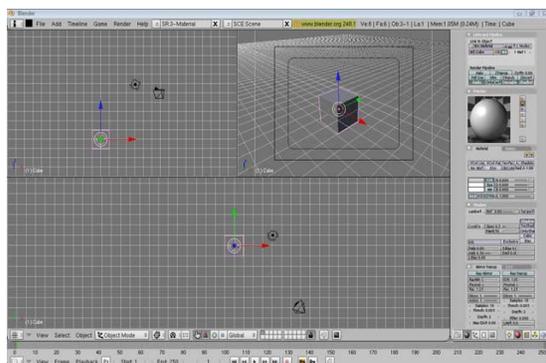
### 3.3 Evolução dos ambientes digitais de projeção



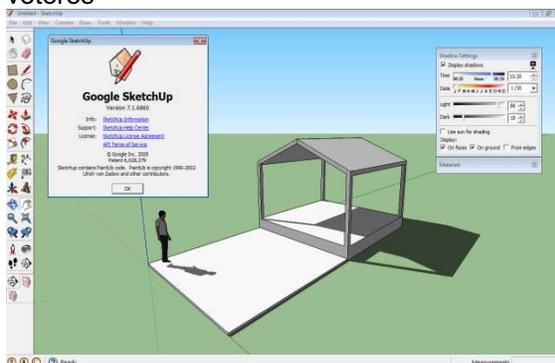
Prancheta digital



Modelagem bidimensional e tridimensional por vetores



Modelagem por Objetos



Manipulação Direta

#### Figura 3

Quatro fases dos ambientes digitais de projeção arquitetônica.

Fonte: Captura de tela pelo autor

A evolução dos ambientes de projeção ocorreu em modo paralelo ao desenvolvimento das tecnologias dos dispositivos computacionais, notadamente dos recursos para representação gráfica – os apontadores (mouses, mesas digitalizadoras) e os monitores para visualização dos modelos.

A Figura 4 apresenta quatro momentos dessa evolução:

#### 3.3.1 Prancheta digital

No início do desenvolvimento das interfaces gráficas dos programas editores de CAD procuravam se assemelhar aos mesmos instrumentos de desenhos dispostos na prancheta. Trata-se de uma transposição da prancheta e dos instrumentos de desenho para uma simulação em um ambiente gráfico

computacional. Mesmo neste momento algumas ferramentas e comandos foram desenvolvidas no próprio ambiente digital.

### **3.3.2 Modelagem bidimensional e tridimensional por vetores**

Essa segunda fase se constitui pelo desenvolvimento de recursos para edição das entidade gráficas próprias ao ambiente computacional. Os modelos podem ser editados, manipulados e visualizados bi e tridimensionalmente. Cada entidade computacional geométrica é entendida como um objeto que pode ser editado proporcionando uma maior flexibilidade e controle para a edição dos desenhos

Outra característica importante desta fase é o desenvolvimento de visualizações perspectivadas, permitindo ao usuário final a mudanças do ângulo de visão do modelo produzido.

### **3.3.3 Modelagem por Objetos**

Nesta fase as entidades computacionais podem receber propriedades e atributos individualmente ou em grupos. Cada coleção de objetos pode ser identificada com características pré-definidas ou definidas pelo usuário. Consiste na edição de cada objeto com um maior de nível de processamento e interação. Ainda permite um maior detalhamente e produção de relatórios sobre os arquivos produzidos.

Neste fase igualmente iniciam as visualizações mais realísticas com aplicação se sombras, reflexão e transparências nos objetos, denominado de renderização.

### **3.3.4 Modelagem por Manipulação Direta**

Os softwares por manipulação direta possuem uma interface gráfica que possibilita visualmente o usuário modelar os seus objetos. As ferramentas para a geração da forma aproximam o usuário do processo de construção. É possível gerar 'cenários' mais próximos ao mundo real físico. O usuário pode manipular os objetos

da cena no ambiente digital com o dispositivo apontador (mouse ou caneta digitalizadora) em tempo real.

Os resultados obtidos em softwares por manipulação direta permitem o desenvolvimento de um pensamento construtivo que relaciona a aos modelos arquitetônicos pretendidos.

Cada software possui uma lógica para geradores de forma, modificação, manipulação e interação com os objetos gerados.

Após a etapa da geração da forma, é definido o volume final. Existem diversos outros softwares internos ou externos, os plug-ins, que permitem diversos tipos de simulações. No caso do Sketchup, software selecionado para este presente estudo, foi utilizado à ferramenta *Shadows Settings* permite a simulação da incidência solar sobre as composições desenvolvidas e o sombreamento derivado. O nível de confiabilidade e precisão é suficiente para a compreensão das sombras simuladas pelo software.

### **3.4 Instrumentos para a concepção arquitetônica**

O primeiro contato do estudante de arquitetura com os seus objetos estão relacionados à questão da escala. O estudante precisa apreender o espaço e a forma arquitetônica, adaptar rapidamente a redução, representá-los para conceber e interagir. Trata-se de um aprendizado individual que leva em consideração os sentidos perceptivos de cada indivíduo.

O primeiro contato do estudante de arquitetura é com as disciplinas ou cursos que, usualmente, são chamados atelier de projetos. Estas disciplinas são normalmente ministradas por um ou vários professores onde se dividem em grupos de estudantes orientados por um professor para o desenvolvimento das tarefas apresentadas. (SCHON, 1998)

O processo de aprendizagem de projeção ocorre essencialmente por meio de um diálogo estabelecido entre o aprendiz e o professor de arquitetura. Esta conversação vai gerando um vocabulário de situações relacionadas à escala de redução, proporção entre as partes do volume. É estabelecido entre os estudantes envolvidos no atelier de aprendizagem de projetos. Os ambientes digitais de

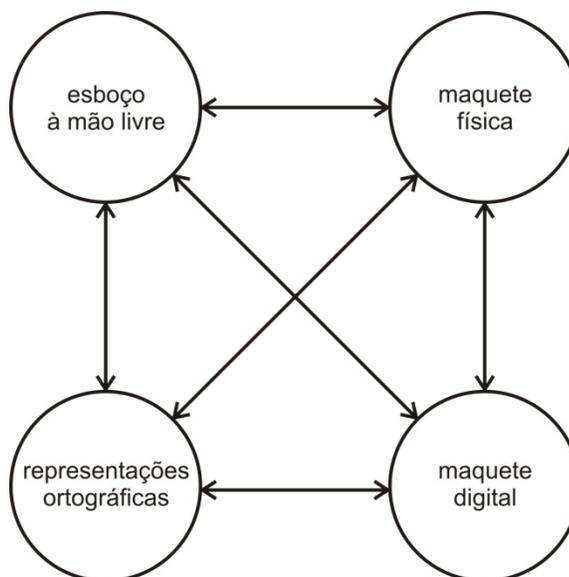
projeção são usados como representação de ideias. É possível perceber a grande dificuldade que os estudantes apresentam no entendimento desta linguagem que se refere a símbolos, valores e intenções de espaço e volume em objetos simples reduzidos que representam formas e espaços de tamanho natural. Este processo é contínuo e vai se repetindo e fortalecendo ao longo de todo o aprendizado do estudante. (SCHON, 1998)

Em seguida novos problemas de projeção são apresentados tais como:

- a) Funcionamento dos sistemas estruturais;
- b) A natureza dos materiais de construção;
- c) Situações para proteção da insolação;
- d) Situações para aproveitamento da ventilação natural.

Para o desenvolvimento destas atividades de aprendizagem da projeção são utilizados instrumentos tais como o desenho, o uso de materiais fácil plasticidade tais como a argila. Também é usado maquetes de materiais diversos. (MONTENEGRO, 1987)

A introdução de recursos gráficos computacionais dedicados a projeção arquitetônica sempre este relacionada ao estágio de representação. Os novos ambientes digitais com interfaces gráficas mais amigáveis possibilitam mais um recurso facilitador para a concepção de formas e modelos arquitetônicos. (NEGROPONTE, 1995)



**Diagrama 4**

Recursos utilizados para a concepção arquitetônica: o esboço a mão livre, a maquete física, representações ortográficas e as maquetes digitais.

Fonte: O autor.

O Diagrama 4 apresenta a relação entre os métodos mais utilizados para a fase da concepção de formas arquitetônicas.

Segue uma descrição dos métodos mais utilizados para a concepção de volumes arquitetônicos:

### 3.4.1 Esboço

O esboço, usado também o termo croqui, é um processo gráfico desenvolvido sobre em diversos tipos de papéis ou outros suportes, feito a lápis com diversos tipos e cores. Trata-se da primeira manifestação gráfica para a exploração de ideias. Faz parte do processo criativo da projeção em arquitetura. Pode ser desenvolvido de modo individual ou em grupos envolvidos com o mesmo propósito. É uma comunicação interna com o idealizador e, em seguida, com os membros que porventura estejam envolvidos na mesma tarefa. É composto por rascunhos, traços e formas, perspectivas feitas a mão livre. Não obedece a nenhuma regra normativa de desenho técnico e muitas vezes somente é compreendida pelo próprio autor. Permite a correção, a repetição, à retomada para o contínuo melhoramento. Pode ser um estudo independente ou séries de estudos compondo um conjunto para

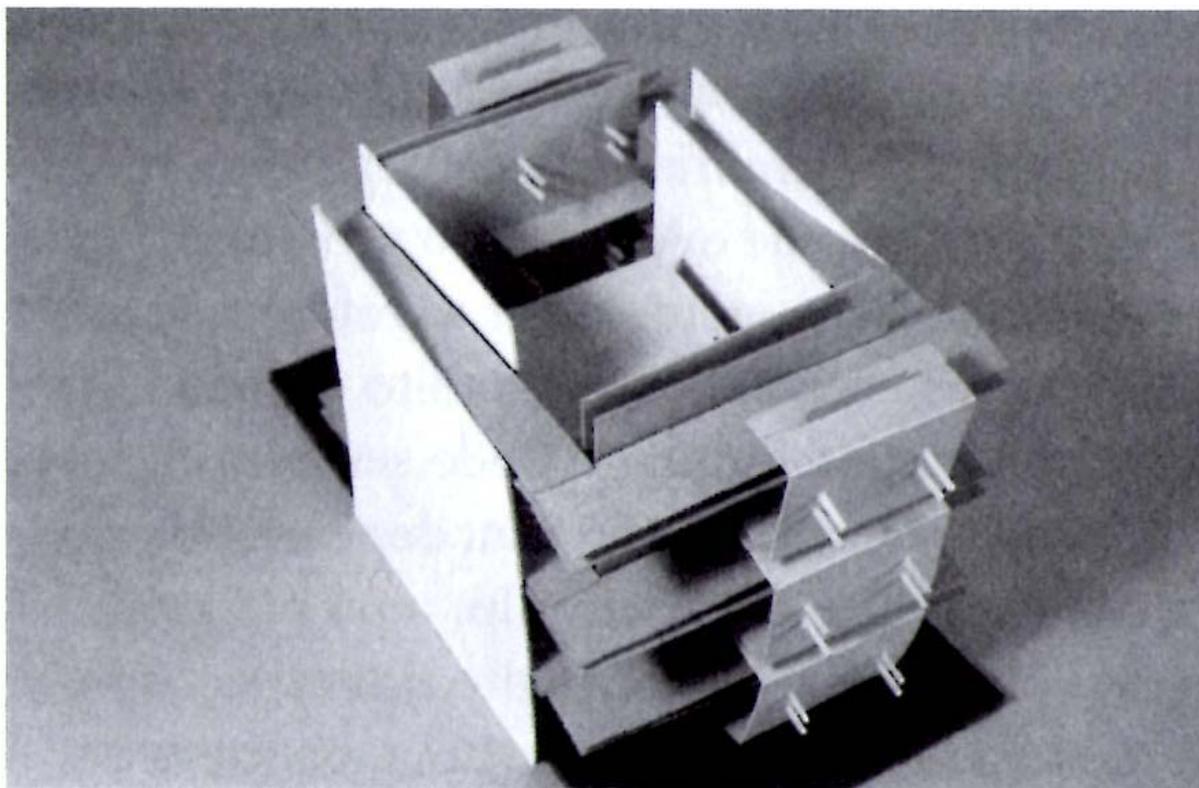
elaboração de uma ideia inicial. Permite a transposição da representação mental interna do arquiteto para uma mídia gráfica na concepção de formas e espaços arquitetônicos. Requer do usuário a proximidade com a representação da forma. Usualmente é uma competência desenvolvida ao longo da atividade projetual do arquiteto, ou estudante.

Um bom *designer* de arquitetura não tem medo de jogar fora uma boa ideia. Só porque uma ideia interessante lhe ocorreu, não significa que faz parte do edifício que se está projetando. Sujeite cada ideia, *brainstorm*, devaneio casual e sugestão útil a uma cuidadosa consideração crítica. Seu objetivo como designer de arquitetura deveria ser o de criar um todo integrado, não o de incorporar todas as melhores características de seu edifício de uma só vez, quer elas se encaixem em si ou não. (FREDERIK, 2007, p.28)

O texto transcrito anteriormente retrata uma característica que o estudante de arquitetura deve desenvolver: a geração de alternativas, ou seja, a geração de vários estudos ou alternativas antes de tomar as suas decisões de projeto definitivas.

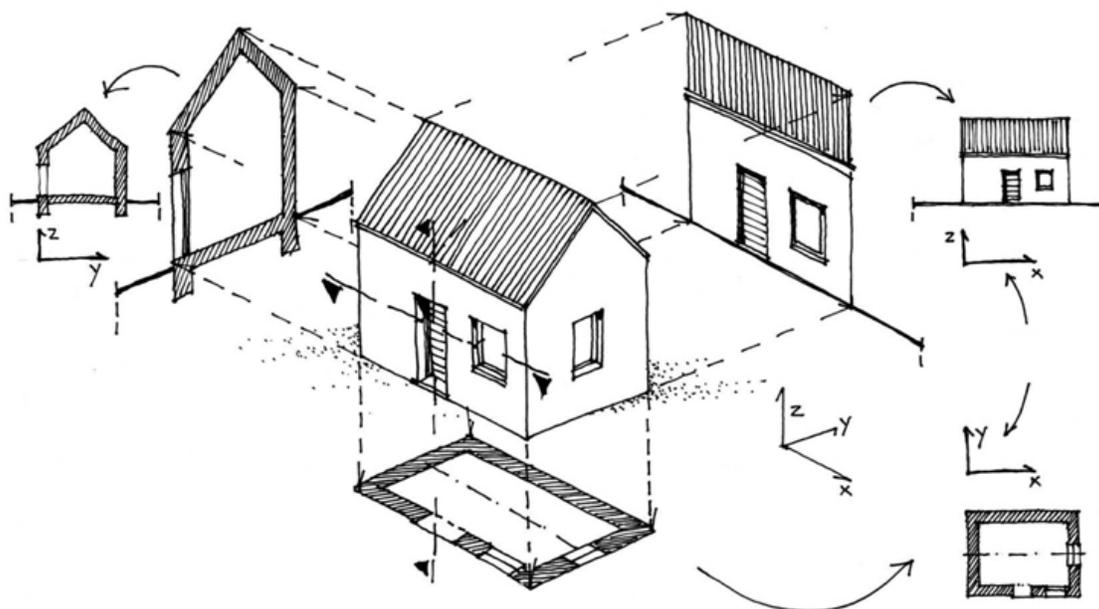
### **3.4.2 Maquetes físicas conceituais**

São modelos conceituais tridimensionais de concepções arquitetônicas confeccionados em escala reduzida. Servem como instrumento de concepção permitindo a visualização e manipulação mais interativa do modelo. Facilitam a visualização de todo o modelo de ou situações específicas ampliadas. São confeccionadas em materiais diversos tais como: papel, papelão, isopor, acetatos, plásticos, massa, arame, esponjas, madeira, argila, vidros, entre outros diversos materiais de ocasião. Permite uma experiência visual e tátil, de modo direto. (ROZESTRATEN, 2006; MILLS, 2005)



**Figura 4**  
Maquete conceitual feita de papelão e madeira.  
Fonte: Mills, 2005

### 3.4.3 Desenhos ortográficos

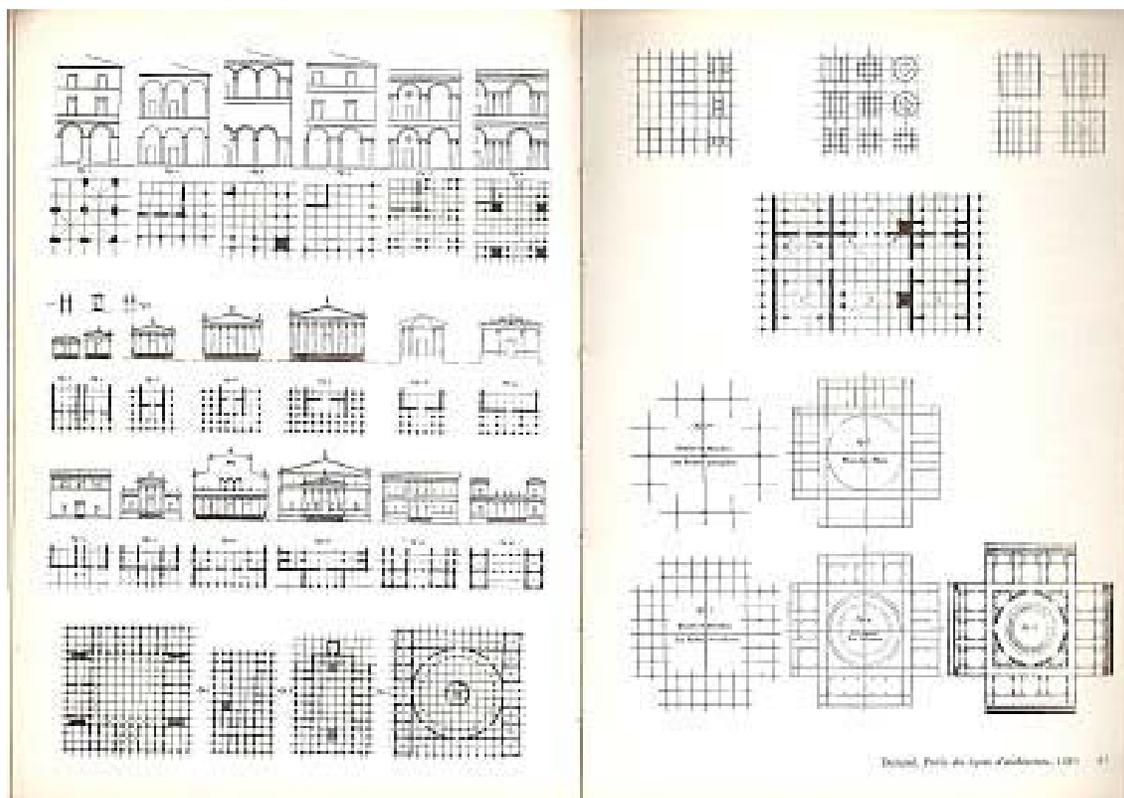


**Figura 5**

Uso de vistas ortográficas usadas como instrumento para concepção e visualização de modelos arquitetônicos.

Fonte: Commons Wikipédia

São desenhos utilizados para resolução de problemas formais e espaciais por meio de métodos gráficos com uma maior precisão. São utilizadas representações ortográficas, projeções paralelas cilíndricas. São destinadas as plantas, fachadas, vistas superiores, cortes (seções), desenhos isométricos ou perspectivas desenhadas com instrumentos tradicionais de desenho ou assistido por computador. Entretanto, não há a necessidade rigidez para às normas técnicas do desenho arquitetônico. A Figura 6, apresentada anteriormente demonstra um desenho feito a mão de diversas vistas ortográficas que podem ser obtidas por meio de um volume definido. (MONTENEGRO,1991)



**Figura 6**

Exemplos de estudos para composição arquitetônica em que foram utilizados diversos desenhos ortográficos.

Fonte: Commons da Wikipédia

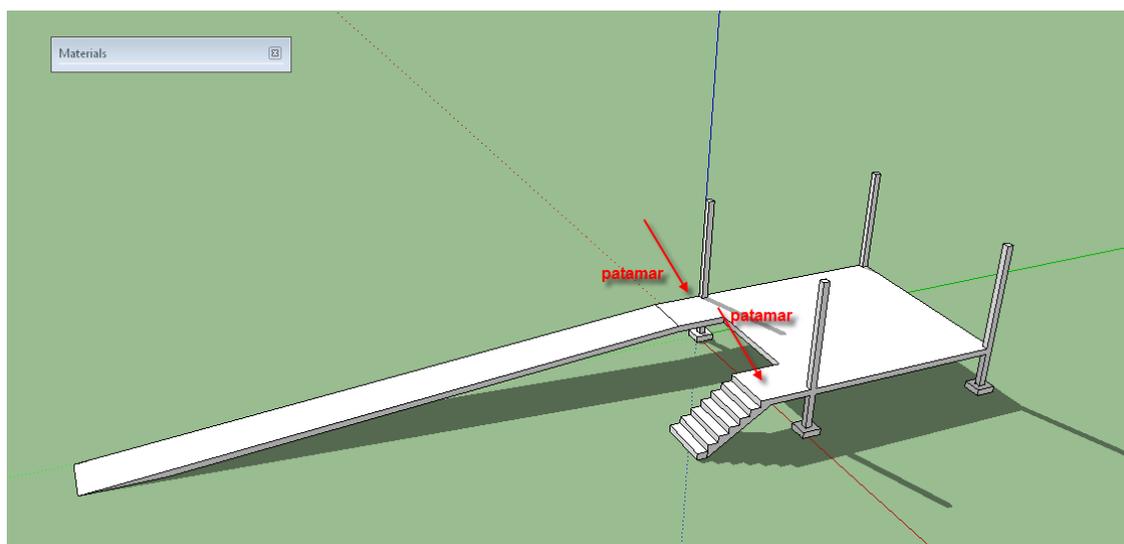
A Figura 7 apresenta diversas fachadas e plantas baixas de modelos arquitetônicos. Estruturação em planta-baixa (seção paralela ao plano de terra). O uso desse modo de composição arquitetônica foi muito utilizado nos momentos em que se usavam tratados arquitetônicos. (LIMA, 2005)

#### 3.4.4. Maquetes conceituais digitais

As maquetes digitais conceituais são modelos produzidos através de recursos gráficos computacionais dedicados a geração de forma e espaço. (ver figura 8) Podem ser editores de CAD ou softwares por manipulação direta. Esta pesquisa utilizará este recurso como recurso principal para a composição de volumes arquitetônicos na fase de concepção. Existem diversos softwares e o software selecionado foi o Sketchup: (MACEDO, 1994)



**Figura 8**  
Maquete Digital de Alta Resolução  
Fonte: Captura de imagem da internet.



**Figura 9**  
Maquete Digital Conceitual de baixo nível de detalhamento.  
Fonte: Material didático do autor.

### 3.5 Critérios para seleção do software: Sketchup

Para a seleção do software que foi utilizado no experimento foram estabelecidos os seguintes critérios:

- a) Possui licença proprietária, entretanto a versão gratuita é funcional para o desenvolvimento das tarefas previstas nessa pesquisa;
- b) Permite a geração de composição de modelos bidimensionais e tridimensionais, edição e visualização com uma interface gráfica amigável (intuitiva) que usa o conceito de interface por manipulação direta;
- c) Requer pouco tempo para domínio das ferramentas básicas e desenvolvimento das atividades;
- d) Serve para estudante com pouca experiência e para os estudantes com níveis mais avançados;
- e) Permite a comunicação (exportação/importação) com softwares dedicados de áreas correlatas;
- f) Permite a simulação de insolação e de sombreamento sobre os modelos, item fundamental para o desenvolvimento das atividades da pesquisa;
- g) Permite a geração de arquivos de imagens e vetoriais para uso do assessoramento virtual;
- h) É uma ferramenta reconhecidamente popular entre os alunos de arquitetura;
- i) Apresenta facilidade de download com arquivo de instalação pequeno e com servidores estáveis na rede.

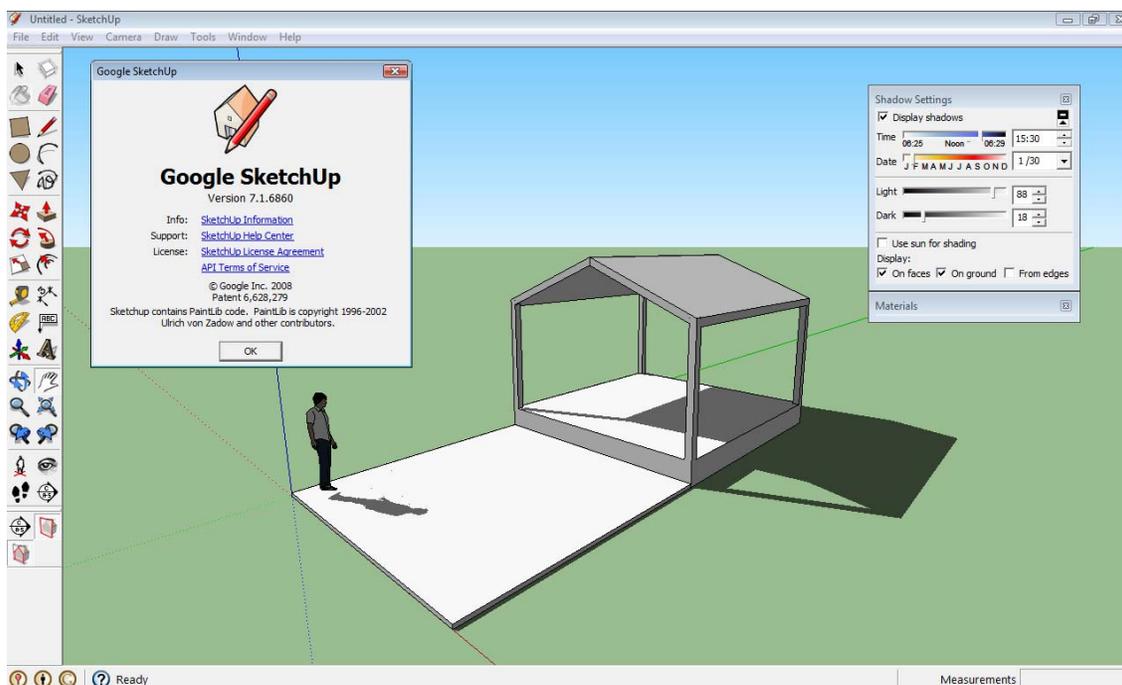
Os estudantes de arquitetura já utilizam normalmente recursos gráficos computacionais para o desenvolvimento de suas tarefas solicitadas pelas atividades acadêmicas. Com a evolução dos equipamentos de hardware e software e a expansão do acesso à internet com maiores velocidades de acesso mais razoáveis, foram disponibilizados recursos gráficos computacionais dedicados aos problemas de arquitetura. Software que disponibilizam instrumentos para modelagem, interação e visualização de formas e espaços arquitetônicos.

O estudante necessita de uma aproximação com os modos para geração de modelos. Em princípio, a primeira estratégia está relacionada ao desenho. Dada as características da forma e do espaço arquitetônico o desenho se mostra limitado para a visualização e a representação de sua idéia. Por isso, em um segundo momento, o uso de maquetes confeccionadas em diversos materiais e em escala reduzida oferece uma interação maior. Em um terceiro momento, o uso de representações ortográficas pode contribuir para a visualização do objeto arquitetônico.

A disponibilização de softwares gráficos tridimensionais permitiu ao arquiteto o uso de mais um recurso de representação e geração de formas. Assim como cada meio apresentado permite o desenvolvimento de possibilidades e limitações específicas ao ambientes.

Cada software, por meio de sua interface gráfica mais intuitiva permitirá o desenvolvimento de um pensamento criativo do estudante para a tomada de decisões de projeção.

### 3.5.1 Interface gráfica do Skecthup



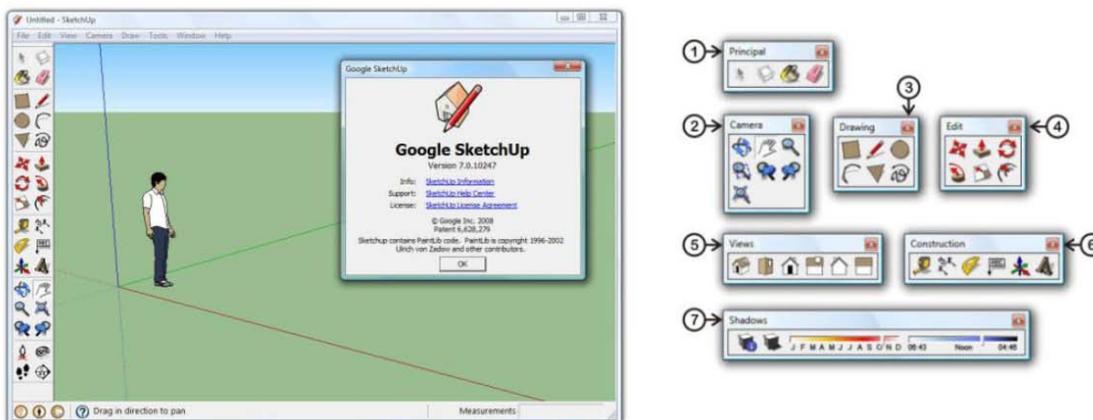
**Figura 10**

Interface gráfica do SkecthUp, software selecionado para o desenvolvimento desta pesquisa. Fonte: Captura de tela pelo autor.

A Figura 10 descreve a interface gráfica do software selecionado para o desenvolvimento das atividades desta pesquisa. O software roda sobre a plataforma Microsoft Windows. A versão é em língua inglesa, mas as versões anteriores foram disponibilizadas em língua portuguesa. Todas as versões são compatíveis entre si. Além disso, em virtude da facilidade de uso do software que utiliza os conceitos por manipulação direta, não oferece dificuldades significativas adicionais para o desenvolvimento das atividades. No website de referência de download é disponibilizada, versão em língua portuguesa.

O Software foi selecionado pelo fato de possui uma ampla aceitação entre os estudantes de todo o curso de arquitetura. Possuir alta aceitação entre os sujeitos selecionados. E mesmo alunos que já possuem alguma experiência em modelagem tridimensional consideram o Sketchup como uma ferramenta de fácil usabilidade. A versão utilizada nesta pesquisa SketchuUP versão 7, é disponível na internet em dois modos:

- a) *Free*, ou seja, livre para uso em atividades educacionais;
- b) *Professional* (profissional) que requer o pagamento de direitos de propriedade.



**Figura 11**

Tela de abertura do Sketchup e a direita apresentação das ferramentas de edição e manipulação do software

Fonte: Captura de tela pelo autor.

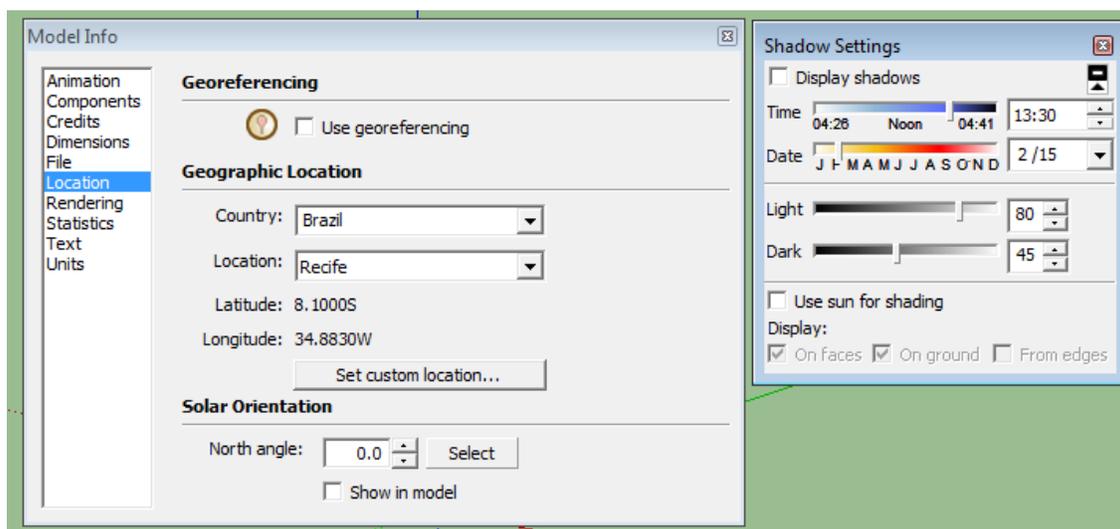
A Figura 11 apresenta as caixas-de-ferramentas para geração de forma, modificação, visualização dos objetos. São descritas a seguir:

- a) ferramentas para seleção de objetos, geração de componentes (bibliotecas internas), aplicação de cores e materiais e de apagar os objetos;
- b) ferramentas de visualização da forma;
- c) ferramentas de geração de formas e objetos bidimensionais, quadriláteros, linhas retas, círculos, arcos, polígonos regulares, e linhas livres;
- d) ferramentas de modificação da forma, de mover objetos, de extrusão, de rotação, de cópias paralelas (*offsets*), de escalamento e de extrusão orientada por uma trajetória;
- e) ferramentas de visualização, perspectivas e vistas ortogonais;

f) ferramentas de precisão, de medidas nos objetos, de inserção de cotas e medidas, de regulagem de ângulos, de inserção de legendas, de controle dos eixos (x,y,z) e de textos com espessuras tridimensionais;

g) Caixa de controle para regulação da intensidade da insolação, período do ano e hora, depois que ajustados a Cidade do Recife.

### 3.5.2 Simulação do Sombreamento e da Ventilação no Sketchup



**Figura 12**

Caixa de diálogo do Sketchup para especificação da localização e controle das sombras.  
Fonte: Captura de tela pelo autor.

A Figura 12 apresenta à esquerda as caixas de controle do software Sketchup para configuração do posicionamento na Cidade do Recife e a direita o configurador para a especificação do mês, da hora e do nível de insolação e sombreamento.

#### 3.5.2.1 Simulação da proteção a insolação (sombreamento)

Para a simulação da insolação, é necessário, em primeiro lugar desenvolver uma composição. Em seguida o Sketchup permite o posicionamento do País e da Cidade onde a composição foi gerada e assim é possível ativar ou desativar a incidência solar. É possível determinar o horário do dia e o mês de modo intuitivo com o *mouse* ou digitar diretamente na caixa de diálogo.

O nível de confiabilidade é considerado satisfatório para o desenvolvimento desta pesquisa. Assim, basta posicionar os dados na caixa de diálogo após a geração do modelo. Entretanto, o usuário, no processo de projeção, pode averiguar e ajustar as formas e posições do volume, ou as partes necessárias, estão adequadamente protegidos. (MONTENEGRO, 1984)

### **3.5.2.2 Simulação da Ventilação**

Para a simulação da ventilação é necessário identificar uma orientação Norte no modelo. Nesse caso existem duas alternativas:

a) ativar na caixa de diálogo um vetor que aparecerá na interface gráfica na cor laranja.

b) modelar no próprio sketchup um indicador da orientação Norte. E, em seguida, ajustar a orientação Norte do volume com a especificada no programa.

Para a simulação da ventilação foram expostos os sentidos que a ventilação assume ao longo do ano na Cidade do Recife. Entretanto para simplificar a tarefa, foi restrita, a predominância do lado leste como local para a entrada dos ventos.

Para a verificação da ventilação depende-se da compreensão do regime de ventos na cidade localizada. No caso da Cidade do Recife, a ventilação varia do sul ao nordeste, dependendo da estação do ano.

Portanto, a verificação da ventilação é obtida por meio da observação direta no modelo produzido. A conjunção do sombreamento com o aproveitamento natural permitirá identificar se o modelo apresenta as condições ideais para a qualidade do espaço interno.

### 3.6. A Natureza dos Materiais Simulados e os Aspectos Visuais na Arquitetura

#### 3.6.1 Os Materiais simulados

Os ambientes digitais de projeção, por meio dos softwares por manipulação direta permitem ao estudante desenvolver composições arquitetônicas. Podem ser geradas simulações das fundações, dos pisos, das lajes, das cobertas, das paredes das aberturas, das portas, das janelas ou qualquer elemento arquitetônico. Para tal é necessário que o usuário do software domine as ferramentas para modelagem tridimensional; no caso desta pesquisa foi utilizado o software Sketchup.

O usuário tem de conhecer e dominar as ferramentas para geração da forma, edição, modificação, e visualização dos modelos produzidos. Ou seja, interagir com o modelo produzido. Ao longo deste processo de composição tridimensional, é possível testar e ajustar as formas e os espaços. Por se tratar de um ambiente de fácil interação – softwares por manipulação direta – podem ser geradas diversas alternativas e visualizações do espaço externo e interno.

No caso do software selecionado, o Sketchup, é possível, ainda, a simulação da incidência da insolação. Por meio de uma ferramenta interna ao software é possível verificar se a incidência do sol compromete o volume arquitetônico a ser projetado.

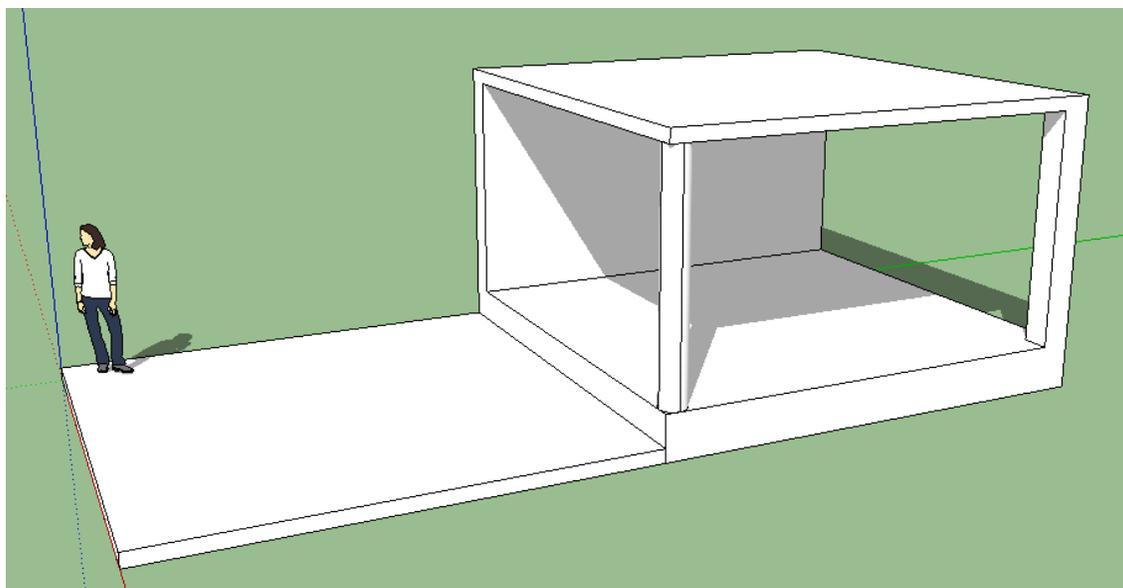
Cada software, seja da categoria por manipulação direta ou não, possui uma interface gráfica própria, que dispõe de ferramentas para a geração da forma, modificação e visualização. Cada usuário terá de se adequar às ferramentas de cada ambiente digital de projeção:

As principais características para os softwares para geração de volumes arquitetônicos são:

- a) Geração da forma e superfícies
- b) Edição e modificação;
- c) Visualização;

- d) Simulação;
- e) Geração de imagens estáticas ou animadas.

Durante o desenvolvimento deste presente estudo, foi utilizada a geração da forma, a edição e a manipulação, a visualização e a simulação do sombreamento de formas em ambientes digitais. Para as composições, ou maquetes digitais de baixo nível de complexidade, não há a necessidade da especificação da natureza dos materiais que nesta fase foram entendidos como hipotéticos e podem ser compostos diversos materiais.



**Figura 13**

Modelo produzido no Sketchup

Fonte: Material didático, captura de tela pelo autor.

A Figura 13 apresenta um modelo gerado no Sketchup, foi gerada uma base sem coberta, um piso com base mais alta coberta por uma laje plana e sustentado de um lado por dois pilares, um pilar de base circular e o outro pilar com seção quadrada. Do outro lado, a laje é suportada por uma parede auto portante. Não há indicações de materiais. O modelo foi simplificado a formas e espaços digitais aplicados à arquitetura.

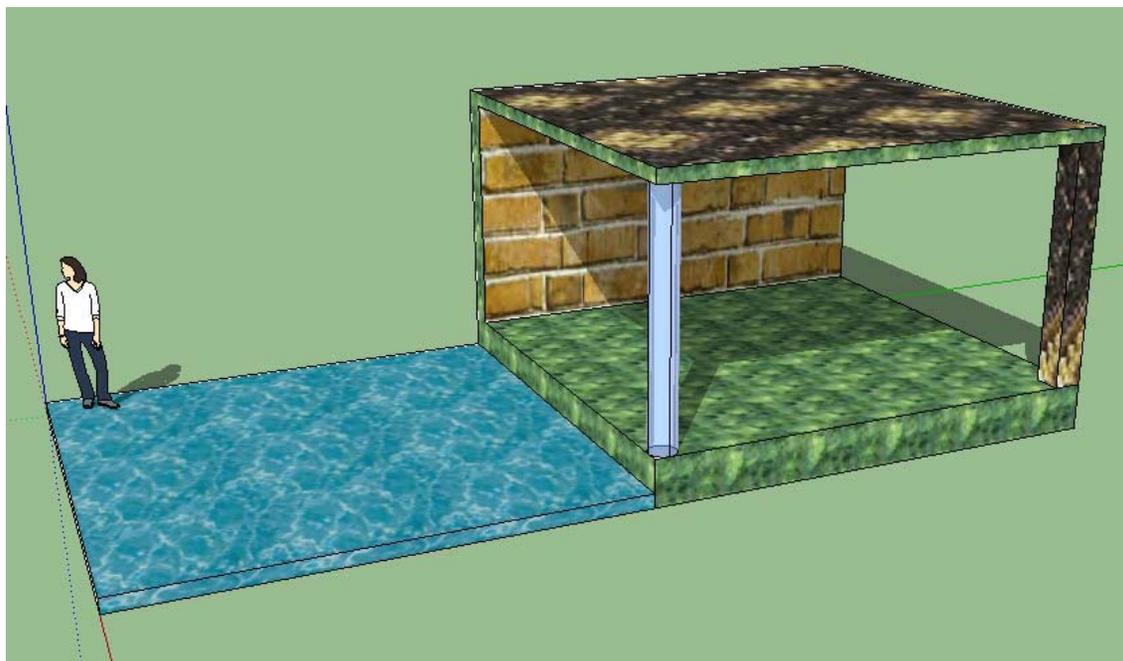
Sobre este modelo foi simulada a insolação direta gerando no modelo a projeção das sombras. Trata-se de uma representação gráfico computacional abstrata que permite a compreensão das formas e dos espaços gerados.

Portanto, trata-se de modelo conceitual e não pode ser considerados aspectos relacionados à natureza dos materiais, tais como:

- a) características físicas como reflexão ou absorção da incidência solar;
- b) transferência do calor entre ambientes (vedações e cobertas) para materiais expostos diretamente a incidência solar;
- c) resistência mecânica para dos materiais em relação a gravidade.

O estudante de arquitetura, no início de curso, ainda possui um vocabulário restrito em relação à geração da forma e ao conhecimento da natureza dos materiais. A geração de maquetes conceituais, especialmente com o uso da simulação da insolação e consequente sombreamento no espaço permite uma aproximação do mundo real físico por meio dos softwares por manipulação direta.

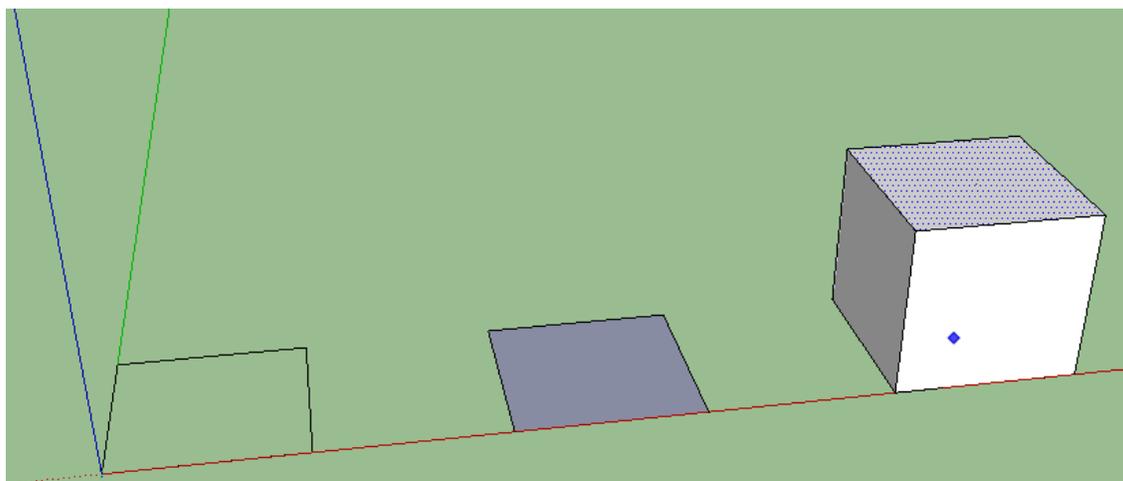
O Sketchup, software utilizado nessa pesquisa, permite a aplicação de cores, materiais e texturas sobre as superfícies. Além disso, os modelos produzidos no Sketchup podem receber *plug-ins*, softwares dependentes com tarefas específicas, que permitem a geração de imagens foto realísticas. Entretanto, o estudante, ao se preocupar com a aplicação de matérias sobre o modelo pode satisfazê-lo em relação à visibilidade. Mas por outro lado deixa de focar os objetivos deste presente estudo que é limitado à geração da forma e o espaço arquitetônico na Cidade do Recife.



**Figura 14**

Modelo produzido no Sketchup com diversos materiais aplicados sobre os planos  
 Fonte: Material didático, captura de tela pelo autor.

A Figura 14 apresenta a aplicação propositalmente irreal. Ou seja, na base descoberta, foi aplicada uma superfície simulando água, um dos pilares cilíndricos é translúcido, no piso interno foi aplicada uma vegetação e na laje de cobertura um mosaico e no pilar de seção quadrada foi aplicada uma textura de um tapete, já no muro foi aplicado tijolos de grandes dimensões. Portanto, o uso de texturas ou simulações nas formas neste estudo alteraria a concepção primária restrita a forma para a geração de espaço arquitetônico.



**Figura 15**

Etapas para modelagem de um prisma de base quadrada.

Fonte: Material didático, captura de tela pelo autor.

A Figura 15 descreve as etapas para a modelagem de um prisma no software Sketchup. O procedimento consiste na geração de uma base, em seguida, com o dispositivo apontador, no caso pela movimentação do *mouse*, foi definida, uma altura para o volume.

Esse procedimento para a geração de formas é um modo particular do ambiente digital, e mais especificamente do software Sketchup. Não faz relação direta com o modo no mundo físico construtivo caso este prisma fosse, por exemplo, executado em concreto. O estudante vai desenvolvendo, por meio dos instrumentos digitais, sua composição derivado dos recursos disponíveis pelo software. O nível de conhecimento do software não é necessariamente igual à sua compreensão do processo construtivo, no mundo real físico, dos elementos arquitetônicos.

Portanto, os modelos conceituais produzidos em ambientes digitais de projeção são uma representação do mundo real físico. Depende da interface gráfica do software e da habilidade de uso do software pelo estudante. Tal processo pode se assemelhar com o desenho a mão livre, à maquete física de materiais diversos ou a desenhos ortográficos. Alguns estudantes utilizam mais de um instrumento quando são estimulados, ou desenvolvem seus próprios modos de projeção mistos, ou seja com mais de um recurso. Porém os ambientes digitais tornam-se mais rápidos com a evolução dos hardwares e facilidades de uso na interface gráfica.

Assim, a decisão do uso de modelos conceituais vai promover o desenvolvimento das ideias e princípios adotados para a solução de problemas de arquitetura. As propostas estão submetidas aos limites do software e da capacidade do estudante em utilizá-las para a resolução de situações de projeto especificadas.

### **3.6.2 Os Aspectos Visuais**

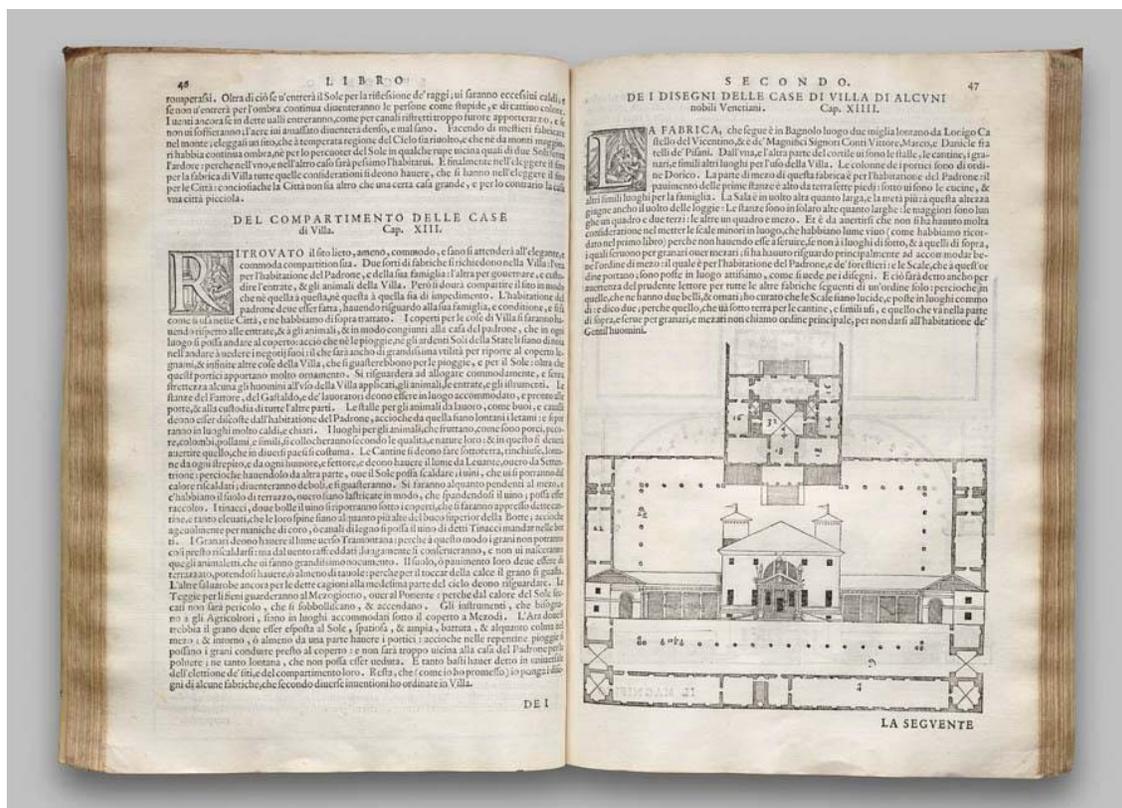
Um segundo aspecto a ser observado em relação à projeção de arquitetura está relacionado aos aspectos visuais derivados dos princípios estéticos que a arquitetura tem de satisfazer. Trata-se de uma busca natural do equilíbrio entre espaços que funcionem bem a que se destina que sejam esteticamente

considerados belos e ainda que sejam executados de modo sólido em relação às técnicas construtivas. Este é um dos princípios da arquitetura adotado pelo arquiteto Vitruvius.

Este presente estudo não se ocupará de uma discussão mais aprofundada nem de história e nem de teoria dos conceitos que norteiam o arquiteto ao iniciarem os espaços a serem projetados. De um modo geral, os conceitos apresentados por Vitruvius ainda são válidos e necessários a um espaço arquitetônico. Tais conceitos são válidos para a projeção em ambiente digital.(VITRUVIO,2002)

Com a evolução da nossa civilização o arquiteto, antes um profissional que tinha uma grande aproximação com o canteiro de obras, se concentra mais no aspecto do processo projetual. Essa dissociação é extremamente importante pois a especialização do projeto como um produto que saí do atelier para a obra torna possível a previsão e resolução de problemas mais complexos.

O desenvolvimento dos sistemas de representação e dos instrumentos de representação gráfica tornou o projeto cada vez mais especializado. Por outro lado, distanciou o arquiteto cada vez mais de aspectos relacionados a natureza do processo construtivo na obra. Desse modo, o arquiteto começa se a privilegiar o desenho como instrumento definitivo a ser seguido. Os tratados de arquitetura fizeram parte de um momento histórico que pôde estabelecer regras e procedimentos minuciosos a serem seguidos pelos executores.(CHING,1999)



**Figura 16**

Foto do tratado Os Quatro Livros de Arquitetura do Arquiteto Palladio (1508 — 1580), demonstrando a Villa Pisane.

Fonte: Commons da Wikipédia

A Figura 16 apresenta um desses tratados escrito pelo arquiteto Andrea Palladio, que contém a descrição de como deveriam ser os compartimentos de uma casa.

Portanto, é importante perceber que a evolução permitiu o estabelecimento de um sistema com divisão de funções e a especialização para objetos arquitetônicos de maior complexidade.

Segundo Mallard (2006), os arquitetos, depois que projeção concentra-se mais no desenho, o arquiteto busca os aspectos visuais mais atrativos para a geração de forma e espaço.

Mesmo os movimentos arquitetônicos mais recentes tem as suas origens em países de climas temperado, ou frios. Ao ser incorporado ao nosso modo de fazer arquitetura, no Brasil, carregam nos aspectos visuais valores simbólicos da imagem por meio de suas formas e espaços. O Movimento pregava, entre outros aspectos, uma simplicidade racional onde o belo estava na ausência do ornamento. (ZEVI, 1978; PIÑON, 2006)

Os arquitetos se apropriam de estratégias de projeção e recursos de forma onde é percebida a supervalorização dos aspectos visuais para garantir validade e reconhecimento estilístico. Entretanto muitos destes aspectos ferem princípios racionais de adequação cultural e interferirá nos produtos da projeção arquitetônica. (MAFUZ,1995;MARTINEZ,1991)

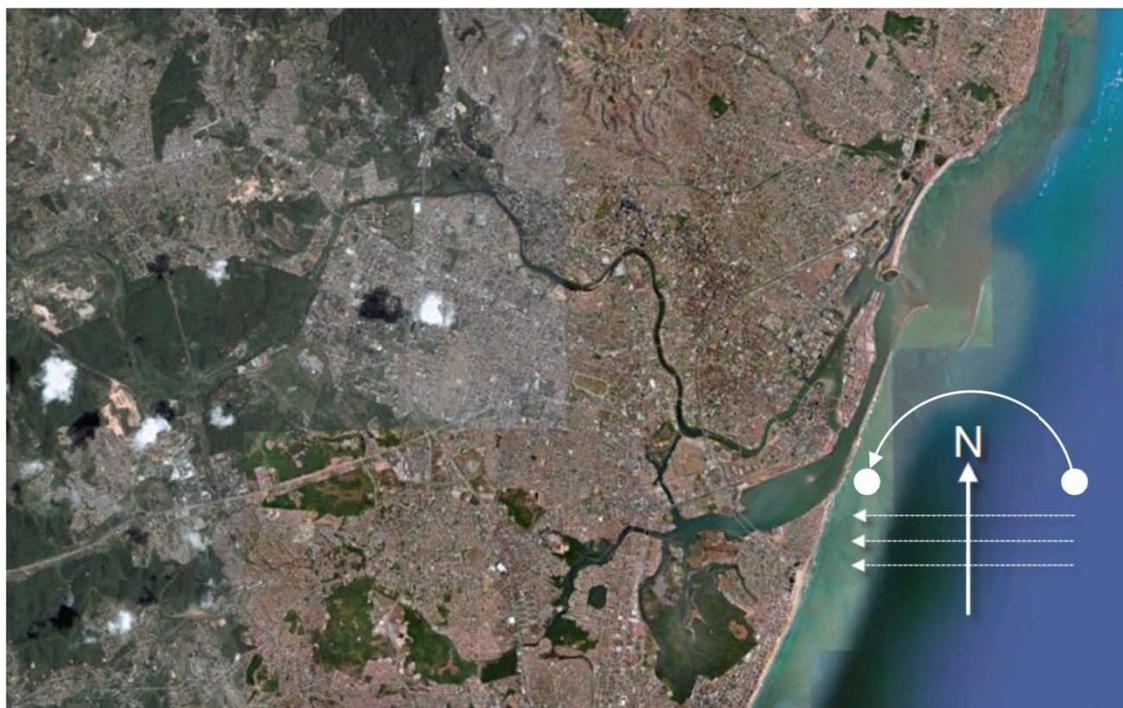
Entre esse podemos listar os seguintes pontos:

- a) uso de fachadas expostas as maiores incidência do sol;
- b) uso de vidros desprotegidos na fachada;
- c) uso de materiais inadequados, tais como plásticos para revestimentos externos;
- d) ambientes com pé direito baixo;
- e) pouco aproveitamento da ventilação;
- f) desconsideração do homem quanto às condições ambientais.

## 4 FORMA E ESPAÇO PARA A CIDADE DO RECIFE

Este capítulo descreve as características climatológicas da Cidade do Recife e especificam os princípios bioclimáticos arquitetônicos essenciais à habitabilidade. Estabelece as estratégias de projeção e os recursos de forma que devem ser utilizados para a geração de espaços adequados e adaptados para este presente estudo.

O objetivo central é buscar espaços com melhor qualidade de habitabilidade em relação ao conforto térmico. São apresentados os períodos do ano onde existe conforto natural dos ambientes. Os que estão fora deste zona de conforto necessitam de estratégias de projeção e recursos de forma para permitir as atividades humanas com melhor adequação. (MACHADO, 1986; FREITAS, 2008)



**Figura 17**

Imagem de satélite da Cidade do Recife com indicação do Norte, movimentação (aparente) do sol de leste para o oeste e setas pontilhadas indicando a predominância de ventos no verão.

Fonte: Captura de tela pelo autor do Google Maps.

#### 4.1 Princípios Bioclimáticos para o Recife

A Cidade do Recife localiza-se no litoral da Região Nordeste do Brasil. Possui um clima tropical e altos níveis de umidade (umidade relativa do ar). O mês de janeiro é o mais quente do ano; julho é o que possui temperaturas mais amenas. Nos períodos mais quentes, a temperatura varia de 25° C a 30° C, e nos mais amenos varia de 20°C a 27° C. A temperatura média da Cidade do Recife é 25,2° C.

Gráfico climático para o Recife



**Figura 18**

Apresentação da variação das temperaturas ao longo dos meses do ano para a Cidade do Recife.

Fonte: Adaptado pelo autor.

Segundo a classificação de Köppen-Geiger, o Recife possui um clima nomeado AW, ou seja, clima tropical úmido. É tropical pelo fato da cidade estar localizada entre as regiões intertropicais, entre as linhas do Trópico de Câncer e Capricórnio; a temperatura do ar está sempre acima dos 18° C. A baixa altitude, em média 4 metros acima do mar torna a cidade quente. A Cidade do Recife ainda apresenta altos índices de umidade relativa do ar (variando de 70% a 80%), devido a influência das massas tropicais marítimas do Oceano Atlântico.

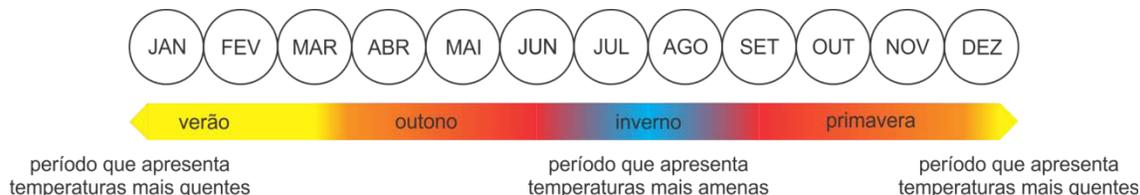
São bem definidas duas estações – verão e inverno – ambas com alto índice de umidade. Entretanto, é no inverno que ocorrem os maiores índices das precipitações pluviométricas.

### Quadro 1

Apresentação das estações do ano no Hemisfério Sul utilizadas neste estudo.

Estação do ano	Início aproximado
Verão	21 de dezembro
Outono	21 de março
Inverno	21 de junho
Primavera	21 de setembro

Nos climas tropicais, quentes, úmidos e litorâneos não são identificadas grandes alterações em relação às estações do ano. São definidas duas estações: a mais amena (com temperaturas mais baixas, devido a menor incidência da radiação solar), no qual ocorre a maior precipitação pluviométrica e a mais quente nos meses de verão. O período mais quente será estudado neste presente estudo. Dois aspectos importantes: a mudança das posições do sol e a alteração do sentido dos ventos.

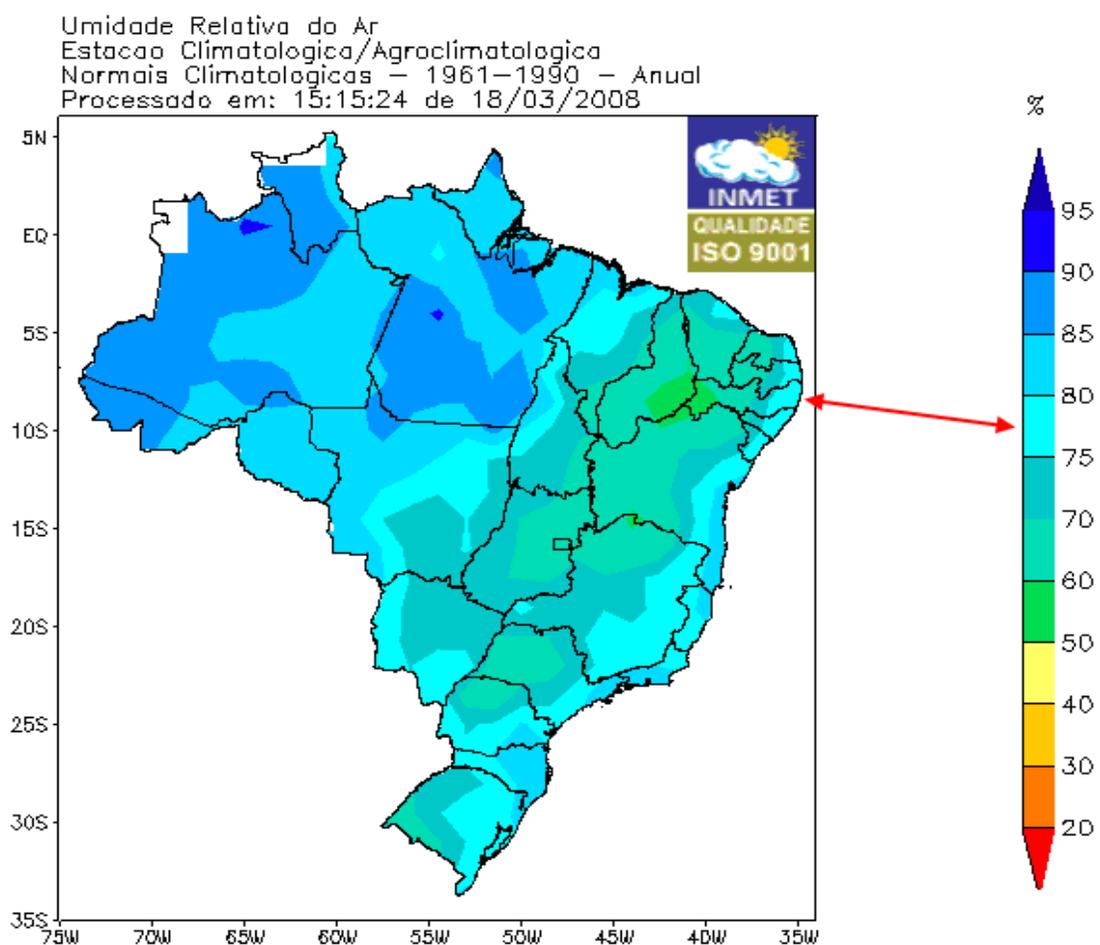


#### Diagrama 5

Apresentação dos meses do ano indicando as estações e os períodos mais quentes e amenos.  
Fonte: O autor.

O diagrama 5 descreve os meses do ano e as respectivas estações do ano. Os finais dos meses de maio, todo o mês junho, de julho, e de agosto e inícios de setembro estão na zona de conforto térmico. É importante salientar que existem variações normais ao comportamento climatológico. Este presente estudo se ocupará dos períodos mais quentes do ano – do mês setembro ao mês maio, do ano seguinte. Este período está fora da zona de conforto térmico.

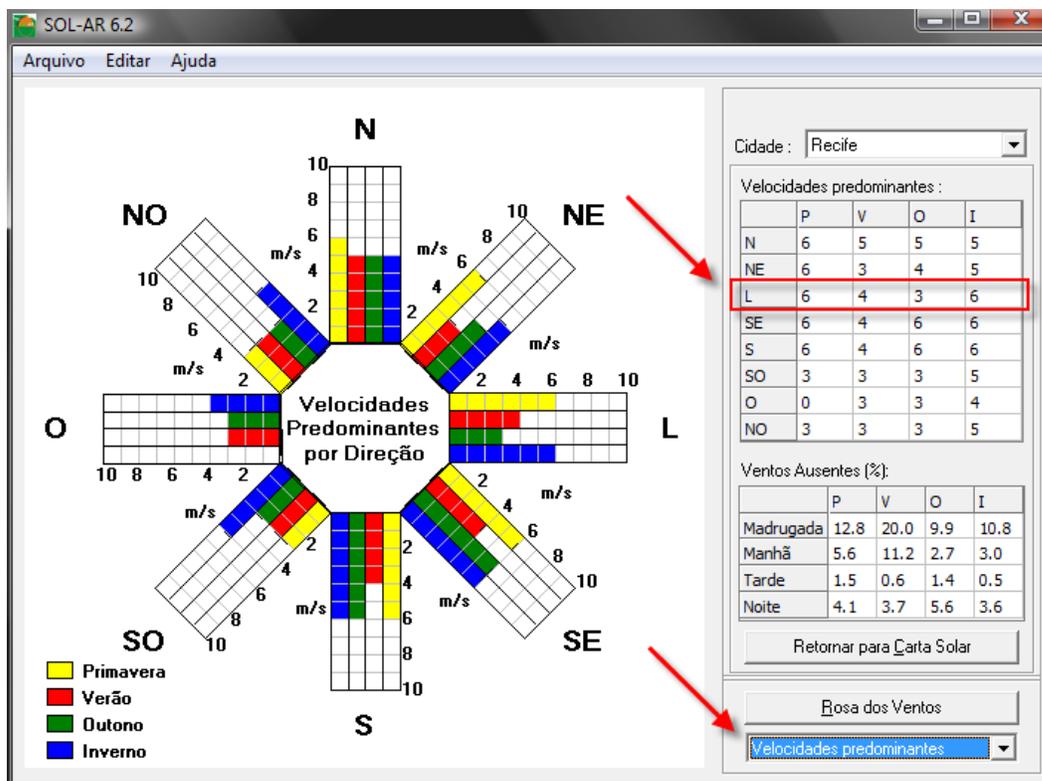
Para efeito, neste estudo, foi simplificado o movimento do sol (Leste-Oeste) e restrito o sentido da ventilação mais amena no período de verão (Leste-Oeste).



**Figura 19**

A figura apresenta os índices de umidade relativa do ar para todo o Brasil. A seta indica a posição aproximada do Recife com variação de 70 a 80% para a umidade relativa do ar.

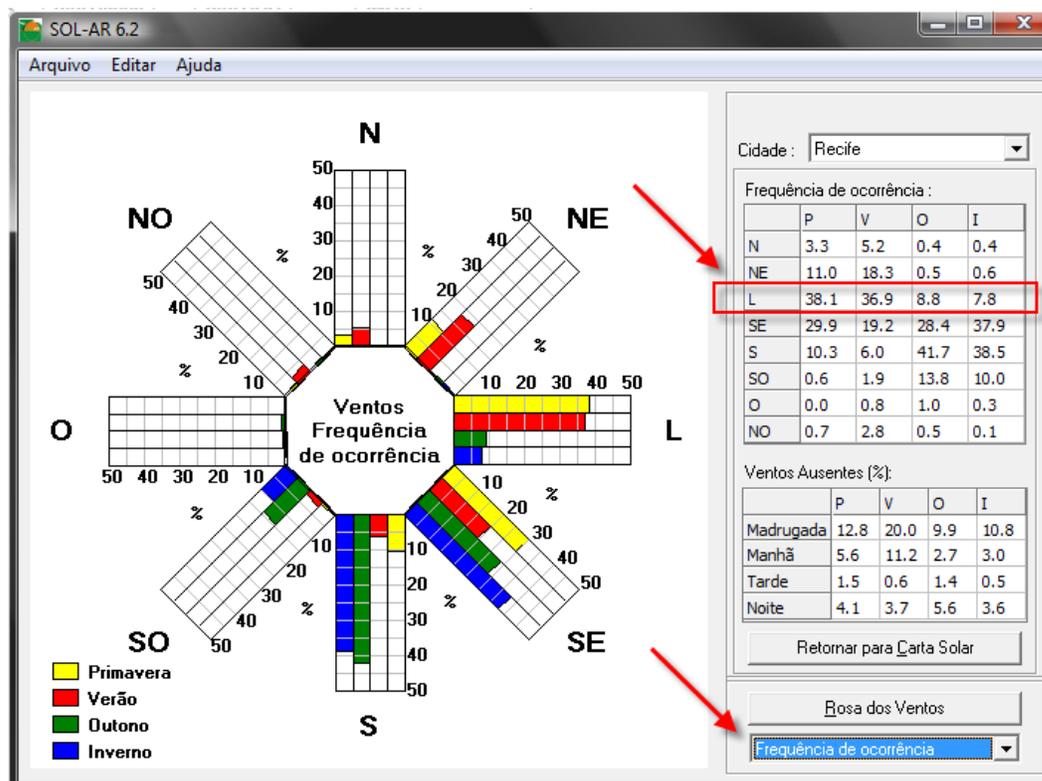
Fonte: INMET



**Figura 20**

Descrição das velocidades predominantes nas estações do ano.

Fonte: Captura de tela do software Sol-Ar pelo autor

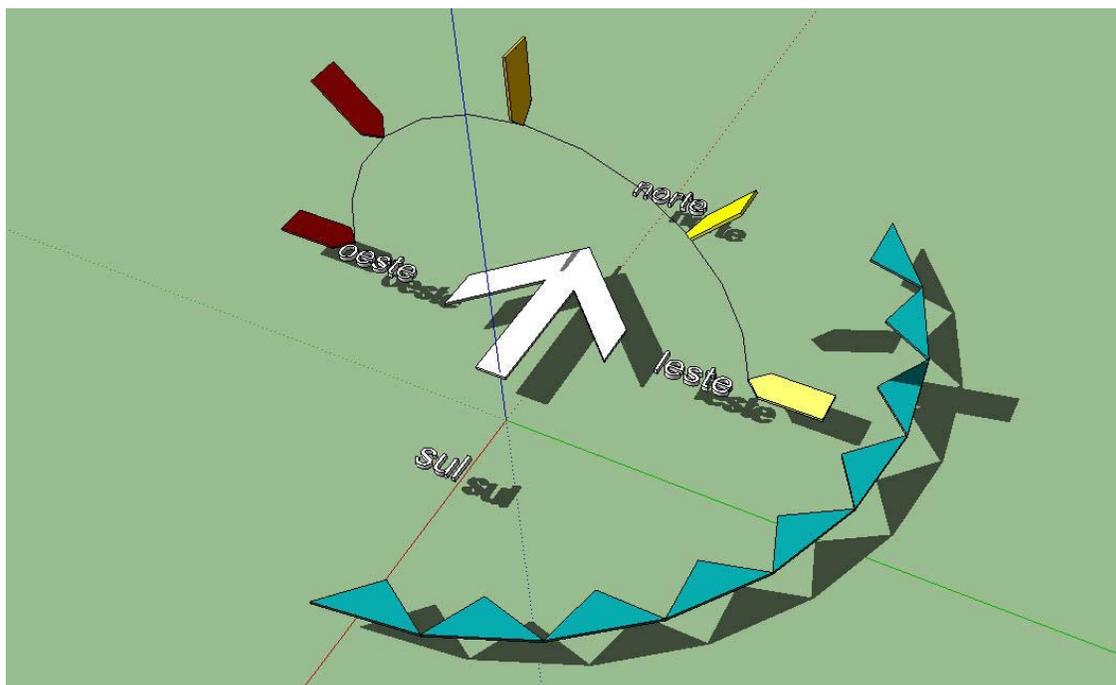


**Figura 21**

Descrição das velocidades predominantes nas estações do ano.

Fonte: Captura de tela do software Sol-Ar pelo autor

As Figuras 20 e 21, obtidas por meio da captura de tela do software SOL-AR, descrevem graficamente as velocidades predominantes e a predominância da ventilação natural ao longo das estações do ano. Os gráficos têm por objetivo, neste estudo, verificar as maiores ocorrências no período de maior intensidade nos períodos mais quentes do ano, a estação do verão. Para tal foi selecionado o sentido Leste-Oeste que apresenta níveis de incidência e ocorrências. Portanto para efeito de pesquisa foi estabelecido o sentido que se origina no Leste em direção ao Oeste.



**Figura 22**

Gráfico tridimensional simplificado apresentando o movimento do sol (simplificado), e os ventos amenos predominantes na Cidade do Recife.

Fonte: O autor.

A Figura 22 apresenta o movimento aparente do sol que vai do leste, sendo as posições do sol no Oeste mais incidentes que as do Leste. Assemelha-se a um Heliódromo simplificado. Também apresenta o sentido da ventilação que vai do sul ao nordeste, variando ao longo dos meses do ano. Para esta investigação foi necessário fazer uma simplificação. Então, foi admitido o movimento fixo do sol do Leste ao Oeste. Já quanto ao sentido da ventilação natural, foi admitido igualmente o sentido fixo do Leste para o Oeste.

Portanto, para este estudo, foi caracterizado que a Cidade do Recife apresenta um clima tropical, quente, úmido e litorâneo. O sol nasce no Leste e se põe ao Oeste. A ventilação mais amena vem do Leste para o Oeste. O período de maior incidência solar direta é entre às 9h até 15h. (CUNHA,1986)

Desse modo, como princípios bioclimáticos para a redução dos efeitos do calor, da radiação solar, e da umidade excessiva em espaços arquitetônicos, na Cidade do Recife foram sintetizados os seguintes pontos:

- a) Proteção do espaço arquitetônico contra a incidência da insolação direta ao longo dos meses mais quentes do ano, no período das 9h às 15 h;
- b) Aproveitamento da ventilação natural, com permeabilidade para a entrada e saída dos fluxos de ventos ajustados aos meses mais quentes do ano.

#### **4.1.1 Proteção Contra a Insolação Direta**

A insolação direta nos espaços com climas tropicais de baixa altitude deve ser sempre evitada. O calor produzido pelo sol é transferido diretamente para o ambiente interno tornando-o inadequado às atividades humanas. Ou seja, nos períodos mais quentes do ano a insolação torna os espaços fora da zona de conforto, ou seja produzem a sensação de desconforto.

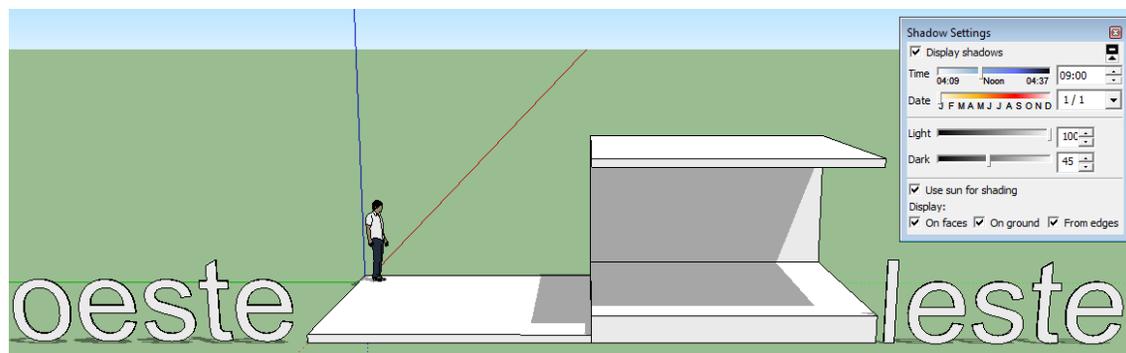
Além disso, a alta umidade relativa do ar, que oscila entre 70% a 80%, existente ao longo de todo o ano provoca uma sensação térmica ainda mais incômoda.

A localização litorânea permite que as massas de ar mais amenas e contínuas, ao longo do ano, sejam aproveitadas para minimizar os efeitos do calor e da umidade.

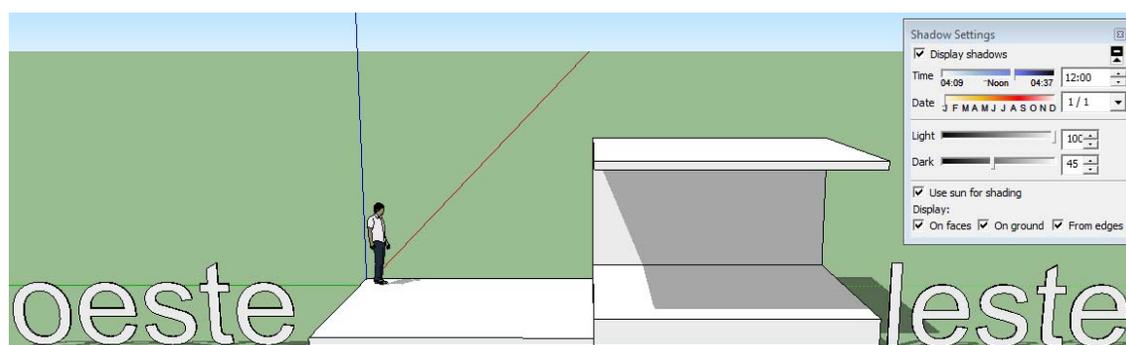
A proteção contra a insolação direta deve ser evitada severamente nas fachadas Oeste, momento de maior incidência. Porém, nos períodos mais quentes do ano, é recomendável igualmente a proteção da fachada Leste. De fato, para uma

maior eficiência, é desejável que todas as fachadas sejam igualmente protegidas. Para este presente estudo foi estabelecida a proteção nas fachadas Leste e Oeste.

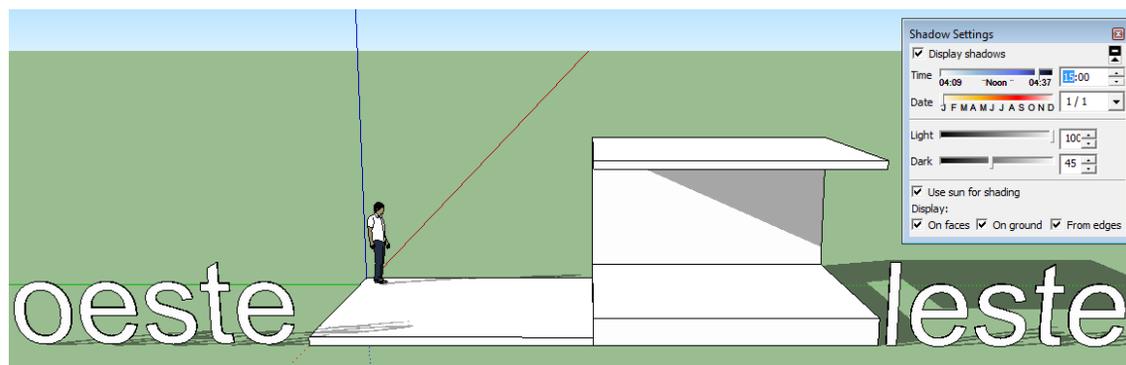
A Figura 23 apresenta a simulação da insolação de um modelo. Foram especificados três momentos às 9h, 12h e 15h. É possível identificar que as fachadas Leste e Oeste recebem diferentes níveis de insolação.



**Momento 1 – 9 horas.**



**Momento 2 – 12 horas.**



**Momento 3 – 15 horas.**

### **Figura 23**

Simulação dos três momentos que apresentam incidência solar direta no espaço – às 9hs, 12hs e 15hs.

Fonte: O autor.

#### **4.1.2 Aproveitamento da Ventilação Natural**

Ao longo de todo o ano existe uma ventilação que é proveniente das massas de ar amenas devido a proximidade do mar. Essa ventilação possui uma variação de sentido ao longo de todo o ano ver Figura 23. Ela é predominante do sul ao sudeste nos meses mais quente do ano e deve ser aproveitada para a sensação térmica do calor e o excesso de umidade existente nos ambientes internos. Para este estudo estabelecemos o período do verão que possui e ventilação Leste – Oeste. Os outros períodos estão na zona de conforto e devem ser igualmente aproveitadas.

#### **4.2 Estratégias de Projetação**

As estratégias de projetação estão relacionadas à geração de espaço arquitetônico que permite a maximização tanto da proteção contra a insolação direta como da ventilação natural. Trata-se uma síntese de diversas orientações que permitem o estabelecimento pelo estudante de modo combinado ou em modo separado de estabelecer as adequações necessárias (HOLANDA, 1976;FROTA, 2003).

#### **4.3 Recursos de Forma**

Os recursos de forma arquitetônica são, um conjunto de elementos arquitetônicos, produzidos por meio de diversos materiais que têm por objetivo a proteção do ambiente interno ou externo da insolação direta e a permeabilidade para a ventilação.

Foram apresentadas uma síntese das estratégias e as suas respectivas funções:

##### **a) Levantamento da base da edificação do nível do solo.**

Ao levantar a base da edificação do solo, evitam-se duas situações que interferem no espaço: 1) o excesso de umidade existente no solo da região selecionada para este estudo é transferido para o espaço produzido; 2) o

distanciamento do solo evita também a transferência do calor acumulado no solo por conta da incidência solar direta.

#### **b) Geração de áreas cobertas sombreadas.**

A geração de grandes cobertas protege todo o volume da incidência solar direta., ainda, altamente recomendável que essa coberta possua uma alta distância entre a base do piso e o teto. Desse modo evita-se a transferência do calor acumulado na coberta para o espaço interno. A coberta alta permite que a ventilação transpasse ou cruze o espaço para a exaustão do calor logo abaixo da coberta.

#### **c) Posicionamento da edificação para aproveitamento da ventilação natural.**

É fundamental que o espaço a ser construído esteja ajustado para o aproveitamento da insolação. Notadamente nos meses mais quente do verão a ventilação é proveniente do lado Leste. O posicionamento a coberta e as aberturas para o aproveitamento da ventilação garantem melhores temperaturas internas, visto que os ventos são sempre amenos ao longo de todo o ano.

#### **d) Recuo das paredes e vedações.**

O recuo das paredes e vedações em relação a coberta é fundamental para a geração de sombra que nas paredes e vedações protege o espaço interno do calor provocado pela incidência solar. Essa sombra pode percorrer todos os lados do volume produzindo um efeito de proteção ainda maior.

#### **e) Geração de aberturas para a entrada e saída da ventilação natural.**

A ventilação natural mais amena, no período especificado para este estudo, das 9hs às 15hs, terá sempre o sentido Leste – Oeste. Entretanto, para o aproveitamento adequado da ventilação, é necessária, a geração de aberturas para a entrada e a saída dos fluxos, ou seja, a permeabilidade do espaço. É relevante ainda verificar que as fachadas Oeste recebem insolação direta. Portanto é necessário proteger as fachadas Oeste e permitir

saída (exaustão) da ventilação e a proteção do espaço nos períodos mais quentes aberturas, vazaduras em paredes podem se alinhar com o sentido da ventilação. (FROTA,2003).

**f) Geração de espaços contínuos.**

Os espaços contínuos são aqueles que não possuem anteparos para a ventilação. Permitem que os fluxos de vento entrem e saiam com fluidez. Para tal, é necessária a geração de cobertas com grande distância em relação ao piso (pé-direito alto) e a possibilidade de os ventos permearem o espaço construído. (HOLANDA,1976)

**g) Proteção das aberturas, porta e janelas da insolação direta;**

Todas as aberturas, portas, janelas, vazaduras e outras aberturas se expostas à insolação das 9h às 15h, devem ser protegidas por meio de recursos, tais como brises, marquises ou qualquer outro recurso que possibilite a proteção contra a entrada de insolação direta no espaço interno.

**h) Proteção dos espaços da insolação direta.**

Todos os espaços devem ser protegidos da insolação direta. Segundo, FREITAS, 2003, os espaços devem ser protegidos durante os maiores índices de insolação no verão. O sol das 9h é menos intenso. Mas já produz calor de modo considerável e já deve ser evitado. Os momentos de maior insolação que são às 12h e 15h exigem de uma maior proteção. Para estudo foram assumidos os valores das 9hs às 15h.

Foram apresentadas uma síntese de formas e as suas respectivas funções:

**a) Grandes planos de coberta.**

Os grandes planos de cobertas geram grandes sombras. Esse recurso é fundamental para espaços na Cidade do Recife pois protege o volume da insolação direta. O ideal é que esses planos protejam a composição em todos os momentos da maior insolação (9h às 15h).

**b) Grandes beirais**

Os beirais de grande proporções na cobertura proporcionam sombreamento nas paredes externas da volumetria principal impedindo a incidência direta da insolação.

**c) Brises solares (quebra-sol)**

Os brises solares, também quebra-sol, são peças de variados materiais que funcionam como protetores para a insolação direta. Também podem servir como planos ajustados para o aproveitamento da ventilação. Podem ser horizontais, verticais ou variações destes.

**d) Combogós**

Os combogós são elementos vazados que permitem a passagem do vento e da luminosidade entre os ambientes internos e externos. Podem ser de diversos materiais com resistência. Funcionam como tijolos, preenchendo muros, paredes ou partes destes.

**e) Venezianas**

As venezianas são elementos arquitetônicos que podem ser usados para o ambientes internos ou externos. Servem como recurso para a vedação entre dois ambientes. Podem ser constituídos de diversos materiais. Assim com os combogós, permitem a passagem dos ventos e do controle do excesso luminosidade controlada.

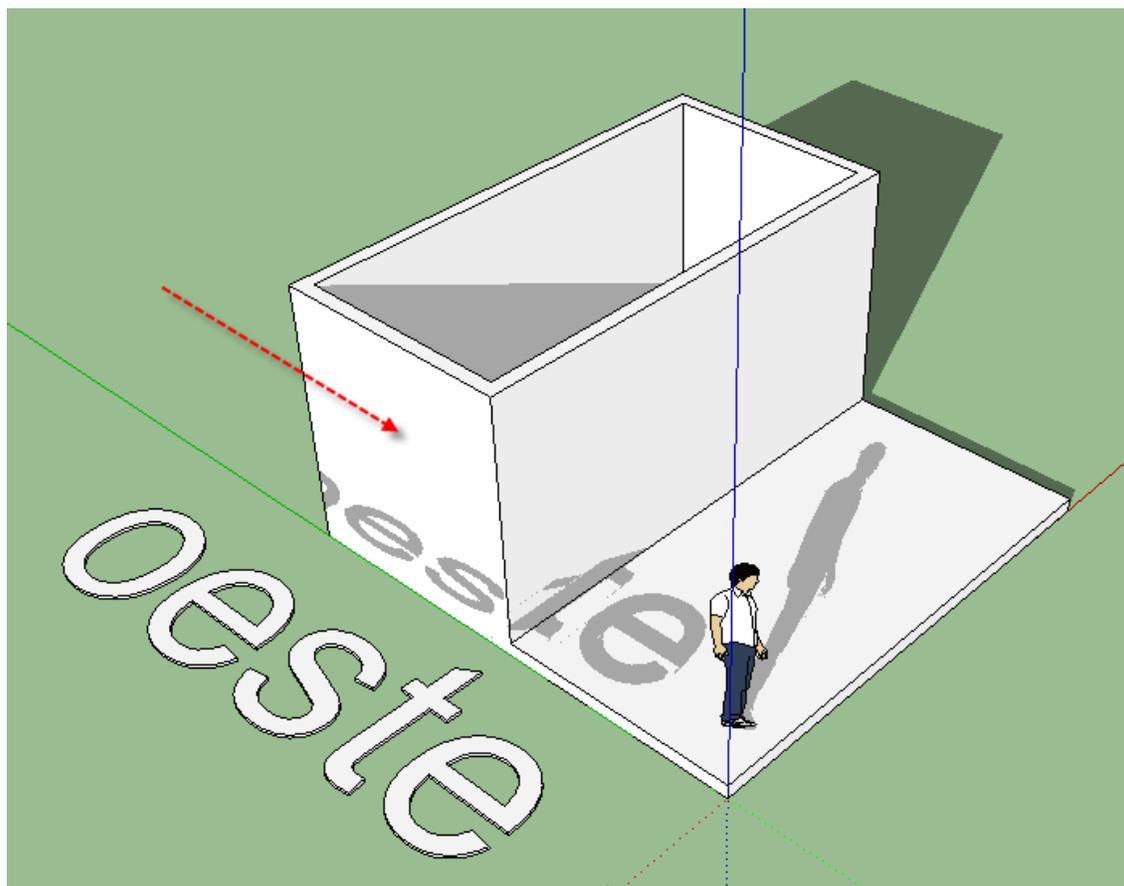
**f) Passarelas**

As passarelas são elementos arquitetônicos que protegem um percurso da insolação direta e de precipitações pluviométricas. São muito úteis em climas tropicais, quentes e úmidos, pois protegem os usuários do excesso de radiação solar.

#### 4.4 Situações impróprias que devem ser evitadas

Além das estratégias de projeção, que estão relacionadas à geração de espaço e aos recursos de forma sugeridos, foi necessário estabelecer algumas situações impróprias relacionadas ao espaço e ao volume que devem ser evitadas, pois interferem nos dois princípios bioclimáticos estabelecidos (geração de sombra e aproveitamento da ventilação natural). Foi possível listar as seguintes situações:

##### a) Evitar exposição da insolação direta em paredes do lado Oeste.



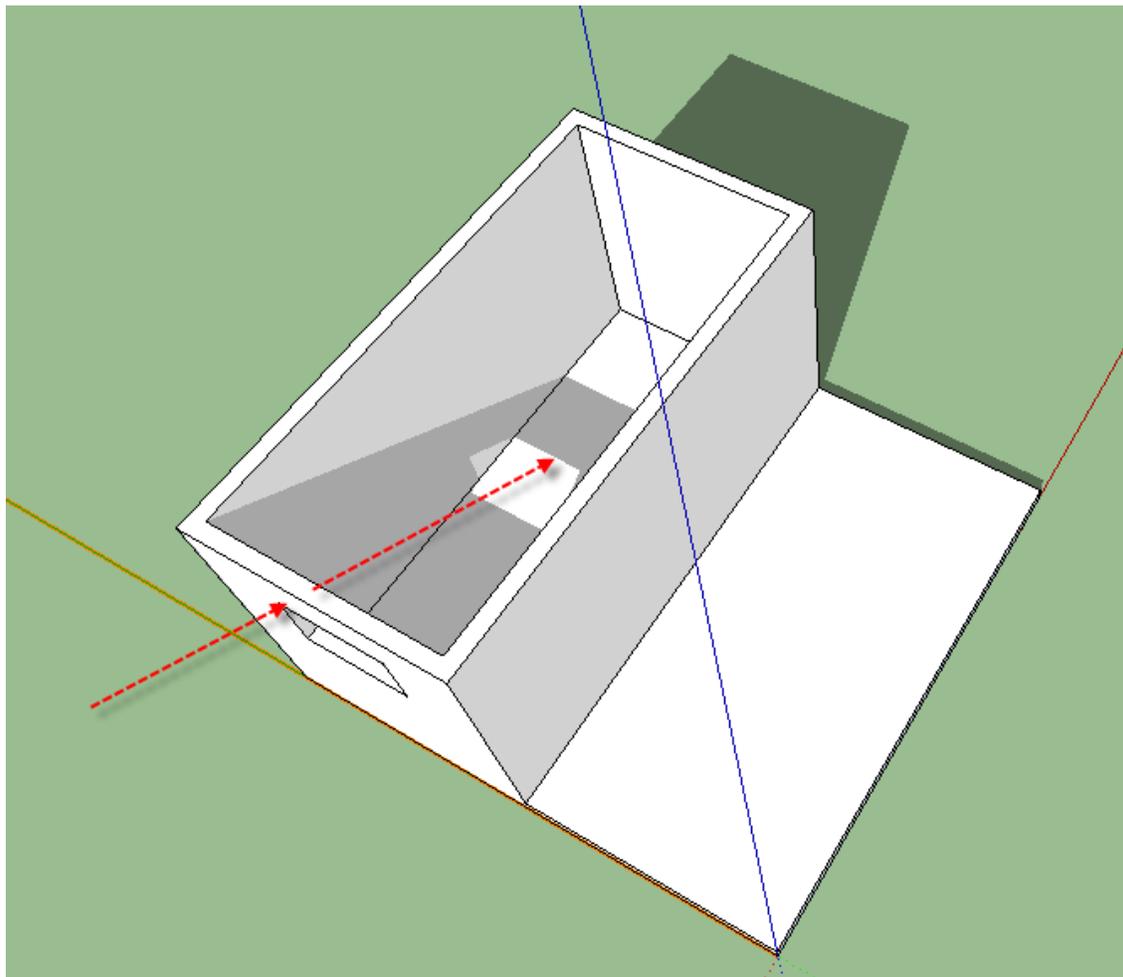
**Figura 24**

Parede exposta a insolação direta no Oeste.  
Fonte: O autor.

Devem ser evitadas paredes e vedações expostas à insolação Oeste, ao longo de todos os meses do ano. Essas paredes transferem ao ambiente o calor produzido pela radiação solar provocando desconforto às atividades humanas.

A solução para tal é utilizar recursos de forma que as protejam, tais como beirais, brises, e outros anteparos que impeçam a exposição direta.

**b) Evitar a entrada de insolação direta originada do Oeste nos ambientes.**



**Figura 25**

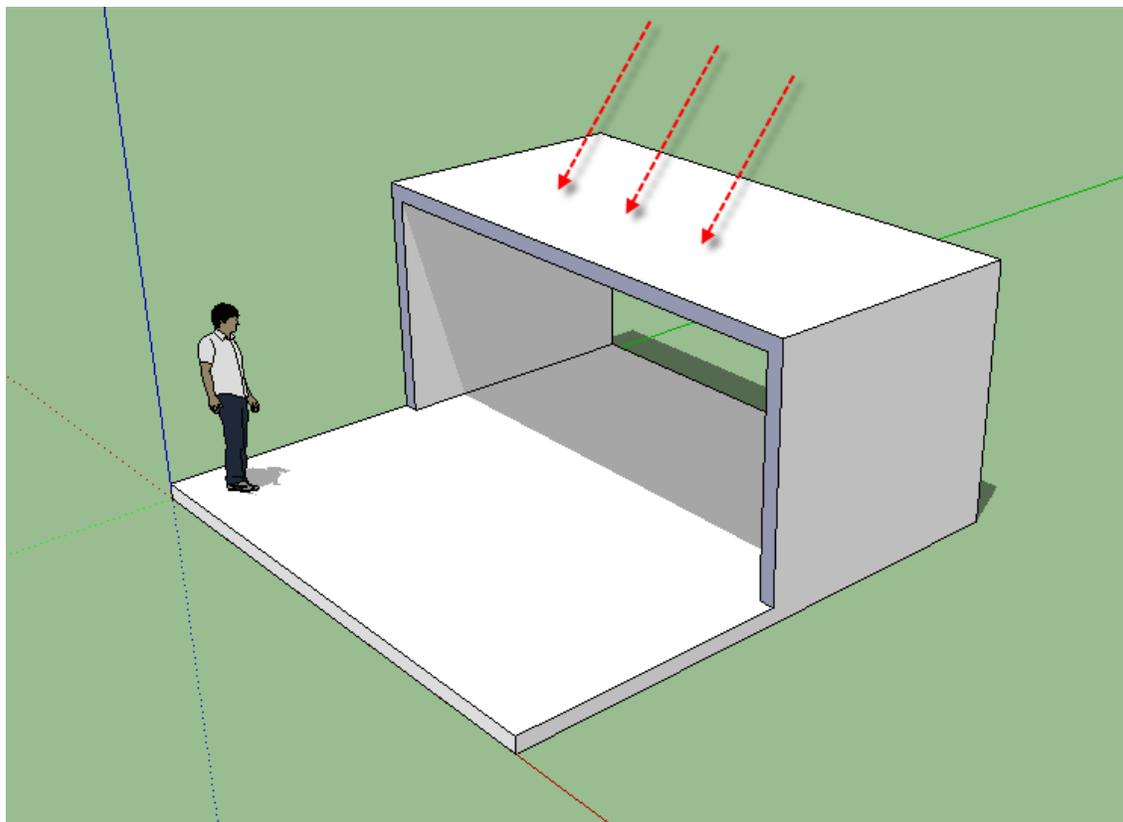
Entrada de insolação por meio de uma janela no ambiente.

Fonte: O autor.

Deve-se evitar a entrada de insolação direta nos ambientes por meio de janelas, aberturas ou outros tipos de ‘rasgos’. A entrada da insolação direta produz calor no ambiente interno, especialmente nos períodos mais quentes do ano.

Para solucionar esse problema pode-se manter a abertura protegida por brises ou anteparos quem impeçam a entrada da insolação e permitam a entrada ou saída da ventilação.

**c) Evitar o uso de lajes planas com pé direito baixo.**



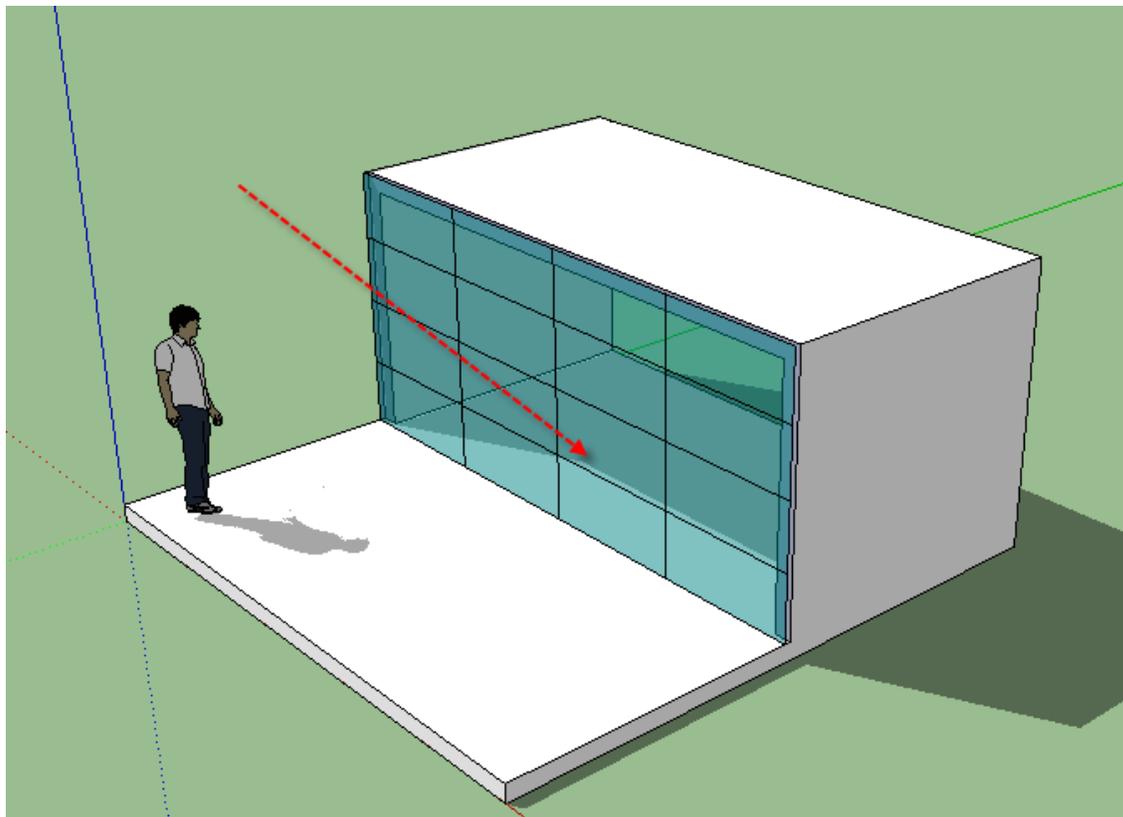
**Figura 26**

Laje plana com altura baixa.

Fonte: O autor.

As lajes planas com baixa altura (pé-direito-baixo) em regiões com forte insolação direta, como é o caso do Recife, transferem ao ambiente interno o calor mais rapidamente. Trata-se de um princípio fundamental adotado na pesquisa. Entretanto existem tecnologias que podem isolar ou minimizar este efeito. Ou seja: deve-se elevar a distância do piso interno até a laje de cobertura plana. Esses recursos adotados em modo combinado podem maximizar a qualidade dos espaços. Aberturas no alto das paredes amenizam o calor acumulado na parte superior do teto. O ar quente sempre fica na parte superior dos ambientes. Aberturas superiores permitem a saída desse ar. (MONTENEGRO, 1984).

**d) Evitar o uso de material translúcido desprotegido da insolação direta.**



**Figura 27**

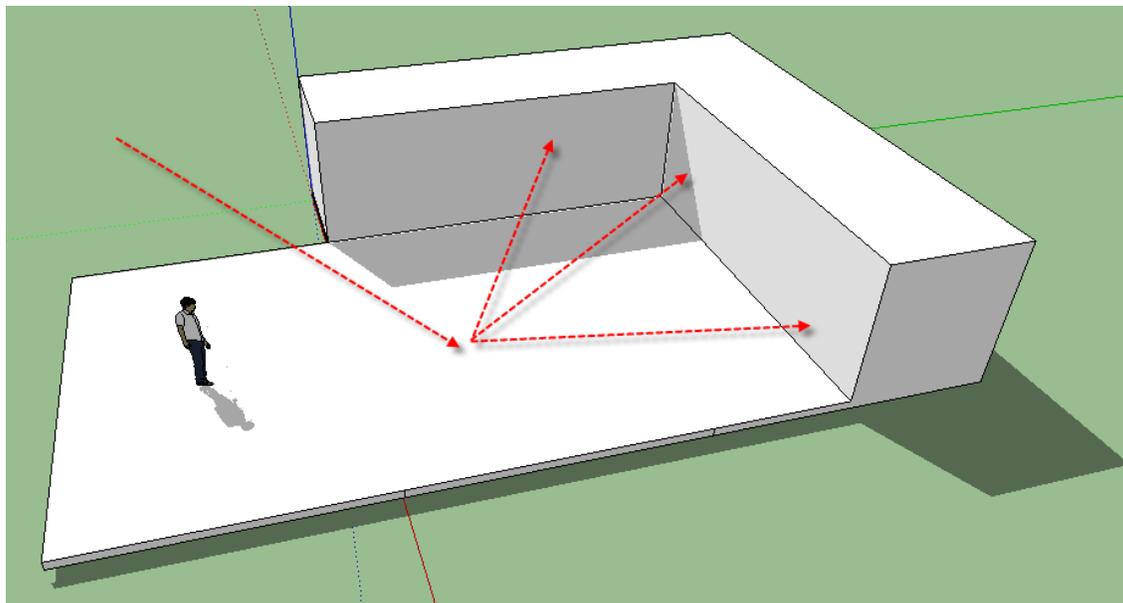
Imagem de um pano de vidro desprotegido que permite a entrada de insolação direta.

Fonte: O autor.

Deve-se evitar o uso de planos de material translúcido em paredes, vedações ou aberturas que permitam a entrada de insolação direta, especialmente nas fachadas Oeste que recebem ao longo do ano maior incidência. Apesar de existirem vidros e outros materiais que podem, por exemplo, filtrar determinados raios impedindo os efeitos mais intensos, entretanto, para este estudo, foi estabelecido que o uso deste material transfere para o espaço interno calor.

Materiais translúcidos podem ser utilizados em regiões de clima tropical, quente, úmido e litorâneo, desde que tomadas as devidamente precauções para proteção da insolação direta, por meio de recuos ou brises e que permitam a circulação da ventilação. Esses recursos devem ser mantidos, mesmo com condicionamento de ar, para reduzir custos relativos a estabilização de temperaturas internas e externas.

e) Evitar planos e espaços com material, no piso, expostos à insolação direta.



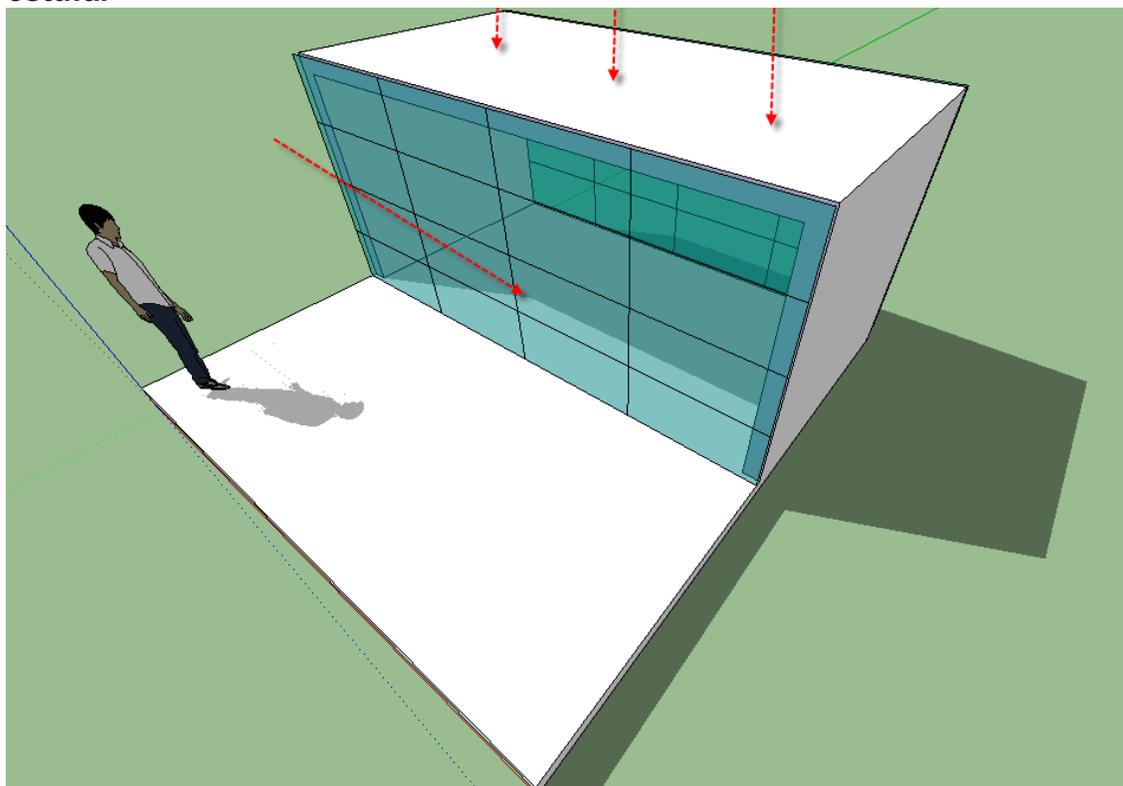
**Figura 28**

Imagem apresenta um plano de material que reflete ao volume arquitetônico o calor.

Fonte: O autor.

Deve-se evitar grandes planos de material expostos diretamente à insolação os quais acumulem e reflitam calor para os volumes. Para evitar esse efeito devem-se utilizar ajustes no posicionamento desses planos, ou intercalar com vegetação para absorção da incidência direta.

**f) Evitar espaços sem nenhuma abertura produzindo um efeito estufa.**



**Figura 29**

A imagem apresenta um espaço sem aberturas para entrada ou saída da ventilação e ainda permite a entrada de insolação direta.

Fonte: O autor.

Devem ser evitados espaços que não possuam aberturas para entrada ou saída da ventilação, especialmente se esses espaços possuírem aberturas desprotegidas ou se foram utilizados materiais translúcidos que permitam a entrada da insolação direta. Esse tipo de situação provoca o acondicionamento de calor, ou o efeito estufa. Tais ambientes só funcionam na cidade selecionada para este estudo se forem utilizados meios artificiais para o condicionamento do ar e ajuste da temperatura.

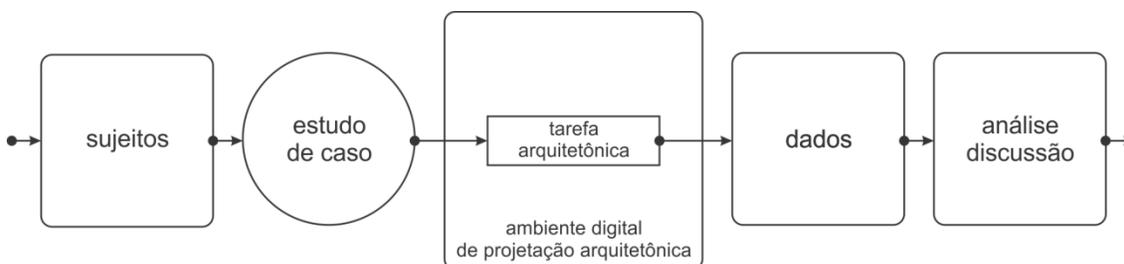
Para se evitar o efeito estufa, deve-se não somente permitir a entrada e a saída da ventilação, mas também e proteger as aberturas, evitando-se os casos inapropriados apresentados anteriormente.

## 5 MÉTODO

Este capítulo descreve os procedimentos metodológicos adotados para analisar os efeitos do uso da ferramenta de projeção Sketchup no desenvolvimento de alunos de arquitetura quanto ao entendimento e uso das diretrizes e recursos de projeção para a Cidade do Recife. Para tanto, partimos para um estudo de caso experimental com a aplicação de uma tarefa de projeção arquitetônica. (MARTINS, 2008)

### 5.1 Estrutura Metodológica

Após estabelecidos os 14 casos válidos, foi observado o respeito às condições previamente estabelecidas como mínimas e necessárias para a boa habitabilidade.



**Diagrama 6**

Estruturação do método para aplicação na pesquisa.

O Estudo de Caso consistiu na proposição de uma Tarefa e Arquitetura que estabeleceu um contexto em que os estudantes foram solicitados a desenvolver um projeto arquitetônico - uma escola pública infantil. (SILVA, 1984)

Esse contexto teve como finalidade não só verificar a capacidade do estudante de propor um volume que atendesse aos dois pré-requisitos estabelecidos (proteção da insolação e permeabilidade da ventilação), mas também, principalmente, permitir a extração de dados e análise desse estudo. (YIN, 2002)

A tarefa foi aplicada no contexto de disciplina *Projeto de Assistido por Computador*, em uma instituição de ensino superior pública de arquitetura, na Cidade do Recife, Pernambuco. (ANDRÉ, 2000; ELLET, 2007; GIL, 2009)

## 5.2 Etapas

Para o desenvolvimento da aplicação do método por meio de um estudo de casos junto a sujeitos, os estudantes de arquitetura foi aplicada uma Tarefa Arquitetônica previamente elaborada. Foram estabelecidas etapas de modo encadeadas para sistematização das ações a serem seguidas:

**Etapa 1** – Prévia seleção dos sujeitos que atendiam as especificações necessárias e permitiram o uso de seus arquivos (imagens e arquivos originais, bem como desenhos);

**Etapa 2** – Prévia estruturação dos sujeitos quanto aos os seus perfis, informações obtidas por meio das tarefas anteriores aplicadas na disciplina;

**Etapa 3** – Elaboração de uma Tarefa Arquitetônica objetivada para obtenção de dados para análise junto aos sujeitos selecionados. A tarefa foi aplicada em uma disciplina de um curso de arquitetura;

**Etapa 4** – Exposição pelo professor-pesquisador da Tarefa Arquitetônica a ser utilizada na pesquisa: uma Escola Pública Infantil em ambiente semelhante a Cidade do Recife;

**Etapa 5** – Aplicação da Tarefa com esclarecimentos de dúvidas acerca do enunciado que foram disponibilizados em documentos digitais colaborativos (Google-Docs). Foi estabelecido um prazo de duas semanas para devolução da Tarefa proposta;

**Etapa 6** – Recebimento dos arquivos de imagens e originais por meio de e-mail enviado pelos sujeitos previamente selecionados;

**Etapa 7** – Seleção inicial dos trabalhos válidos e impugnação dos trabalhos não-válidos;

**Etapa 8** – Prévia estruturação das tarefas recebidas para a fase posterior: a análise dos dados.

### **5.3 Sujeitos**

A tarefa foi aplicada em duas turmas em uma disciplina de computação para arquitetura de uma faculdade pública de arquitetura na Cidade do Recife, Pernambuco. Compuseram os sujeitos da pesquisa 14 estudantes que consentiram o uso dos dados relativos ao seu resultado na tarefa aplicada para a pesquisa.

A disciplina foi ofertada em modo optativo (eletiva). Os alunos que se matricularam puderam ser divididos (para efeito de análise) em dois grupos: A – composto de estudantes do 2º período e o Grupo B – composto de estudantes entre o 8º e 10º períodos.

### **5.4 Critérios para a seleção de sujeitos**

Dos 22 estudantes que participaram da disciplina, foram aproveitados os resultados de apenas 14 sujeitos. Somente os resultados desses 14 estudantes serviram como dados para este estudo. Para a escolha dos sujeitos, foram estabelecidos os seguintes critérios:

Para efeito de manter a não- identificação dos sujeitos, eles foram nomeados em série - A1 até A14 - para ambos os grupos, relacionadas neste estudo. Foi garantido aos alunos o sigilo de suas identidades. Só foram considerados para a pesquisa os resultados dos estudantes que consentiram no uso dos arquivos, imagens e e-mails como dados da pesquisa.

Os critérios para a seleção foram:

- a) Estar regularmente matriculado na disciplina;
- b) Concordar em participar do experimento;
- c) Dominar o software para o desenvolvimento da Tarefa;
- d) Ter utilizado o sketchup para o desenvolvimento da tarefa;
- e) Ter desenvolvido as três tarefas anteriores à tarefa especificada para a pesquisa;

f) Ter utilizado os meios digitais (e-mails, chats, gtalk, msn) para a interação das tarefas da disciplina;

Também foi disponibilizado, durante todo o curso, um laboratório de computação com estações computacionais (computadores com variadas configurações). As estações ofereciam livre acesso aos estudantes no período de funcionamento da instituição com acesso a internet de alta velocidade. O software selecionado, Sketchup, estava devidamente instalado.

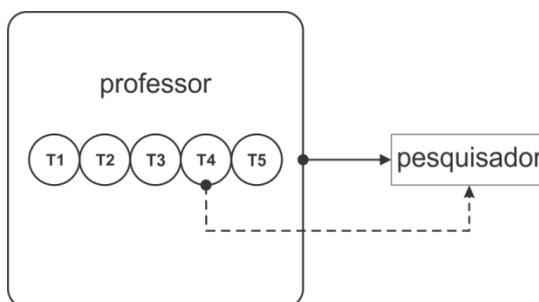
#### **5.4 Relação Professor – pesquisador**

Nesta pesquisa o professor – pesquisador teve as seguintes funções: a) desenvolver as atividades normais relacionadas à disciplina e b) coletar dados por meio da aplicação de uma Tarefa Arquitetônica planejada.

A principal preocupação, em toda investigação, quando o Professor e o Pesquisador são o mesmo indivíduo é que o estudo pode ficar comprometido com os objetivos da disciplina para obtenção de notas com a preocupação do pesquisador em analisar dados e situações relevantes. Assim, para manter a isenção científica necessária, foi desenvolvida uma tarefa arquitetônica (Escola Pública Infantil) previamente planejada, com objetivos específicos isolados, garantindo o distanciamento necessário.

O professor apresentou os objetivos, procedimentos e todo o desenvolvimento da disciplina. O pesquisador, em paralelo, se ocupou da observação dos procedimentos da investigação que ocorreu em uma Tarefa Específica aplicada ao longo do semestre letivo.

A disciplina ocorreu em modo semi-distanciado. Foram apresentados os procedimentos do ambiente virtual de ensino – aprendizagem, e o ambiente digital de projeção arquitetônica. Trata-se de um curso na modalidade educação à distância no modelo misto no qual ocorrem momentos presenciais e não-presenciais. (MAIA, 2007)



**Diagrama 7**  
Relação entre as funções do professor e do pesquisador

O pesquisador assessorou os alunos no desenvolvimento de suas tarefas de composições de forma e espaço especificadas nas Tarefas Arquitetônica solicitadas ao longo do semestre letivo. Foram discutidos o conjunto de estratégias de projeto e recursos de forma para que se tornasse possível o desenvolvimento e a aplicação dos conceitos bioclimáticos. Em relação à disciplina, foram observados os seguintes itens descritos, apresentados em seguida:

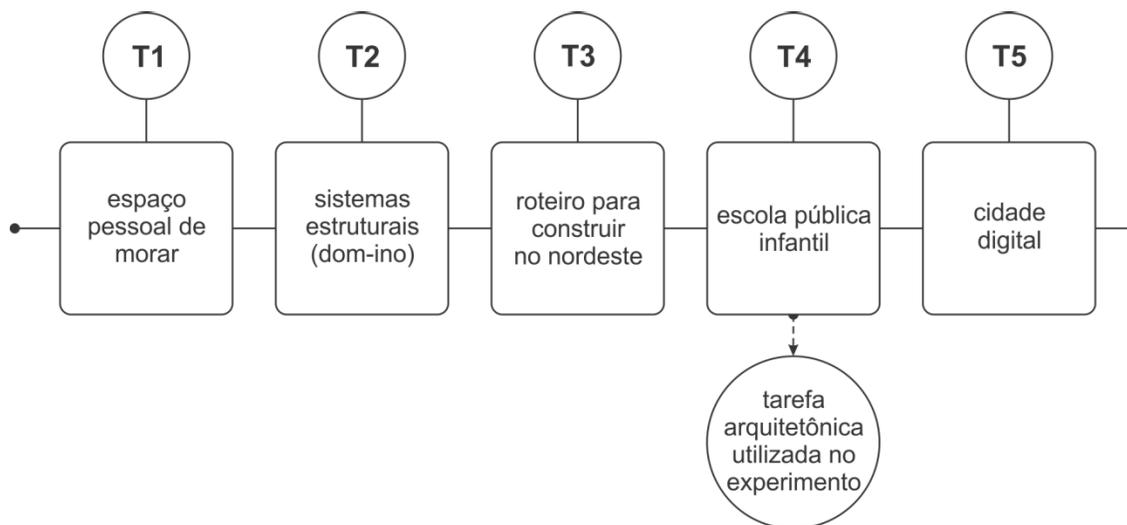
- a) Participação;
- b) Assiduidade;
- c) Tempo de resposta para as Tarefas solicitadas;
- d) Continuidade;
- e) Verificação de quantidades e conteúdos de mensagens e-mails;
- d) Estabelecimento de conversações relevantes *online* por meio dos mensageiros.
- f) Envio das respostas das tarefas solicitadas;
- g) Envio de das tarefas arquitetônicas enviadas por e-mail

## 5.6 Experimentação

A disciplina foi ministrada em modo distanciado, utilizando um modelo Blended, ou seja, coexistem momentos presenciais e momentos distanciados. Não foi definido nenhum ambiente LSM (*Learning management system*) específico. Tal decisão é decorrente de uma escolha que para o melhor aproveitamento de todos os sistemas de comunicação e de interação já disponíveis para os estudantes, tornasse mais fácil o desenvolvimento das tarefas. Foram usados os seguintes instrumentos:

um website principal de referência; e-mail, acesso a internet com velocidades compatíveis para envio e recebimento de arquivos de grandes dimensões; mensageiros MSN e Google Talk, documentos colaborativos, Google Docs; além de mensagens de celular SMS. (SILVA, 2009)

### 5.6.1 Descrição das tarefas aplicadas na disciplina



**Diagrama 8**

Descrição das tarefas da disciplina e a que foi aproveitada para o experimento.

O experimento, ou seja, a aplicação da tarefa arquitetônica de uma escola infantil, foi a quarta tarefa de um total de cinco aplicadas.

Segue a descrição das tarefas:

**Tarefa 1** – Espaço pessoal de morar: os estudantes modelaram suas próprias casas. Teve por objetivo o reconhecimento do estudante em relação ao nível de conhecimento no software Sketchup, o entendimento do modo distanciado e a discussão sobre aspectos ambientais. Ainda foram identificados os espaços mais quentes e mais amenos. Os estudantes indicaram nos ambientes os locais da Tarefa 1 a orientação Norte, e a indicação do sentido da ventilação e os espaços internos de seus espaços pessoais de morar mais amenos e mais quentes. Teve como objetivo secundário a identificação na composição às questões ambientais;

**Tarefa 2** – Sistemas estruturais: foi solicitado aos alunos o desenvolvimento de uma composição arquitetônica de baixa complexidade. Teve como objetivo o desenvolvimento dos conceitos de ‘estrutura arquitetônica’ (embasamento, lajes de

pisos, e de coberta, e pilares) referenciados sobre o modelo denominado DOMINO do arquiteto Le Corbusier.

**Tarefa 3:** Elaboração de um volume arquitetônico baseado nos princípios compositivos descritos no Roteiro para Construir no Nordeste do professor Armando de Holanda;

**Tarefa 4:** Escola Pública Infantil, essa tarefa foi utilizada nesta pesquisa. Trata da modelagem de um volume de baixo nível de complexidade com uma situação climatológica semelhante à da Cidade do Recife;

**Tarefa 5:** Cidade digital. Os alunos receberam um mapa de uma cidade fictícia e sobre ela geraram um modelo de livre escolha. Teve como objetivo o entendimento de preocupações relacionadas a simulação digital em ambientes urbanos.

Em todas as tarefas foram solicitados os arquivos originais em formato .skp, e imagens digitais bitmapeadas em formato .png, .gif ou jpg.;

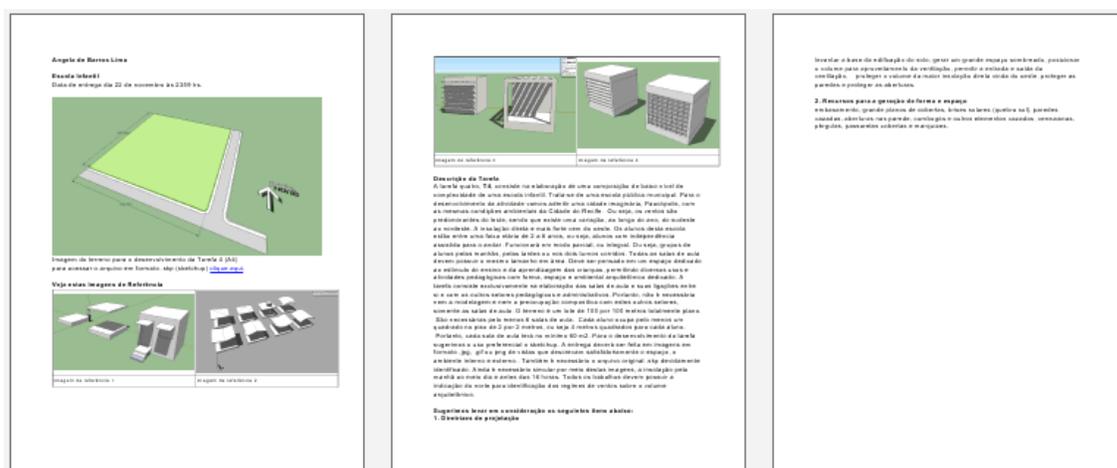
Portanto a **Tarefa 4** foi selecionada para obtenção de dados para este presente estudo. É importante ressaltar que as Tarefas anteriores, ou seja, as Tarefa 1, 2 e 3 geraram modelos que são necessários para o desenvolvimento da Tarefa 4.

### **5.5.2 Tarefa Arquitetônica: uma Escola Pública Infantil**

A Tarefa Arquitetônica de uma escola infantil teve como objetivo propiciar aos estudantes uma resposta aos itens considerados críticos na Região Nordeste do Brasil, especificamente para a Cidade do Recife que possui climatologia específica. A ideia é uma situação arquitetônica com restrições. O terreno em esquina com a orientação Norte apresenta impõe ao aluno um aproveitamento da ventilação natural disponíveis, sentido Leste – Oeste. Além disso o sentido do movimento aparente do sol foi simplificado do Leste para o Oeste e o espaço arquitetônico a ser gerado deveria ser protegido das 9hs às 15hs. Portanto, a ideia da tarefa foi contextualizar a tarefa a um problema arquitetônico a ser resolvido. Cada estudante teve um tempo de duas semanas para desenvolver a sua tarefa, satisfatório para a sua conclusão.

Para obtenção de dados dos sujeitos selecionados, foi prevista uma Tarefa Arquitetônica, uma escola pública infantil, que funcionaria no período das nove às quinze horas. Trata-se de um horário crítico, que exige proteção da insolação direta e aproveitamento da ventilação, especificados no Capítulo 2. Essa escola não possui sistemas de condicionamento de ar artificial, o que impõe aos sujeitos o desenvolvimento de estratégias para o aproveitamento dos recursos naturais. (EDWARDS, 2005).

A tarefa, apresentada aos sujeitos, foi composta por uma imagem e uma descrição textual com todos os objetivos e enunciados. O documento foi disponibilizado no Google Docs. Após o término, cada aluno enviou a sua tarefa para o e-mail da disciplina.



**Figura 30**

Descrição da Tarefa da Escola Pública Infantil com a apresentação do terreno com o posicionamento do norte, sugestões de forma e estratégias de concepção espacial disponibilizada no Google Docs para cada estudante.

Fonte: Captura de tela pelo autor

A Figura 30 descreve o pacote de informações que compõe a Tarefa Arquitetônica apresentada aos 14 sujeitos de pesquisa: uma Escola Pública Infantil. A primeira página descreve o terreno quadrado com 100 metros de lado. O terreno posiciona-se em uma esquina. É também indicada, no terreno, a orientação Norte. Em seguida, são apresentadas imagens de referências (formas arquitetônicas) e o enunciado textual completo. Finalmente são apresentadas algumas sugestões textuais de estratégias de projeção.



**Figura 31**

Terreno para o desenvolvimento da Tarefa Arquitetônica apresentando as dimensões, as vias para os veículos e a orientação Norte.

Fonte: Captura de tela pelo autor.

A Figura 31 é parte integrante do conjunto de informações disponibilizadas aos estudantes para o desenvolvimento da Escola Pública Infantil. Sobre esse terreno, situado em uma cidade imaginária com características climatológicas semelhantes à Cidade do Recife, o estudante desenvolveu a sua tarefa.

### 3.5.3 Enunciado da Tarefa

A tarefa quatro, T4, consiste na elaboração de uma composição de baixo nível de complexidade de uma escola infantil. Trata-se de uma Escola Pública Municipal. Para o desenvolvimento da atividade vamos admitir uma cidade imaginária, com as mesmas condições ambientais da Cidade do Recife. Ou seja, os ventos são predominantes do Leste para o Oeste, sendo que existe uma variação, ao longo do ano, do sul ao nordeste. A insolação direta e mais forte vem do oeste. Os alunos dessa escola estão entre uma faixa etária de 2 a 6 anos, ou seja, alunos com independência assistida para o andar. Funcionará em modo parcial, ou integral. Ou seja, grupos de alunos pelas manhãs, pelas tardes ou nos dois turnos corridos. Todas as salas de aula devem possuir o mesmo tamanho em área. O espaço deve

ser pensado em um espaço dedicado ao estímulo do ensino e da aprendizagem das crianças, permitindo diversos usos e atividades pedagógicas com forma, espaço e ambiental arquitetônico dedicado. A tarefa consiste exclusivamente na elaboração das salas de aula e suas ligações entre si e nos outros setores pedagógicos e administrativos. Portanto, não é necessária nem a modelagem e nem a preocupação compositiva com estes outros setores, somente as salas de aula. O terreno é um lote de 100 por 100 metros quadrados, totalmente plano. São necessárias pelo menos 6 salas de aula. Cada aluno ocupa pelo menos um quadrado no piso de 2 por 2 metros, ou seja, são 4 metros quadrados para cada aluno. Desse modo, cada sala de aula terá no mínimo 60 m<sup>2</sup>. Para o desenvolvimento da tarefa sugerimos o uso preferencial o sketchup. A entrega deverá ser feita em imagens em formato .jpg, .gif ou png de vistas que descrevam satisfatoriamente o espaço, o ambiente interno e externo. Também é necessário o arquivo original .skp devidamente identificado. Ainda é necessário simular por meio destas imagens, a insolação pela manhã 9hs ao meio dia 12h e antes das 15h. Todos os trabalhos devem possuir a indicação do norte para identificação dos regimes de ventos sobre o volume arquitetônico.

Sugerimos ainda levar em consideração os seguintes itens abaixo:

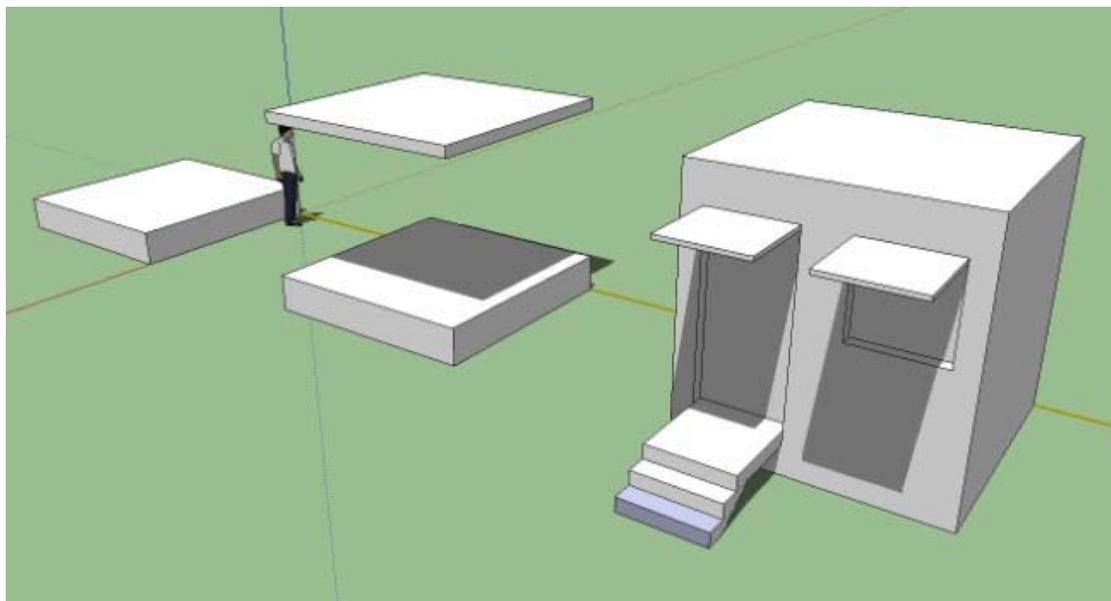
### **1. Diretrizes de projeção**

Levantar a base da edificação do solo, gerar um grande espaço sombreado, posicionar o volume para aproveitamento da ventilação, permitir a entrada e saída da ventilação, proteger o volume da maior insolação direta vinda do oeste, proteger as paredes e proteger as aberturas.

### **2. Recursos para a geração de forma e espaço**

Embasamento, grande planos de cobertas, brises solares (quebra sol), paredes vazadas, aberturas nas paredes, combogós e outros elementos vazados, venezianas, pérgulas, passarelas cobertas e marquises.

## Imagens de Referência

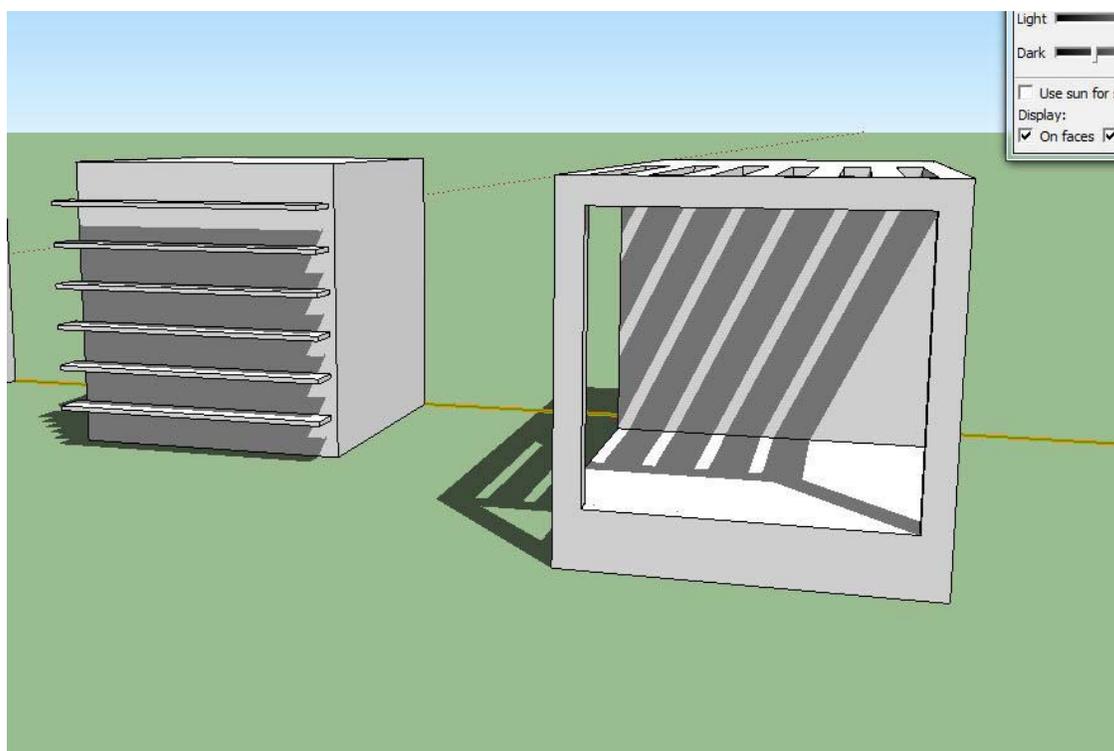


**Figura 32**

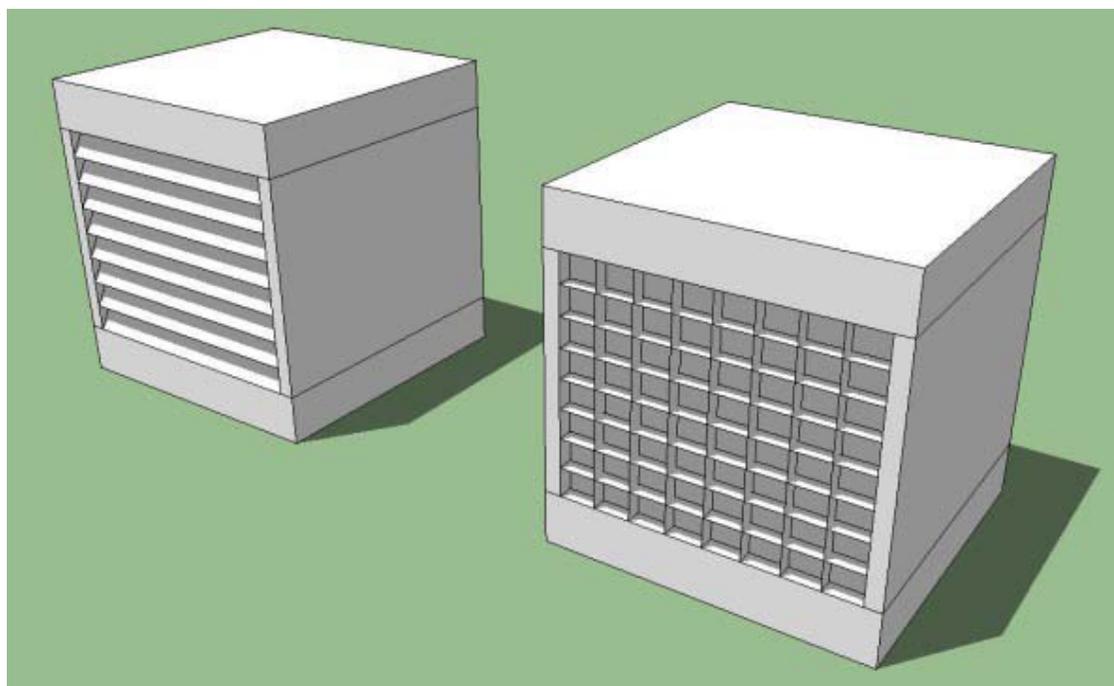
Apresentação das referências de imagens na Tarefa Arquitetônica aplicada aos alunos

Fonte: Captura de tela pelo autor.

A Figura 32 apresenta três situações de referência para os Sujeitos desenvolverem as suas Tarefas da Escola Pública Infantil. À esquerda da figura é apresentada uma base distante do solo que serve para impedir a transferência do excesso de umidade do solo e de calor do sol exposto ao sol. Em seguida, o modelo é apresentado com uma sombra para indicar a necessidade de uma proteção da insolação direta. Por fim, é sugerido, o uso de brises para a proteção das aberturas. Na figura são indicadas uma porta e uma janela, ambas protegidas da insolação direta.



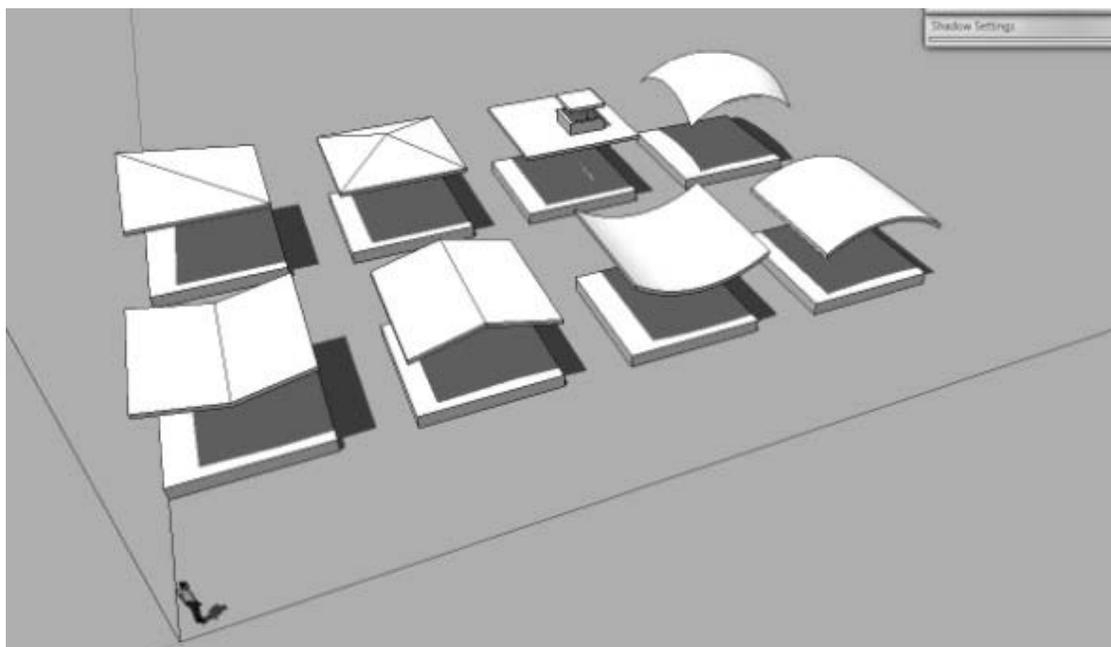
**Figura 33**  
Imagens de referências apresentadas aos Sujeitos  
Fonte: Captura de tela pelo autor.



**Figura 34**  
Apresentação de venezianas e combogós (elementos vazados)  
Fonte: Captura de tela pelo autor.

A Figura 34 apresenta à esquerda a utilização de brises horizontais para a proteção da parede. À direita são mostradas pérgulas, recurso que igualmente reduz a incidência direta de luz em uma parede.

A Figura 34 apresenta, à esquerda, uma veneziana para aproveitamento da ventilação que pode ser exposta a maior insolação Oeste. À direita, o uso de elementos vazados que permitem a entrada – saída da ventilação, protegem da insolação e do excesso de luminosidade ao longo do período solicitado.



**Figura 35**  
Sugestão de cobertas apresentadas na Tarefa  
Fonte: Captura de tela pelo autor.

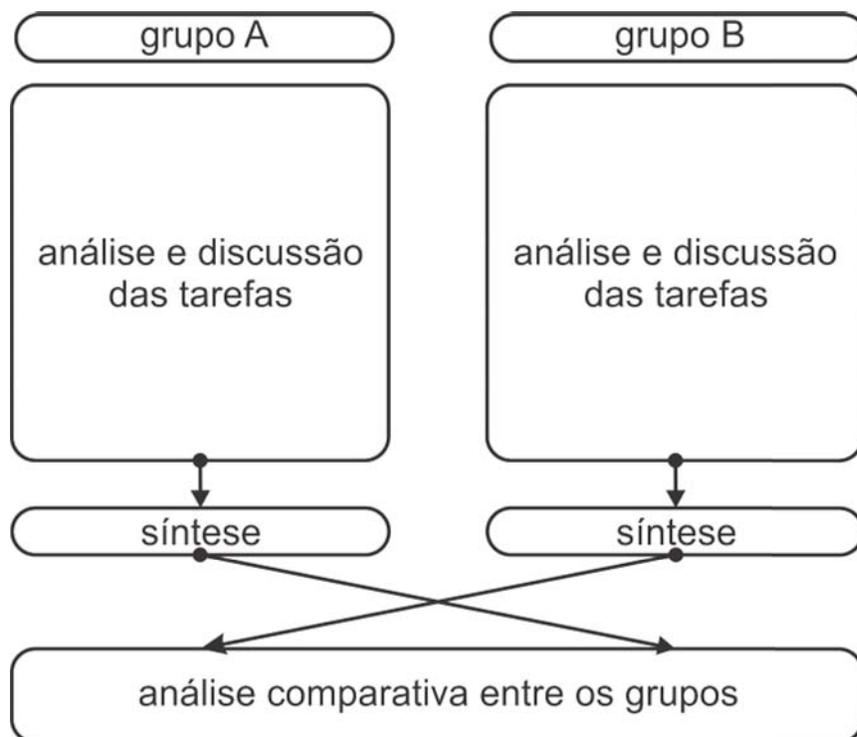
As oito possibilidades de cobertas apresentadas na Figura 35 foram apresentadas na Tarefa Arquitetônica. As cobertas foram dispostas no intuito de fornecer aos estudantes um vocabulário para sugestão de composição de forma para o aproveitamento da ventilação natural, desde que ajustadas ao sentido Leste-Oeste. (NEUFERT, 1996; NEUFERT, 1997 ;CLARK, 1985)

## 5.7 Dados Coletados

Os dados da pesquisa foram provenientes das Tarefas Arquitetônicas produzidas e enviadas pelos 14 sujeitos selecionados para o experimento. Cada Tarefa permitiu a observação do atendimento aos requisitos solicitados, em relação a simulação do sombreamento e à observação direta da entrada e saída da ventilação. Foram salvas as imagens solicitadas em três momentos, às 9hs, as 12hs e as 15 hs no meses mais quentes entre dezembro a fevereiro. Além das imagens, foram solicitados os arquivos originais do Sketchup, recurso de segurança, para eventuais dúvidas ou imprecisões que porventura pudessem ocorrer na Análise dos Dados.(GIL, 1998)

## 6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

Este capítulo tem por objetivo analisar e discutir os resultados da Tarefa Arquitetônica aplicada junto aos dois grupos de estudantes selecionados.



**Diagrama 9**  
Estruturação para análise dos dados.

Os dados da presente pesquisa foram obtidos por meio das tarefas recebidas dos estudantes. Dois Grupos foram estabelecidos (Grupo A e Grupo B). O Grupo A foi composto por estudantes do 2º período e o Grupo B, por ,estudantes que estão entre o 8º e 10º período de um curso de arquitetura.

Esta análise e discussão foram baseadas nos dois aspectos solicitados na Tarefa Arquitetônica: o sombreamento e a ventilação nos volumes arquitetônicos em um período de tempo previamente definido.

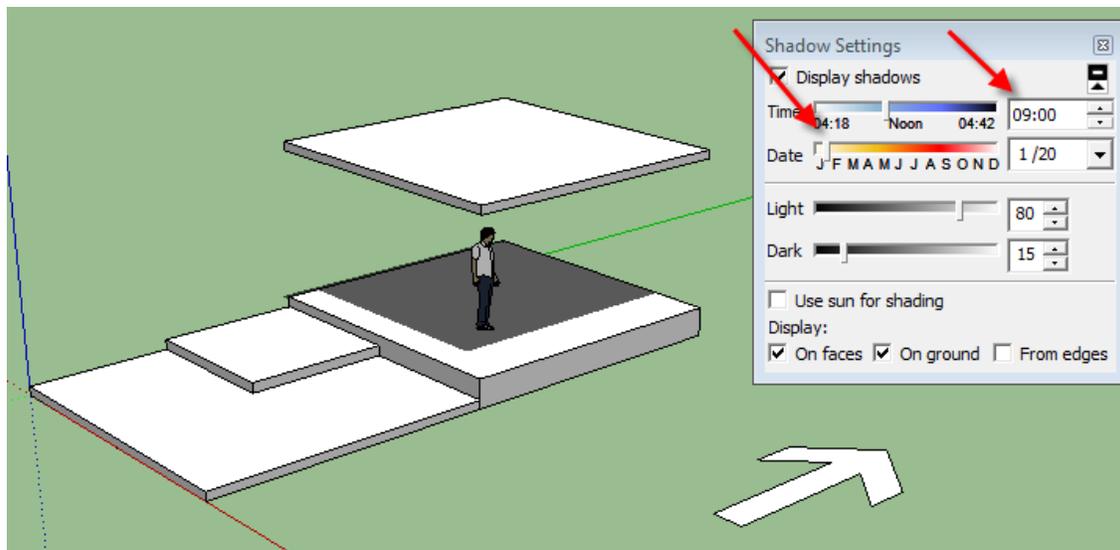
A partir das 14 tarefas arquitetônicas recebidas por e-mail, foi possível observar os seguintes aspectos nos modelos produzidos em relação ao

sombreamento e à permeabilidade. Para a verificação do atendimento da proteção da insolação e aproveitamento da ventilação natural, foram solicitadas imagens produzidas em três momentos do dia: às nove horas da manhã, ao meio dia e às quinze horas. Assim, foi solicitado aos estudantes que as três imagens fossem posicionadas no mesmo ângulo de visão, variando apenas os momentos do dia. Dessa forma, foi possível observar as diversas variações da insolação direta.

As imagens apresentadas a seguir apresentam os três momentos especificados para a geração das tarefas dos sujeitos:

### Momento 1 – 9h

Foi estabelecido na tarefa arquitetônica que as fachadas e aberturas deveriam possuir uma proteção da insolação por meio do sombreamento às 9hs.



**Figura 36**

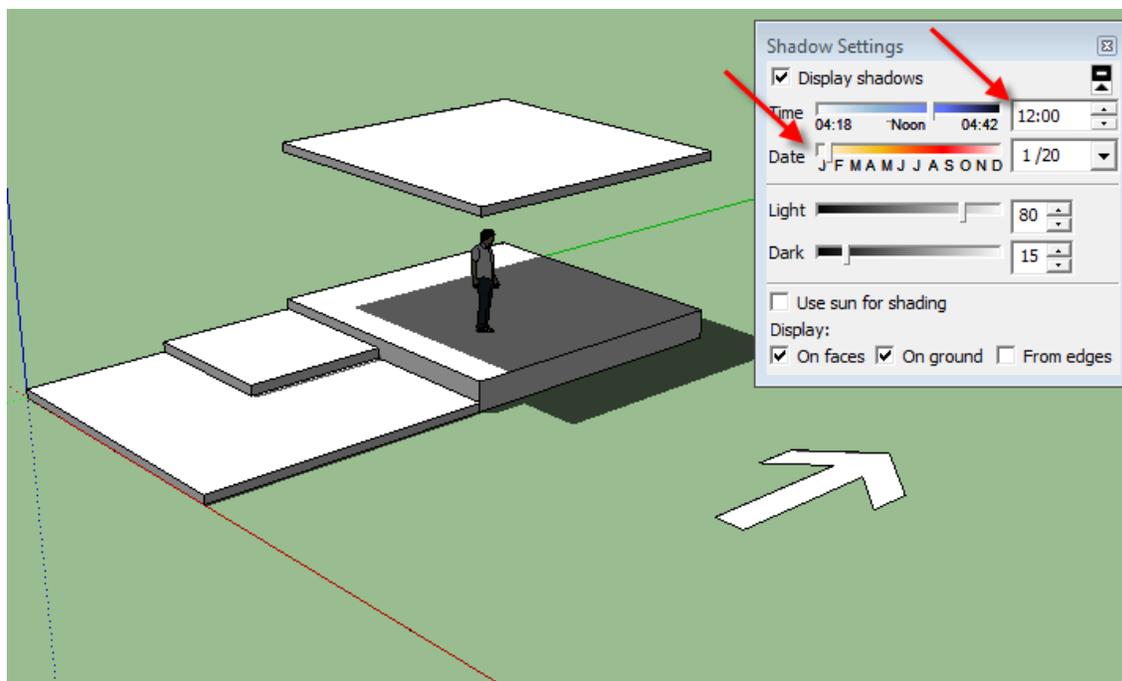
Simulação de Sombreamento às 9h para a Cidade do Recife no mês de janeiro.

Fonte: Captura de modelagem elaborada tela pelo autor.

Foi solicitado que, no software, fosse mantido o mesmo período do ano (entre janeiro e fevereiro), quando a incidência solar é mais forte na cidade do Recife. Além disso, a seta, na figura 36 indica a direção Norte.

### Momento 2 – 12h

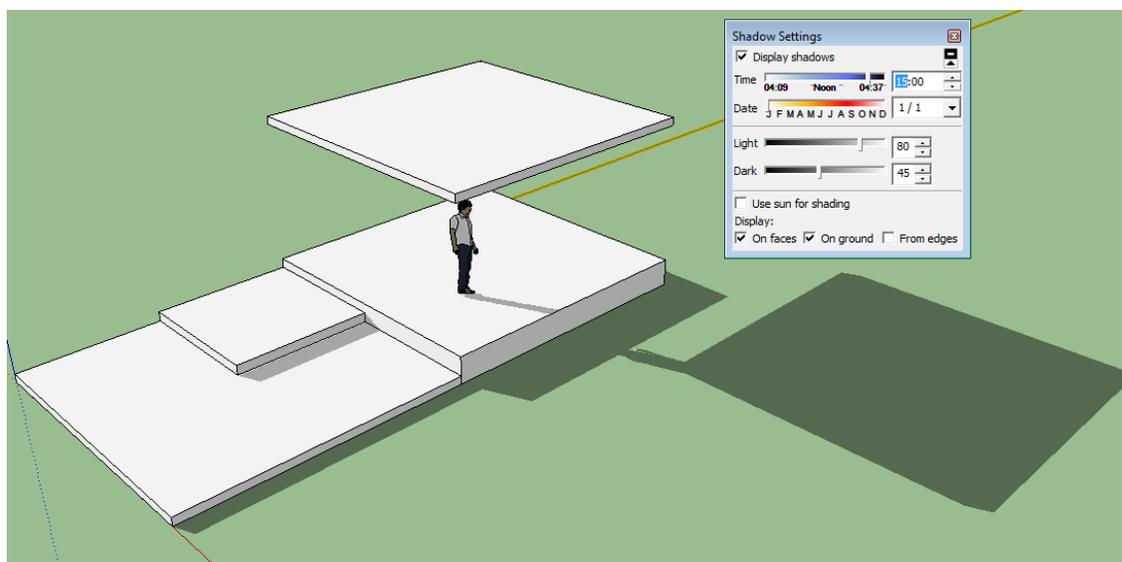
Foi estabelecido na tarefa arquitetônica que as fachadas, assim como as aberturas, deveriam possuir proteção da insolação às 12 horas.



**Figura 37**

Simulação do sombreamento às 12 h para a Cidade do Recife no mês de janeiro.  
Fonte: Captura de modelagem elaborada tela pelo autor.

### Momento 3 – 15 horas



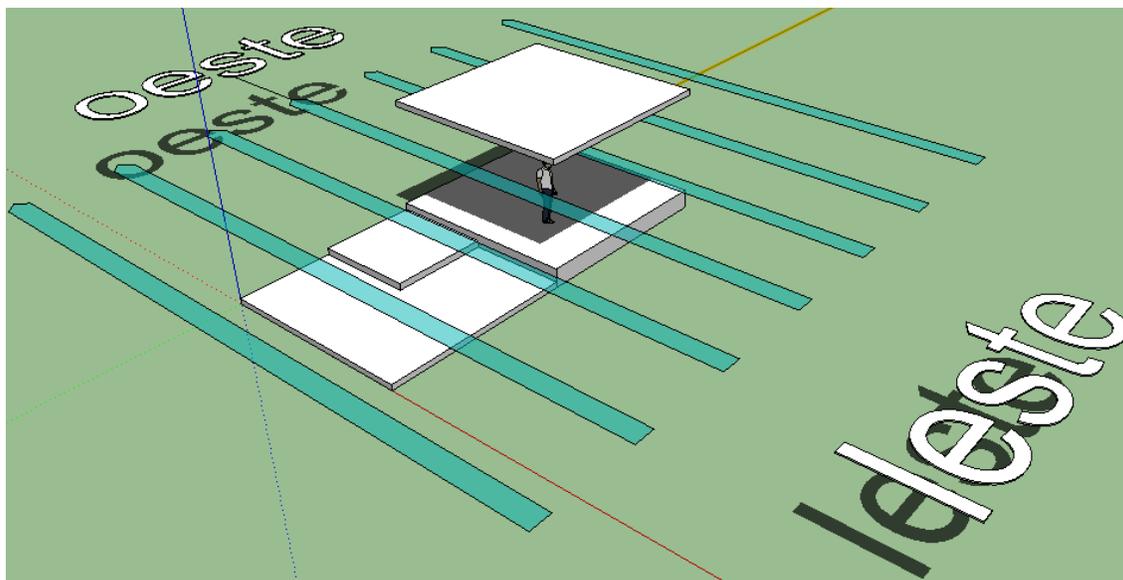
**Figura 38**

Simulação de sombreamento às 15h para a Cidade do Recife no mês de janeiro.  
Fonte: Captura de modelagem elaborada tela pelo autor.

Foi estabelecido na tarefa arquitetônica que as fachadas oeste devem estar protegidas da radiação solar direta até às 15hs, como mostrado na figura a seguir.

Os momentos que foram solicitados estão especificados para as estações que apresentam os maiores valores para incidência solar, o que produz muito calor no espaço interno.

Também foram observadas nas Tarefas Arquitetônicas as condições necessárias para o aproveitamento da ventilação natural. Para tal, foi verificada a orientação Norte. Para este experimento foi estabelecida que a ventilação predominante tem o sentido Leste-Oeste no período solicitado. Em seguida foram verificadas a existência de aberturas para a entrada (fachadas Leste) e saída (fachadas Oeste).



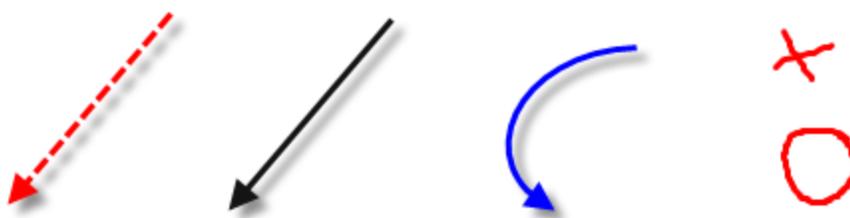
**Figura 39**

Sentido Leste-Oeste da ventilação adotado no período de tempo especificado para este estudo.  
Fonte: Captura de modelagem elaborada tela pelo autor.

Além das imagens, em formato .JPG ou PGN, os estudantes foram solicitados a enviar os arquivos originais do SketchUp, em formato .SKP. Esse arquivo foi solicitado a fim de permitir ao pesquisador gerar outras simulações na tarefa do estudante quando não foi possível compreender com clareza os requisitos solicitados nas imagens originais.

## 6.1 Análises dos resultados das tarefas

A análise das imagens a seguir tem como finalidade identificar o respeito às especificações estabelecidas no enunciado da Tarefa. A fim de facilitar a análise nesta dissertação, as imagens são aqui apresentadas em duas versões: as originais como o estudante enviou, e sobre essas uma análise gráfica, ou seja, observações gráficas diretas sobre as imagens. Foram marcadas, quando necessário na imagem, a indicação da orientação Norte (seta com a letra N), a posição da insolação (seta tracejada) e as aberturas para a permeabilidade da ventilação, entrada e saída da ventilação (indicadas por meio de setas com linhas contínuas).



**Figura 40**

Indicação da seta tracejada para indicar a insolação direta, a seta com linha reta contínua para a orientação Norte (N), seta curvas para indicar o sentido da ventilação natural e marcações diretas para identificar pontos específicos nos volumes.

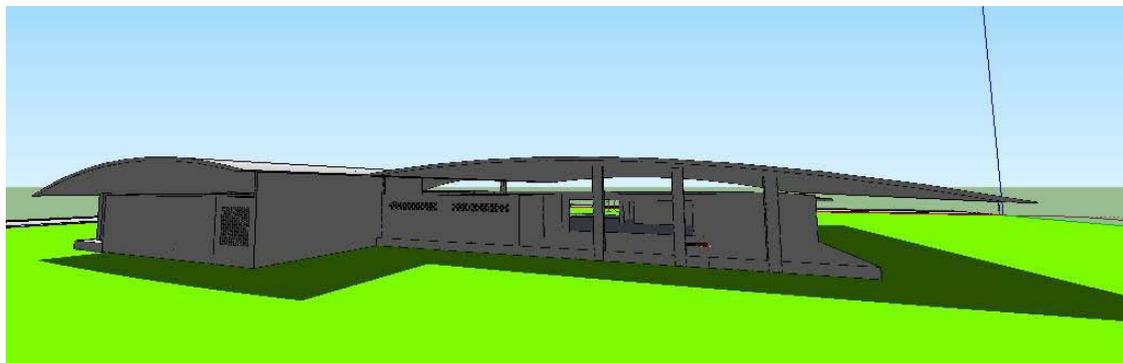
Fonte: Captura de tela pelo autor.

Foram analisados dois grupos: Grupo A, formado por estudantes iniciantes, e Grupo B, formado por estudantes que estão ao final do curso, entre o 8º e 10º período.

### 6.1.1 Análise dos resultados dos sujeitos do Grupo A (2º período)

A seguir são analisados e discutidos todos os 7 sujeitos dos Grupos A. Além dos aspectos relacionados aos dois itens de observação relacionados ao sombreamento e aproveitamento da ventilação natural, foram também observadas as estratégias de projeção, os recursos de forma utilizados, bem como as intenções e tentativas do Sujeitos apresentadas nos volumes.

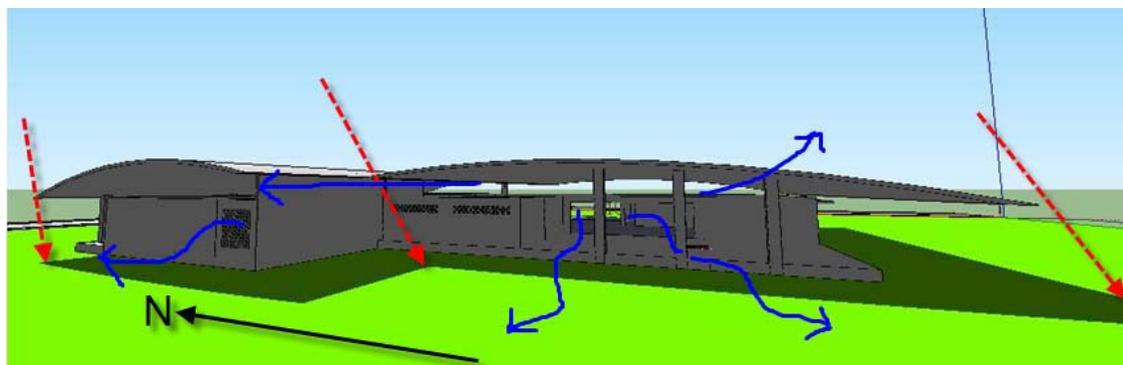
### 6.1.1.1 Análise de Sujeito A1



**Figura 41**

Vista geral da tarefa com sombreamento do volume arquitetônico

Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.



**Figura 42**

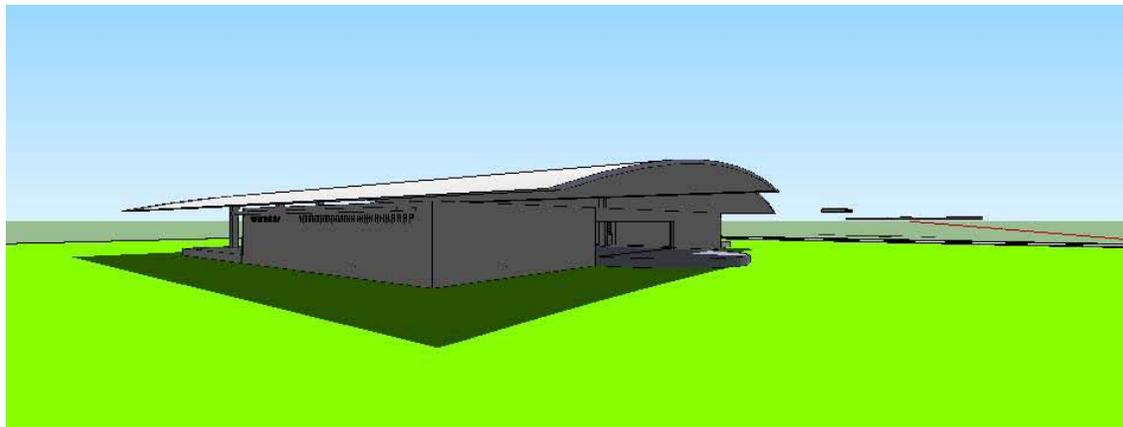
Imagem analisada pelo pesquisador

Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

A tarefa desenvolvida pelo Sujeito A1 apresenta estratégias e recursos bastante apropriados à Cidade do Recife. O volume arquitetônico desenvolvido por A1 apresenta a base do solo levantada, além de ser usado um grande espaço sombreado com o posicionamento da cobertura para o aproveitamento da ventilação natural. Todas as fachadas, paredes e aberturas apresentaram boa permeabilidade para a ventilação. Os grandes planos de cobertura, grandes beirais, combogós e aberturas utilizadas por A1 permitem a entrada e a saída dos ventos. Portanto, fica claro que, os conceitos de proteção da insolação e da permeabilidade da ventilação foram plenamente atendidos. Por fim, A1 atendeu adequadamente às especificações estabelecidas para a tarefa.

A seguir as três imagens apresentam o volume desenvolvido nos três momentos solicitados.

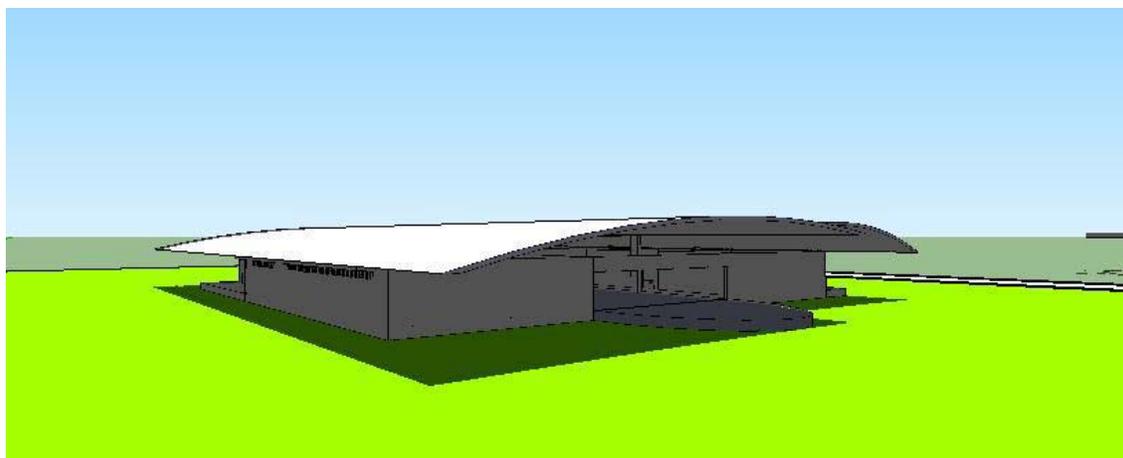
### Momento 1 – 9h.



**Figura 43**

Posição do volume às 9h, imagem produzida pelo Sujeito A1  
Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

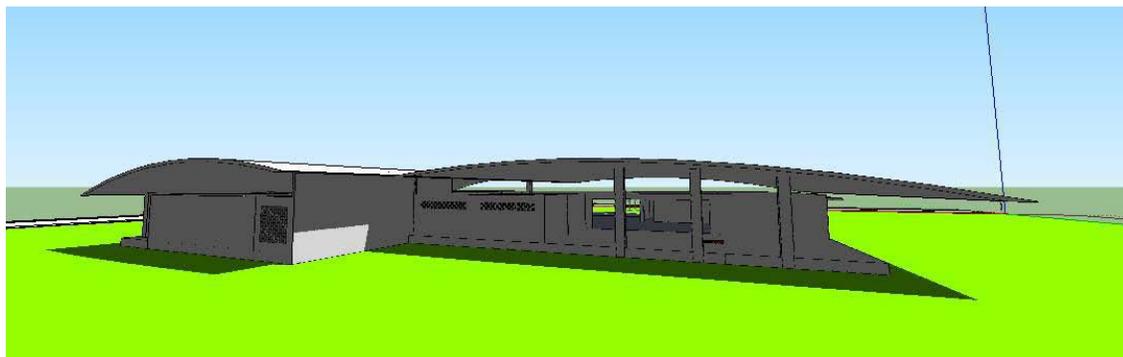
### Momento 2 – 12h



**Figura 44**

Posição do volume às 12 horas, imagem produzida pelo Sujeito A1.  
Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

### Momento 3 – 15h

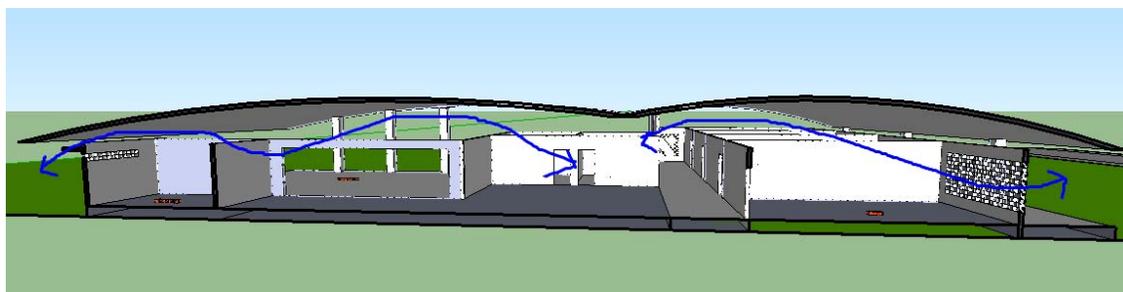


**Figura 45**

Posição do volume às quinze horas, imagem produzida pelo Sujeito A1.

Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

Após a análise dos três momentos do dia solicitados, foi possível confirmar que todas as fachadas estão protegidas, excetuando uma pequena parte (ver figura 44), o que não compromete drasticamente o conforto ambiental do volume.

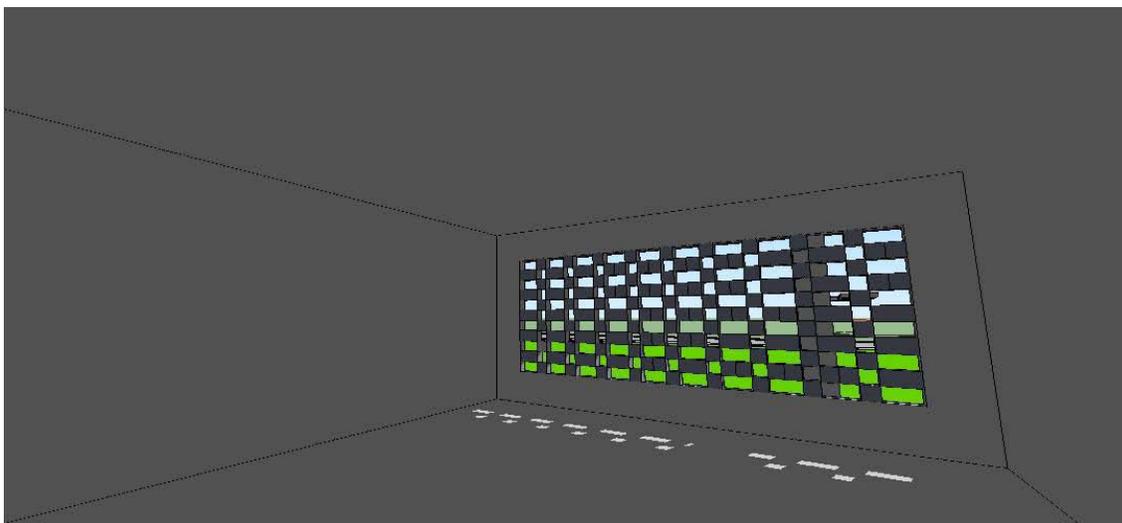


**Figura 46**

Corte esquemático da Tarefa do Sujeito A1, imagem produzida pelo pesquisador

Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

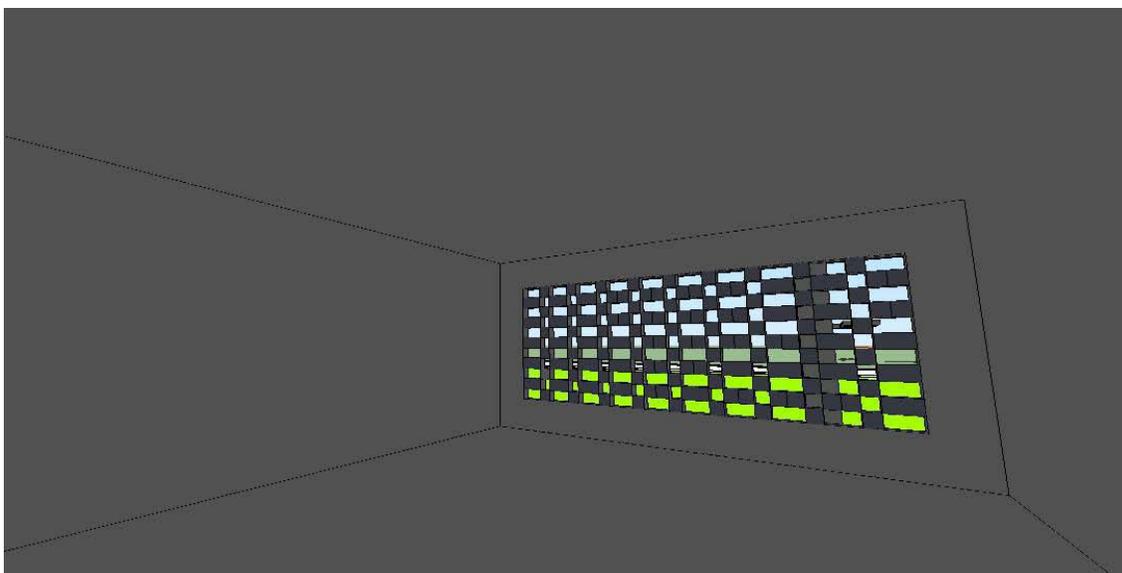
O estudante A1, que cursa o segundo semestre letivo, demonstrou um conhecimento estrutural, na medida em que inseriu colunas em posições adequadas para sustentação da laje de cobertura. Um sistema estrutural bem aplicado pode gerar vãos maiores, o que é ideal para a geração de um grande espaço coberto.



**Figura 47**

Vista tomada às 9 horas, imagem produzida pelo estudante apresentando um espaço interno com uma parede de combogós.

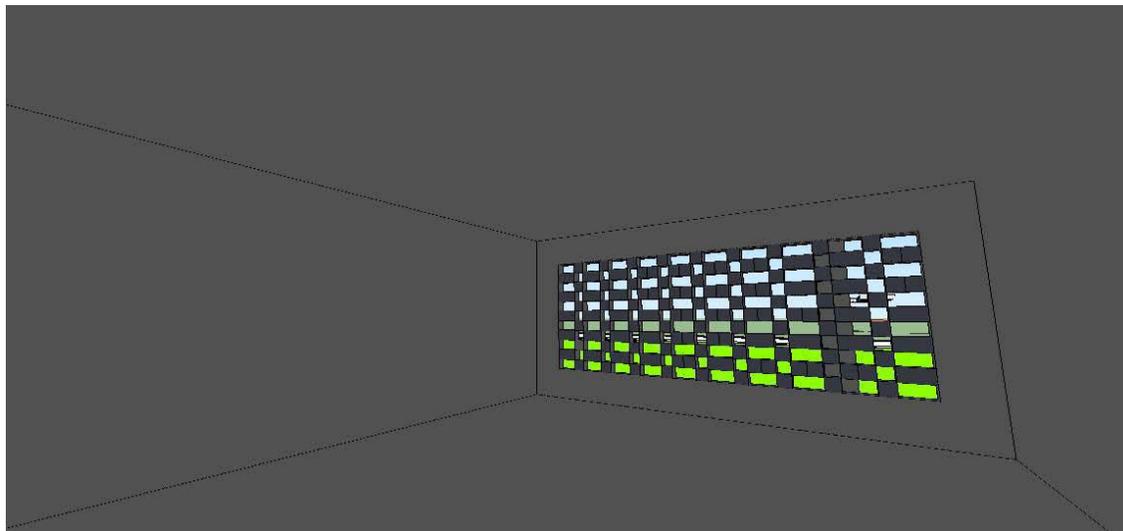
Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.



**Figura 48**

Vista tomada às 12 horas, imagem produzida pelo estudante apresentando um espaço interno com uma parede de combogós.

Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.



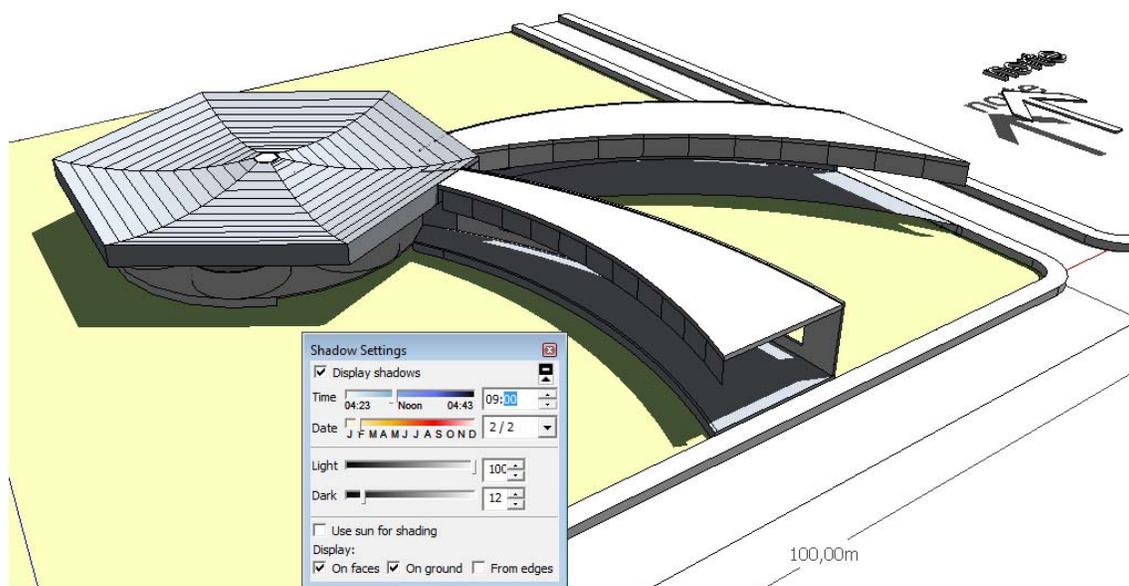
**Figura 49**

Vista às 15 horas, imagem produzida pelo estudante apresentando uma parede de combogós.  
Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

As figuras apresentadas anteriormente demonstram o interesse do Sujeito A1 em verificar se um dos ambientes recebe insolação direta. Foi utilizada uma parede de combogós e é simulado os três momentos. Somente às 9hs, momento do sol menos intenso, que os raios penetraram no ambiente, fato que não compromete a qualidade ambiental. Igualmente do ponto de vista do aproveitamento da ventilação natural, a parede de combogós permite a entrada e saída dos fluxos de vento.

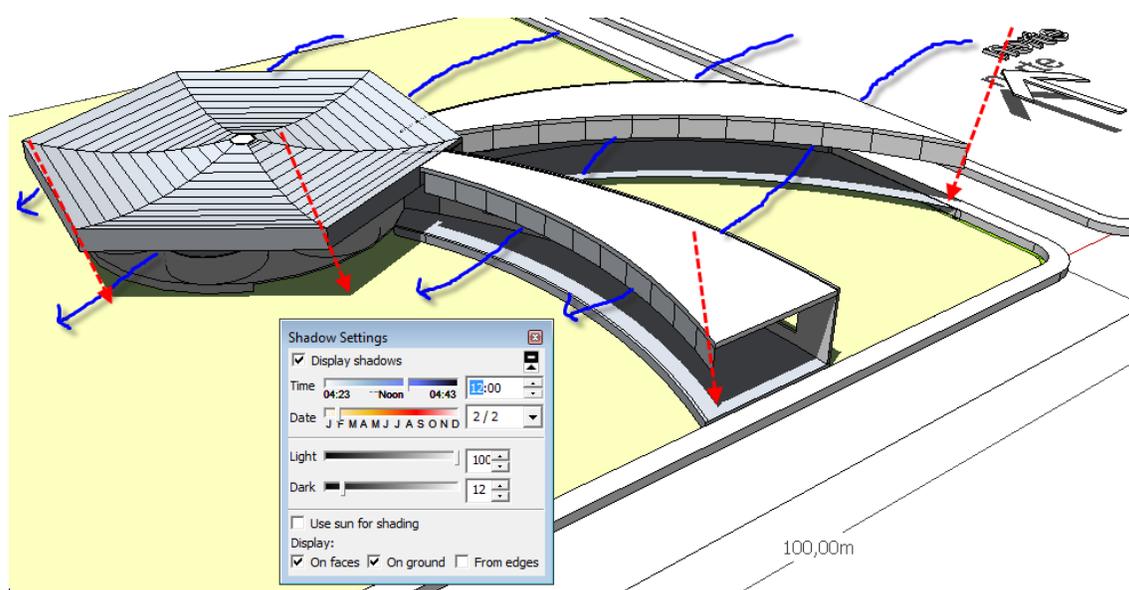
### 6.1.1.2 Análise de Sujeito A2

O estudante apresentou um modelo bastante adequado a uma escola infantil, na medida em que usou passarelas de ligação das vias de acesso até o volume central.



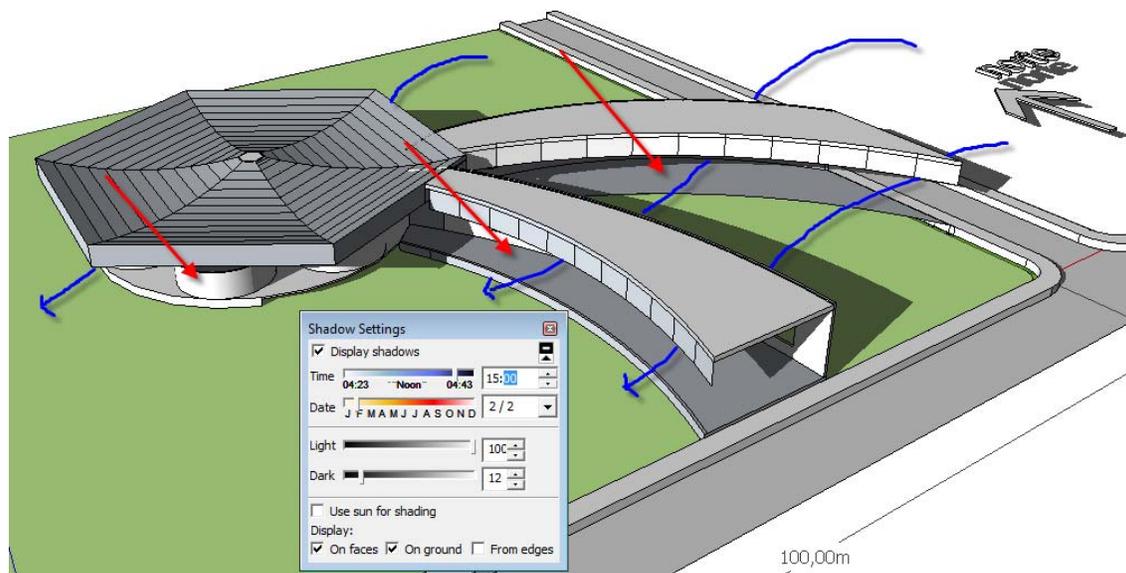
**Figura 50**

Vista geral da tarefa do Sujeito A2, tomada às 9 hs da manhã  
Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.



**Figura 51**

Tarefa comentada do sujeito A2 apresentada às 12h com a captura de tela da ferramenta *shadows settings* do software SketchUp.  
Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.



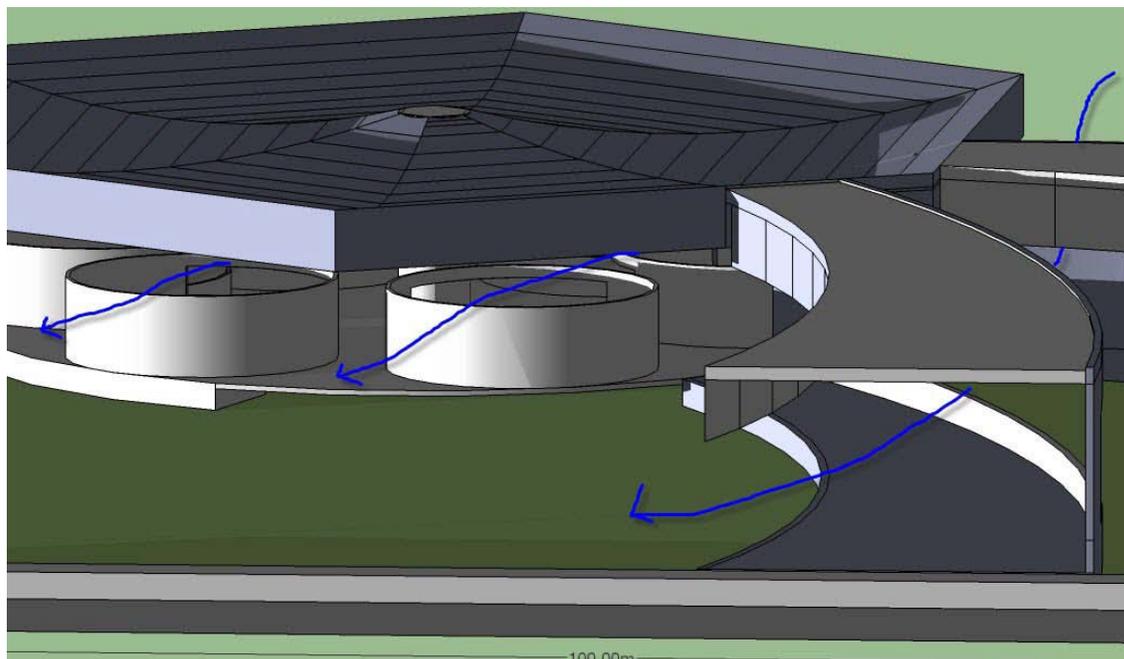
**Figura 52**

Apresentação de uma vista geral com momento das 15hs. Imagem produzida pelo estudante e comentada pelo pesquisador.

Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

O trabalho do Sujeito A2 apresenta uma boa solução para a proteção da insolação direta nos momentos das 9hs e 12hs, entretanto deixa exposta a fachada oeste no momento mais crítico, às 15 horas, comprometendo, severamente, a temperatura do ambiente.

Foram reconhecidas as seguintes estratégias de projeção: levantamento da base da edificação do solo, grande área sombreada, espaço com pé-direito alto promovendo um distanciamento entre as salas de aula e a cobertura para a circulação da ventilação Leste – Oeste. Em relação aos recursos foram utilizados: grande planos de cobertas, utilização de brises, uso de passarelas



**Figura 53**

Detalhe da tarefa das salas de aula e a cobertura.

Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

O volume permite a entrada e saída da ventilação, na medida em que gerou uma distância entre o final das paredes e a cobertura. O uso de passarelas protegidas com uma laje indica que o estudante procurou adequar a sua composição aos princípios bioclimáticos solicitados.

### 6.1.1.3 Análise de Sujeito A3

O Sujeito A3 desenvolveu uma composição arquitetônica que respeitou as estratégias de projeto para a Cidade do Recife. Posicionou a volumetria em diagonal em relação ao terreno proposto. Essa estratégia aumenta o espaço para a permeabilidade da ventilação. Levantou a base da edificação do solo, usou grandes espaços sombreados, aproveitou a entrada e a saída da ventilação nos quatro sentidos (Norte, Sul, Leste e Oeste), protegeu da insolação todas as fachadas e aberturas, por meio de grandes cobertas com beirais. Foi percebida ainda a intenção para a entrada e saída da ventilação. Assim, o estudante conseguiu produzir um espaço que atente as especificações solicitadas. Além disso, o sujeito utilizou um pátio central que ajuda no melhoramento da ventilação, pelo efeito de chaminé.



**Figura 54**

Vista com sombreamento às 12 horas

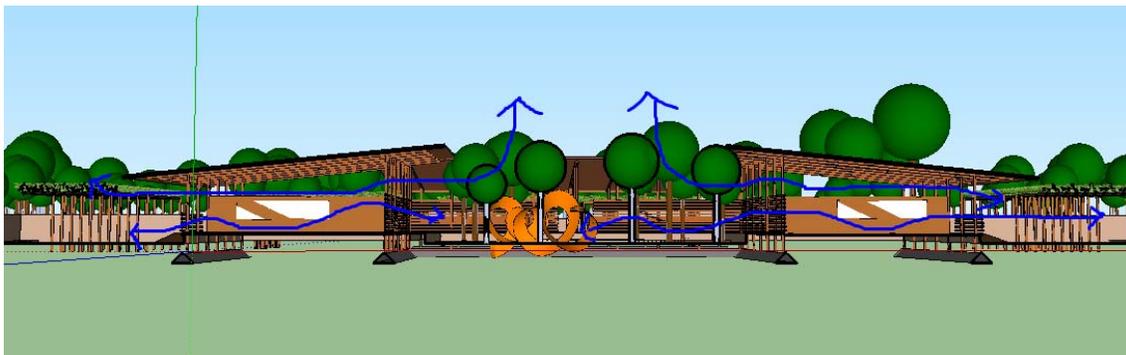
Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.



**Figura 55**

Vista com sombreamento às 12 horas

Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.



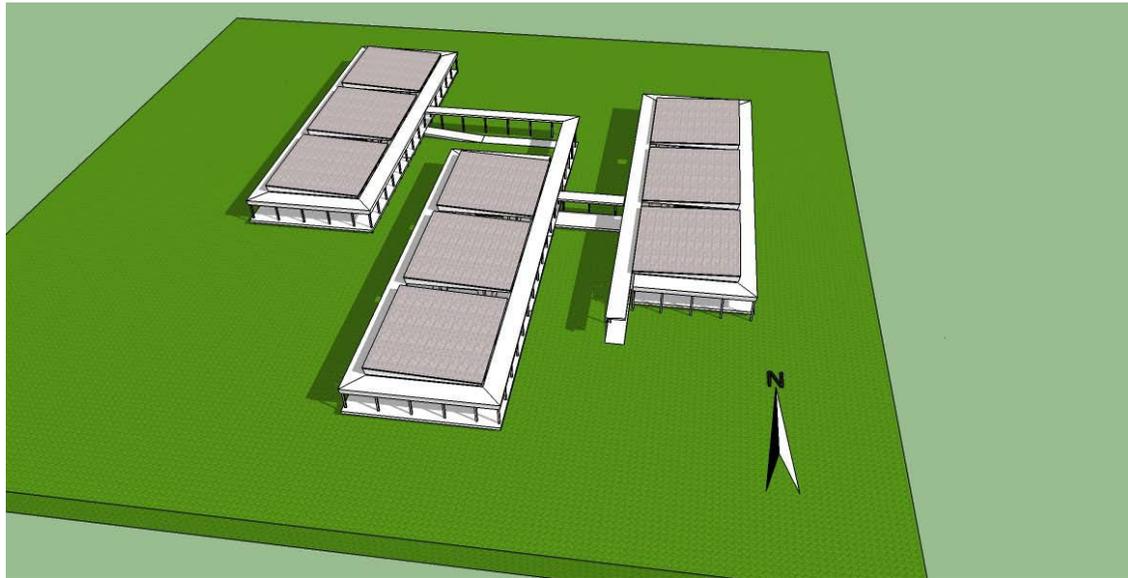
**Figura 56**

Seção esquemática do volume do Sujeito A3.

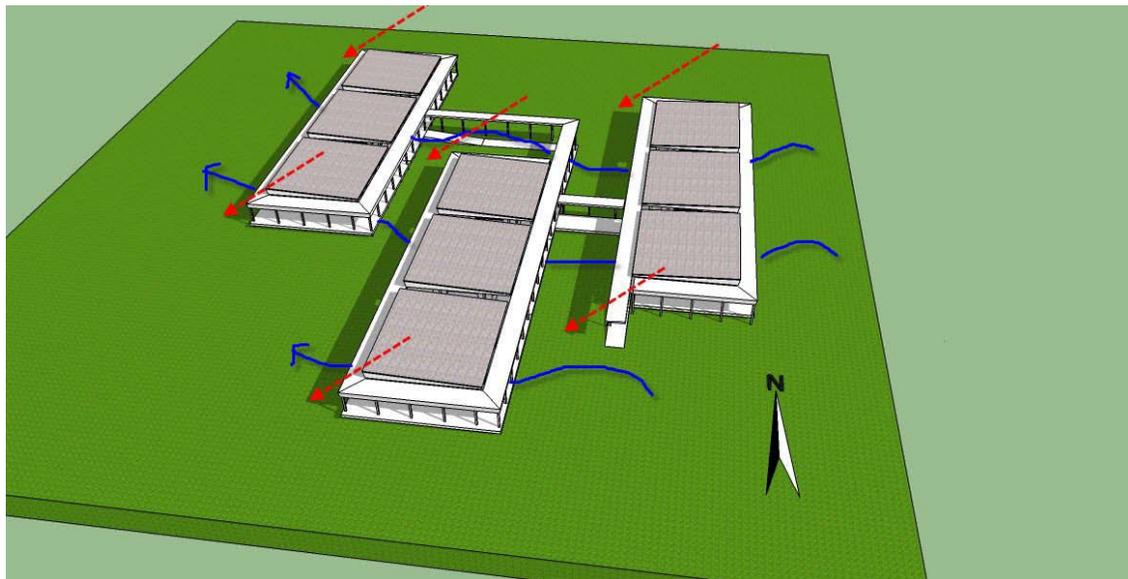
Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

A figura 56 apresenta o aproveitamento da ventilação natural com o sentido da permeabilidade ao longo de todo o espaço construído.

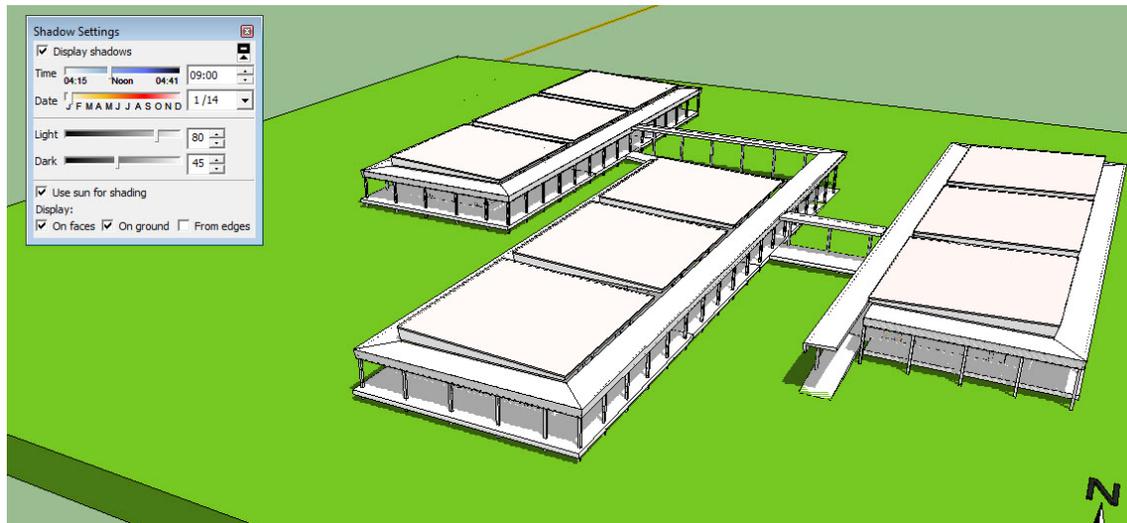
#### 6.1.1.4 Análise de Sujeito A4



**Figura 57**  
Vista geral do volume às 9h, desenvolvida pelo estudante.  
Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

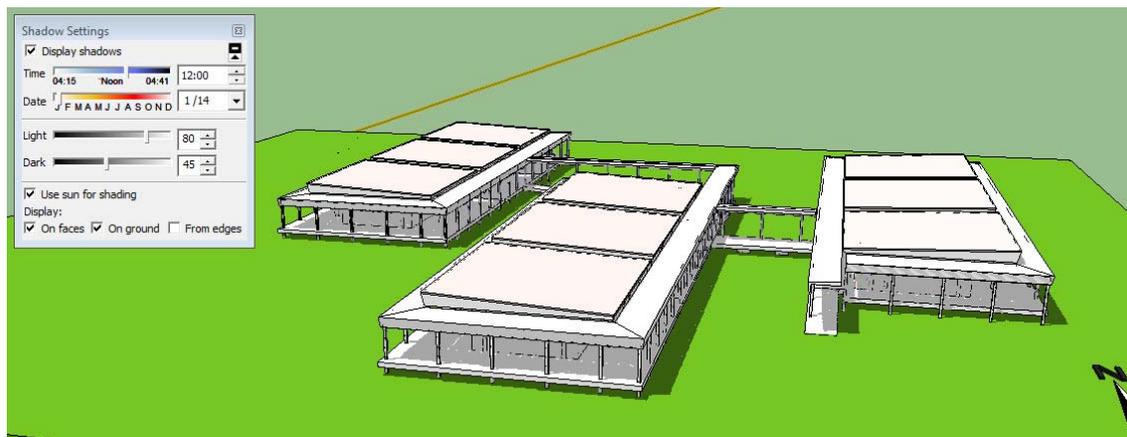


**Figura 58**  
Análise da insolação e ventilação. Imagem produzida pelo estudante e comentada pelo pesquisador.  
Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.



**Figura 59**

Vista geral da composição às 9hs com simulação de sombreamento.  
 Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.



**Figura 60**

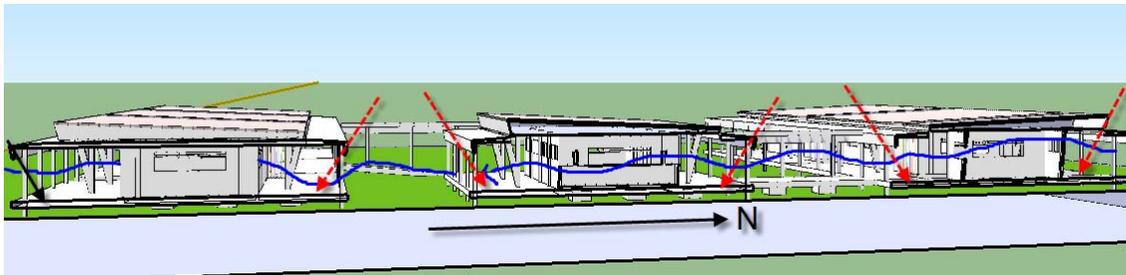
Vista geral da composição às 12h com simulação de sombreamento.  
 Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.



**Figura 61**

Vista geral da composição às 15h com simulação de sombreamento. Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

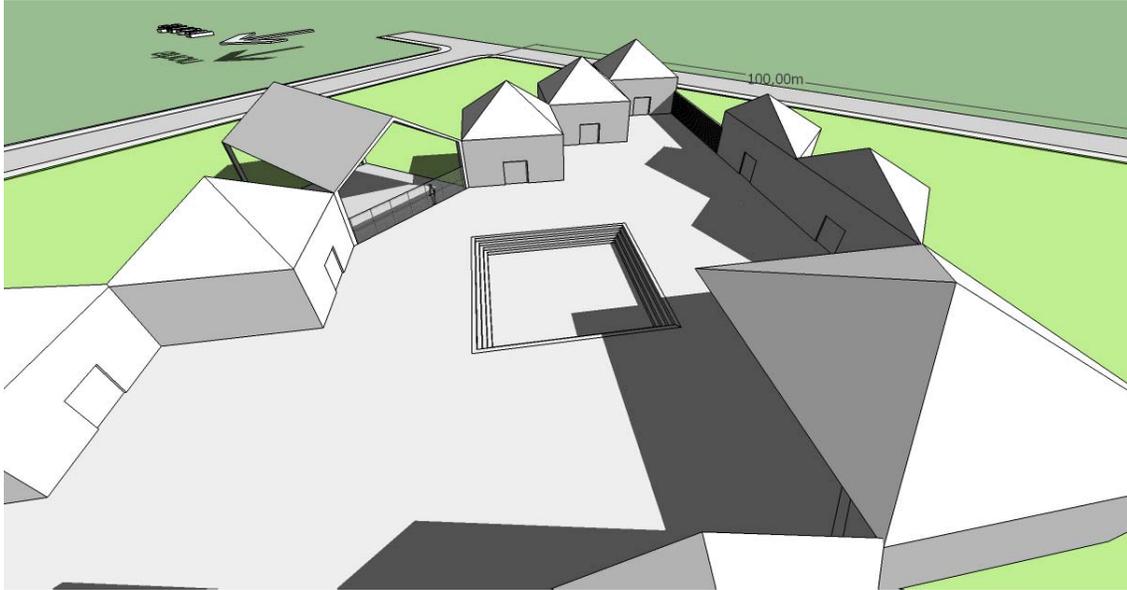
O Sujeito A4 desenvolveu uma composição que protege da insolação direta as quatro fachadas por meio de um terraço que envolve o volume. Como estratégia de projeção, o Sujeito A4 levantou a base da edificação do solo, elaborou grandes cobertas com inclinações e gerou um distanciamento entre os volumes o qual permite a saída de ar. Foram gerados grandes espaços sombreados com articulações para saída de ventos, posicionamento do espaço para aproveitamento da ventilação leste com permeabilidade (entrada e saída), proteção da fachada oeste e das paredes e aberturas.



**Figura 62**

Corte (seção) apresentando a proteção do espaço construído e a permeabilidade para a ventilação, imagem produzida pelo pesquisador.

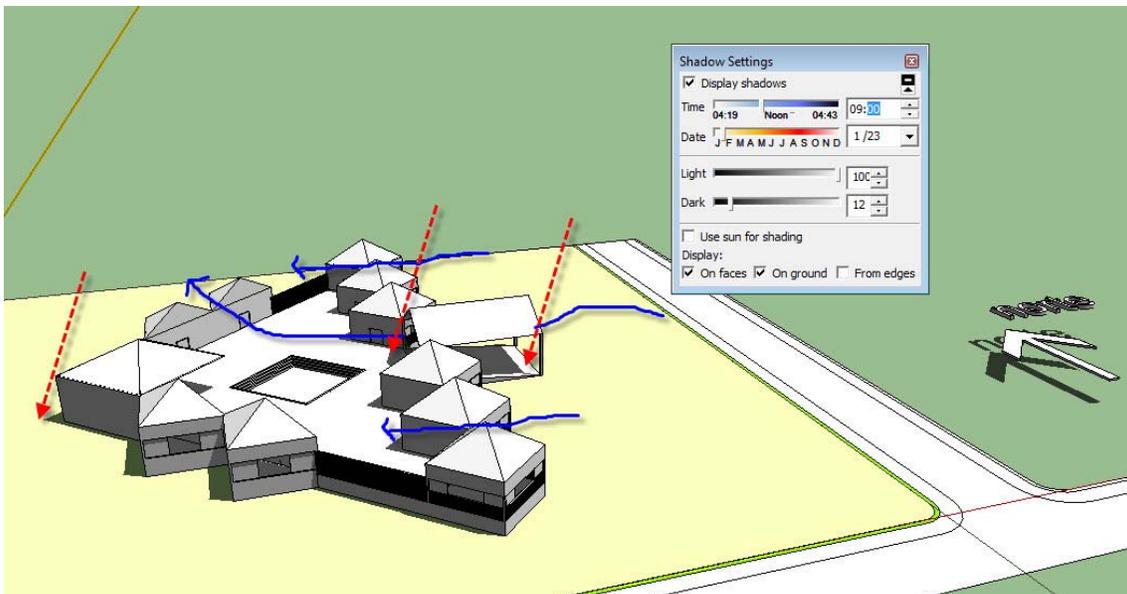
### 6.1.1.5 Análise de Sujeito A5



**Figura 63**

Vista geral da composição do sujeito A5.

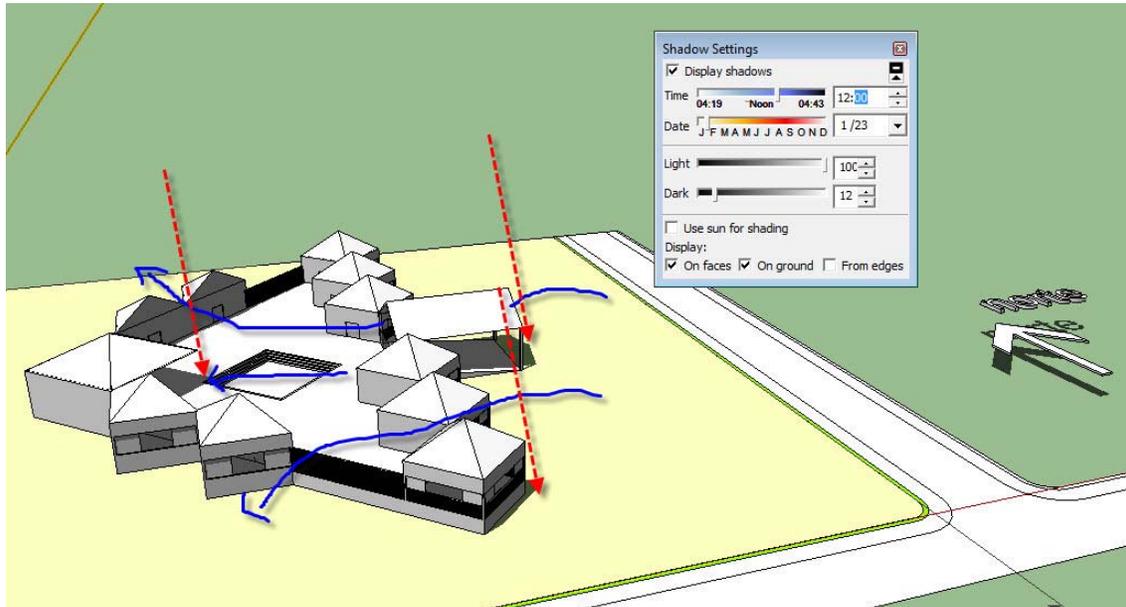
Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.



**Figura 64**

Vista tomada às 9h, imagem produzida pelo pesquisador.

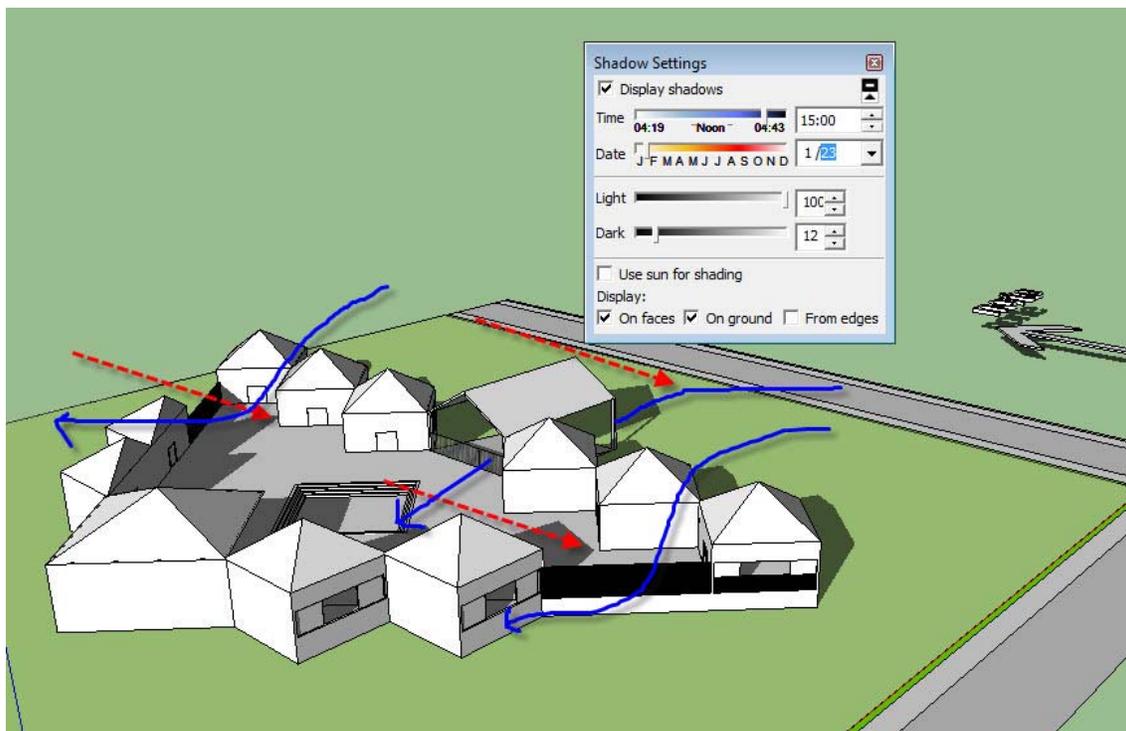
Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.



**Figura 65**

Vista tomada às 12h, imagem produzida pelo pesquisador

Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.



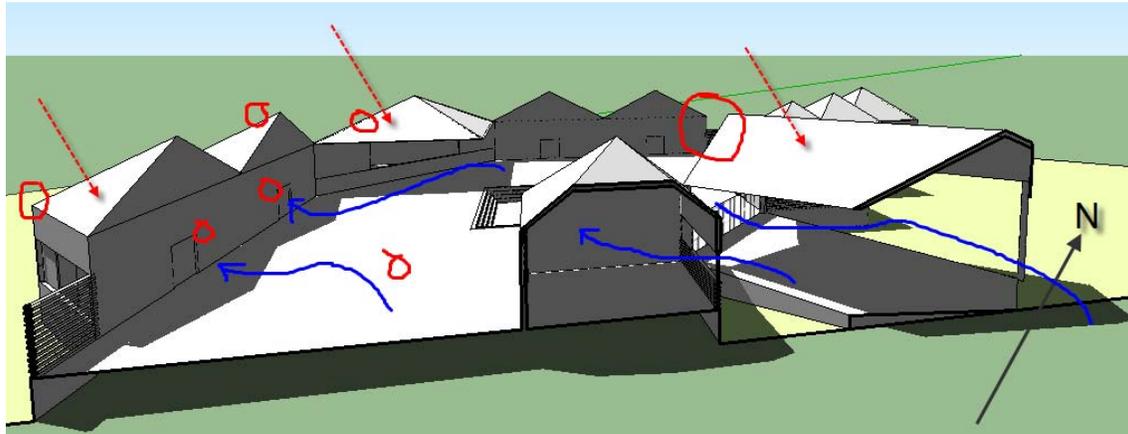
**Figura 66**

Vista tomada às 15h, imagem produzida pelo pesquisador

Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

O Sujeito A5 desenvolveu um volume em que foram reconhecidas as seguintes estratégias de projeção: levantamento da base do chão, posicionamento da volumetria para o aproveitamento da ventilação, uso de um espaço coberto na

entrada. Além disso, usou passarelas cobertas, aberturas e muros vazados. No entanto, não protegeu as fachadas da insolação oeste, nem usou aberturas em posições que permitiriam a entrada e a saída da ventilação, mesmo posicionando os volumes para tal. A falta de beirais e de proteção das paredes e fachadas oeste e de aberturas protegidas tornou os espaços inadequados.

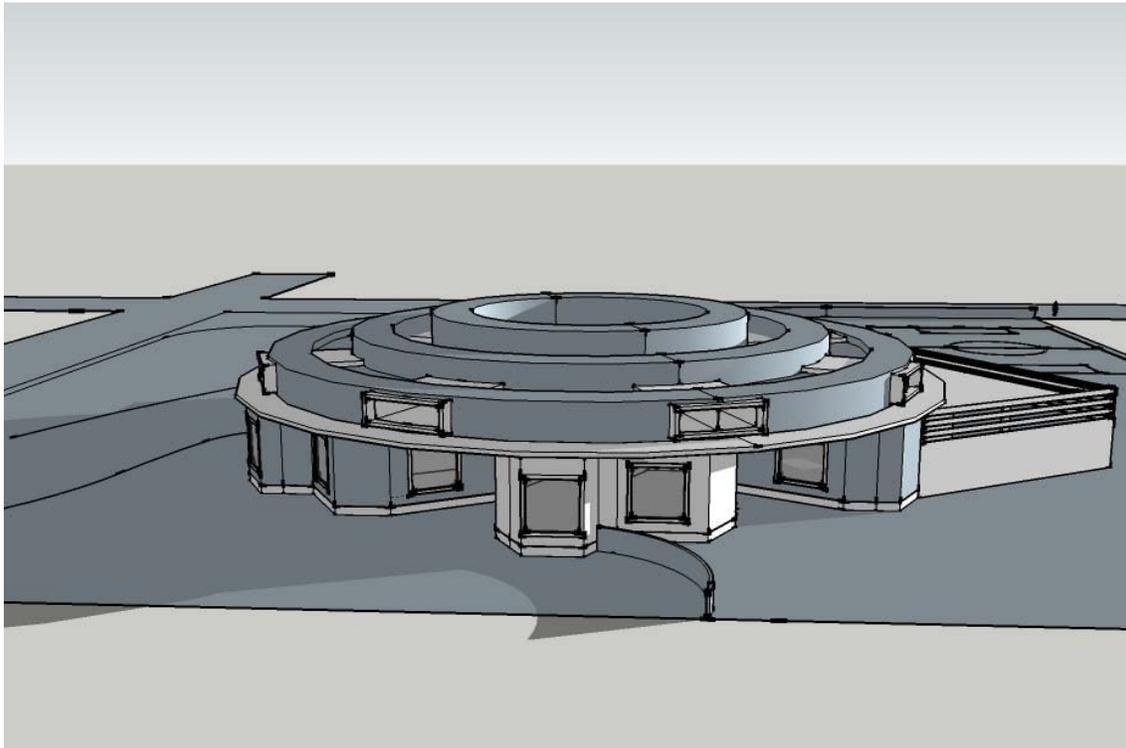


**Figura 67**

Apresentação de uma seção do volume do Sujeito A5, com a insolação direta nas paredes, aberturas e espaços, assim como o impedimento da permeabilidade para a ventilação

Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

### 61.1.6 Análise de Sujeito A6

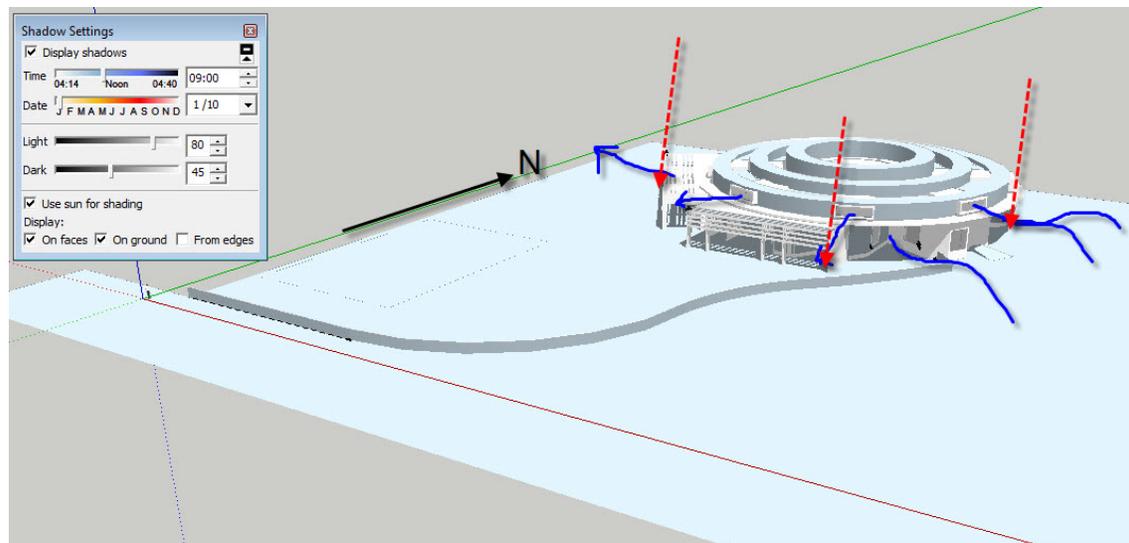


**Figura 68**

Imagem produzida pelo sujeito A6.

Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

### Momento 1 – 9hs



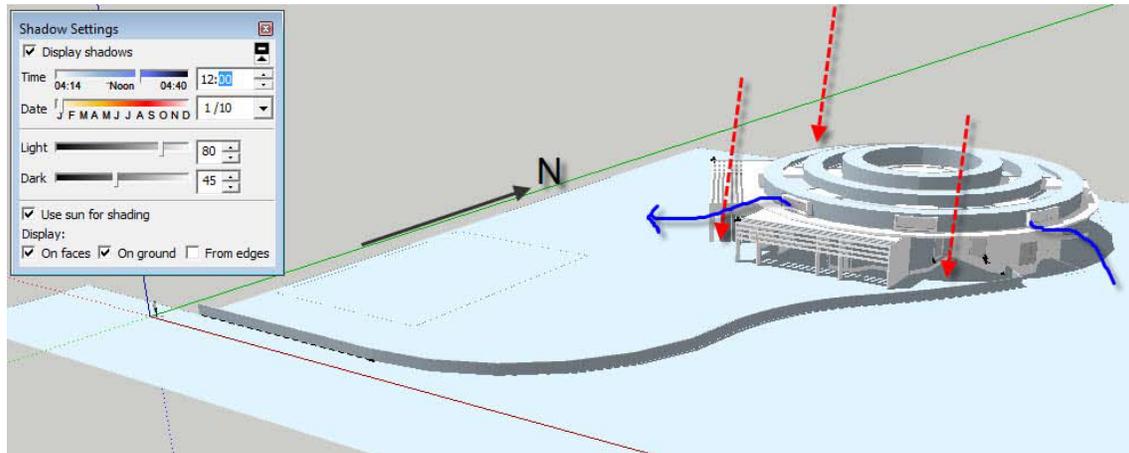
**Figura 69**

Imagem 9h, produzida pelo pesquisador

Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

A vista da figura A6 apresenta uma solução arquitetônica baseada em vários cilindros concêntricos com a intenção de aproveitar a ventilação natural. O Sujeito A6 desenvolveu um sistema para a captação da ventilação e saída do ar quente, por meio de vários níveis de aberturas.

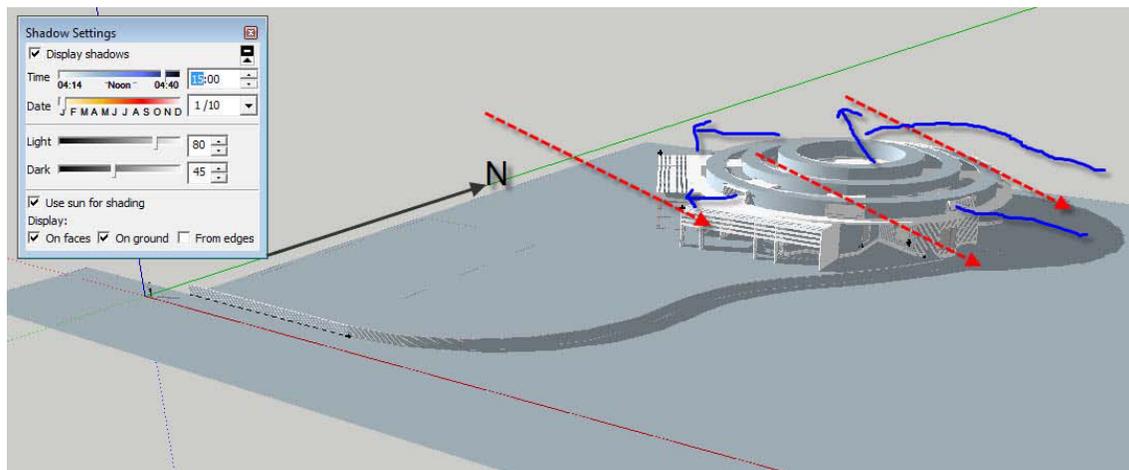
### Momento 2 – 12h



**Figura 70**

Momento das 12h , produzida pelo pesquisador  
Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

### Momento 3 – 15h



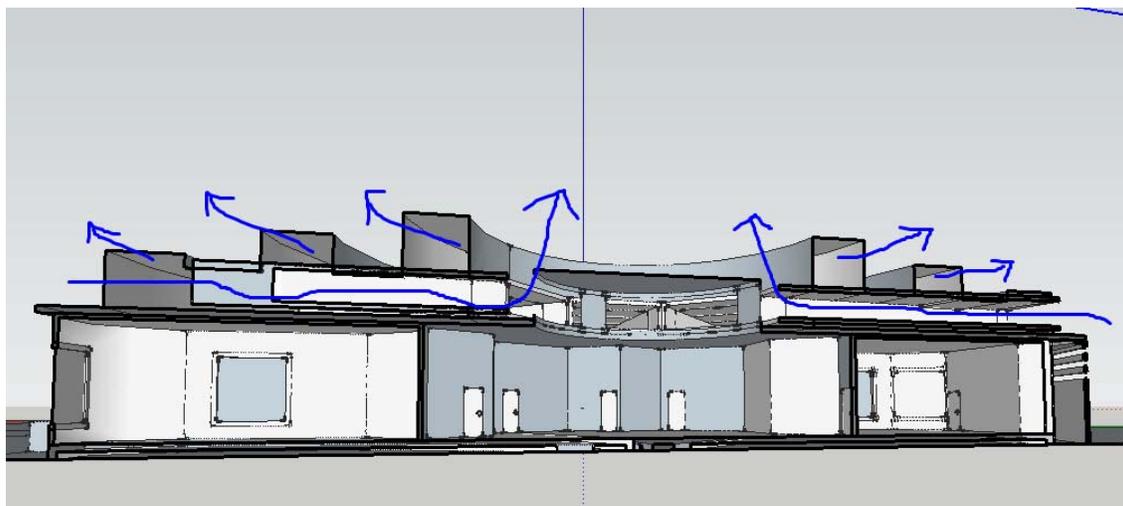
**Figura 71**

Apresentação do momento 15h, imagem produzida pelo pesquisador.  
Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

Foram identificadas as seguintes estratégias de projeção: levantamento da base da edificação do solo, permeabilidade à ventilação e proteção da insolação

direta ao longo do período especificado. O sujeito A6 ainda utilizou brises, venezianas, beirais, marquises, aberturas nas paredes e na coberta.

Entretanto, o mecanismo não é funcional, pois a ventilação necessita não só de uma abertura de entrada, mas também de outra de área maior para a saída. O mecanismo desenvolvido para incrementar o fluxo da ventilação não possui as condições físicas de exaustão, o efeito chaminé. (Montenegro,1984).



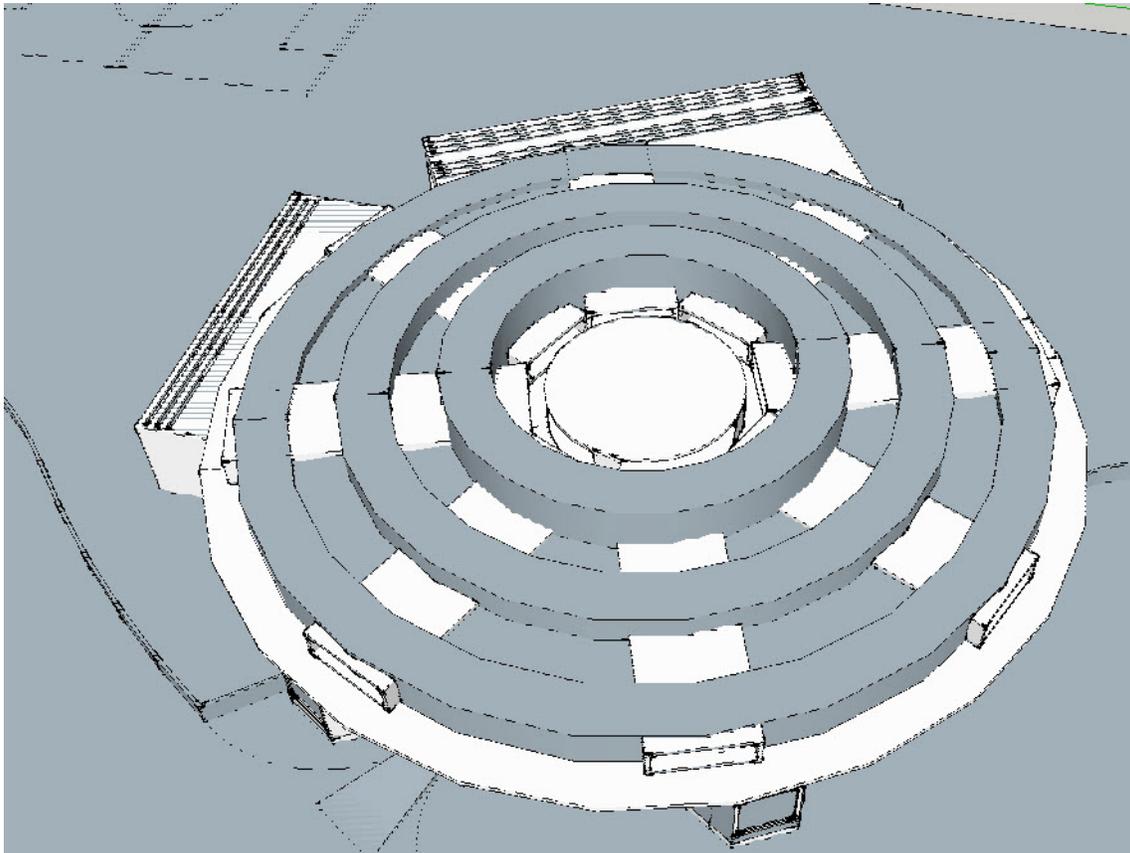
**Figura 72**

Seção esquemática detalhando os dutos para tiragem de ar.

Imagem produzida e comentada pelo pesquisador.

Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

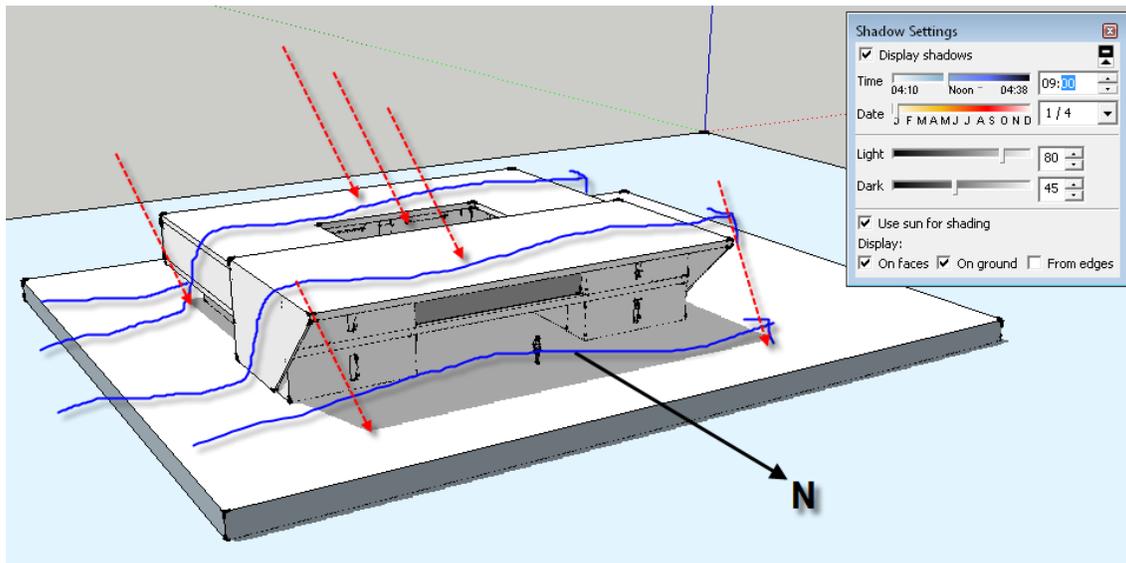
Apesar das imprecisões do volume proposto, em relação ao atendimento das especificações da tarefa, o sujeito A6 demonstrou um senso de experimentação, necessário à projeção arquitetônica. Ainda é possível acrescentar que o estudante incorporou as noções para geração de forma e espaço na Cidade do Recife. Esse raciocínio de geração de alternativas e desenvolvimento de mecanismos poderá ser replicado em outras situações, desde que o estudante seja devidamente assessorado.



**Figura 73**  
Vista superior da composição do Sujeito A6  
Fonte: Imagem produzida e comentada pelo pesquisador

### 6.1.1.7 Análise de Sujeito A7

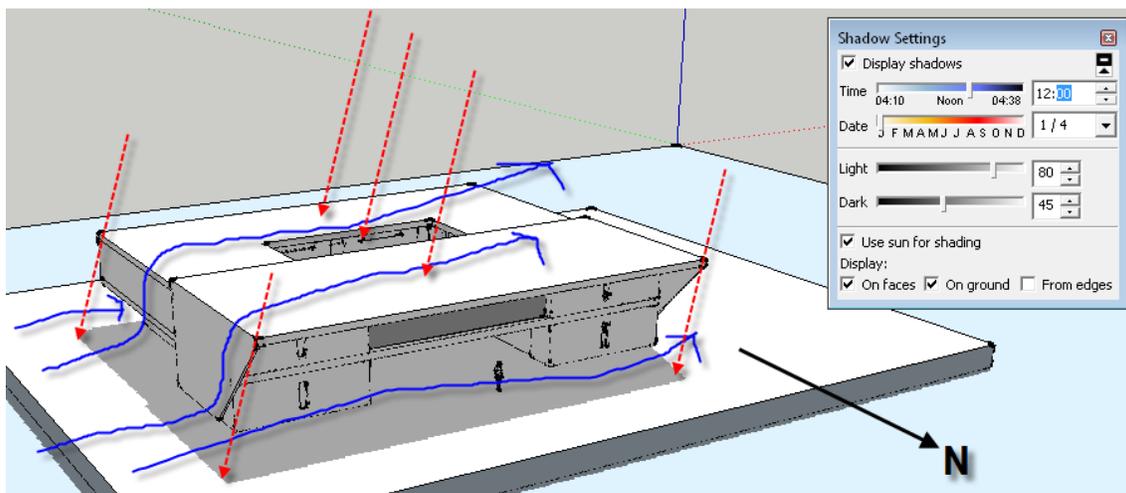
A tarefa do Sujeito A7 apresenta uma solução arquitetônica a qual eleva para cima de uma parte do volume e recua as paredes do nível do solo. Foram identificadas as seguintes estratégias de projeção: recuos das paredes e aberturas, pátio central descoberto.



**Figura 74**

Vista geral às 9h.

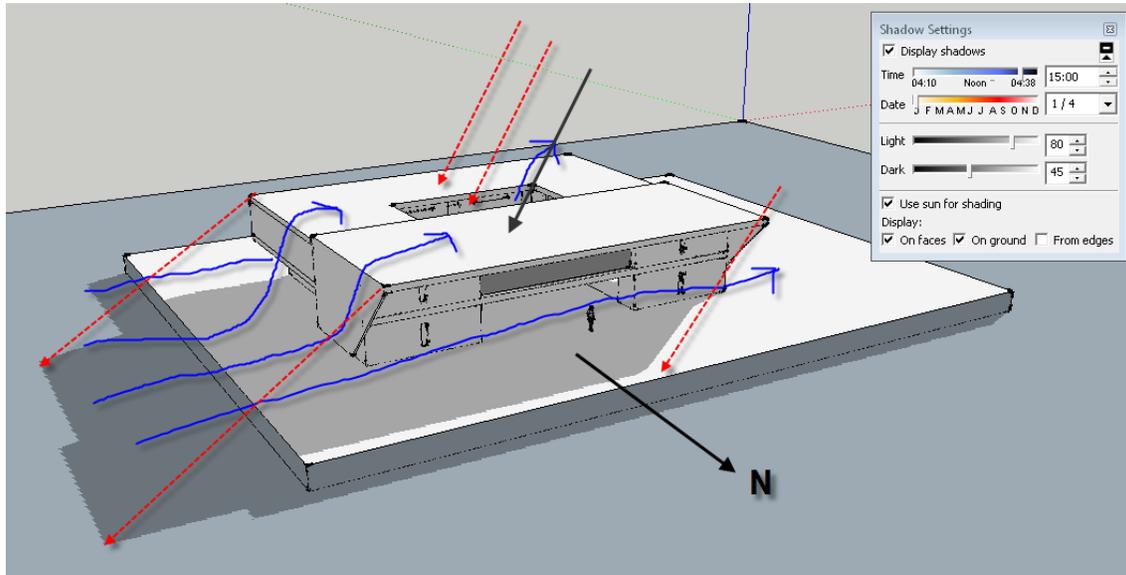
Fonte: Imagem produzida pelo pesquisador.



**Figura 75**

Vista geral às 12h.

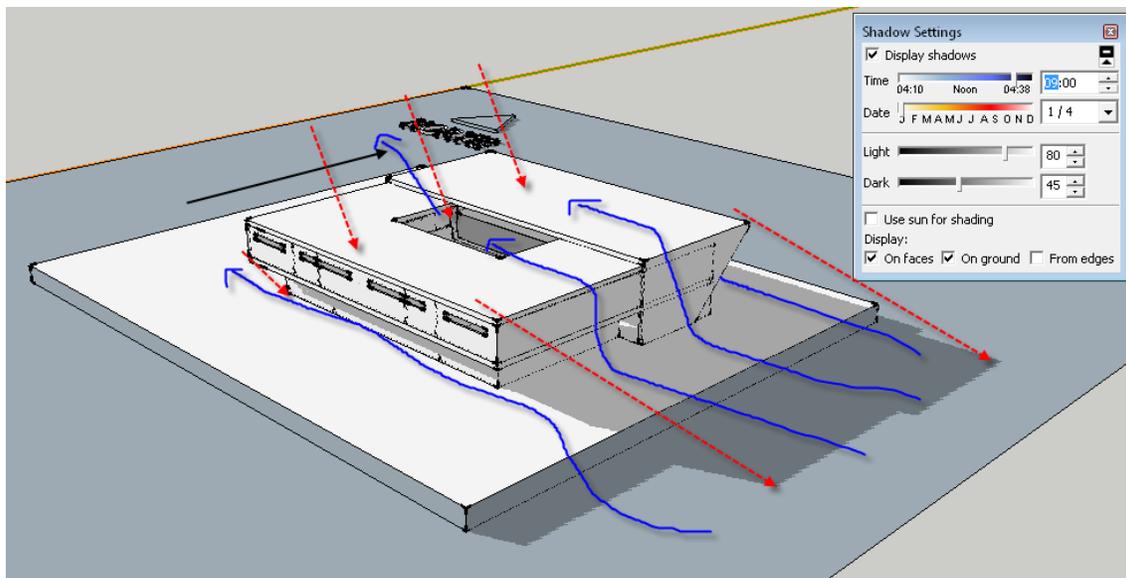
Fonte: Imagem produzida pelo pesquisador.



**Figura 76**

Vista geral às 15h.

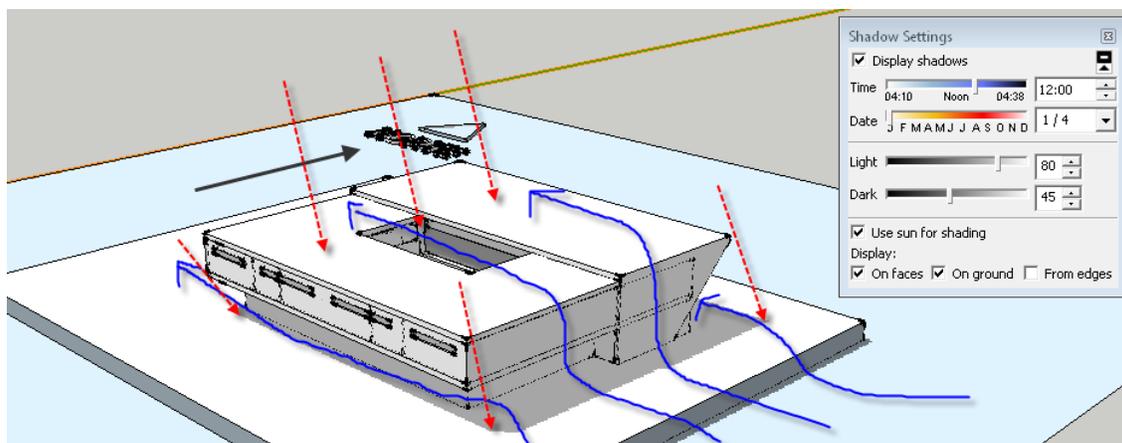
Fonte: Imagem produzida pelo pesquisador.



**Figura 77**

Vista geral às 9h.

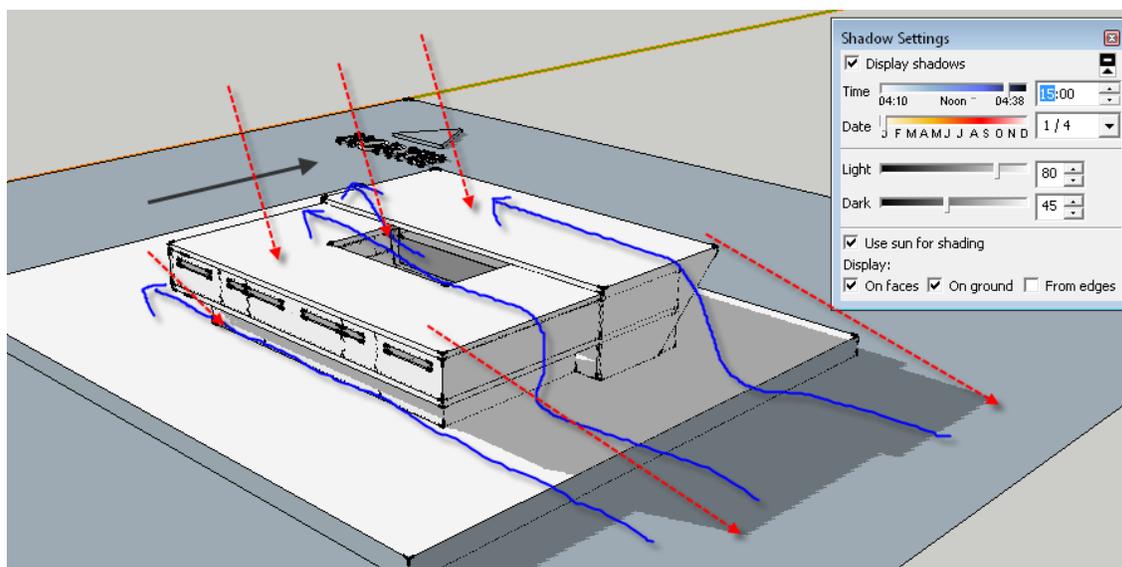
Fonte: Imagem produzida pelo pesquisador.



**Figura 78**

Vista geral às 12h.

Fonte: Imagem produzida pelo pesquisador.



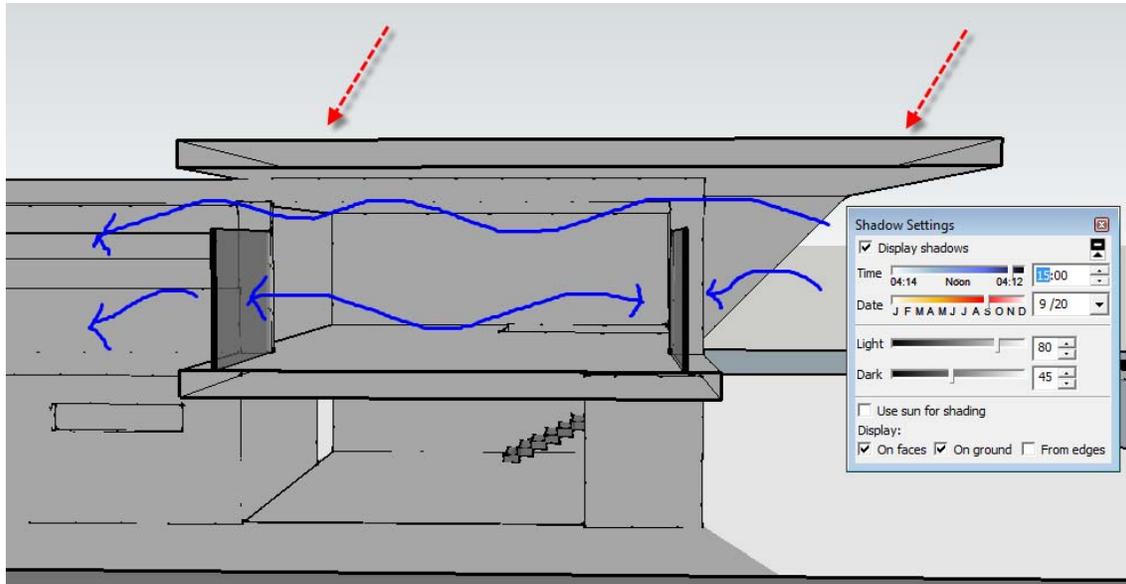
**Figura 79**

Vista geral às 15h.

Fonte: Imagem produzida pelo pesquisador.

O volume produzido pelo Sujeito A7 expõe de modo crítico à incidência solar as paredes envoltórias e a cobertura plana. Essa exposição transfere calor ao ambiente nos momentos mais quentes do ano. A intenção de gerar sombras só atende a fachada norte, em detrimento das fachadas Oeste, mais quente.

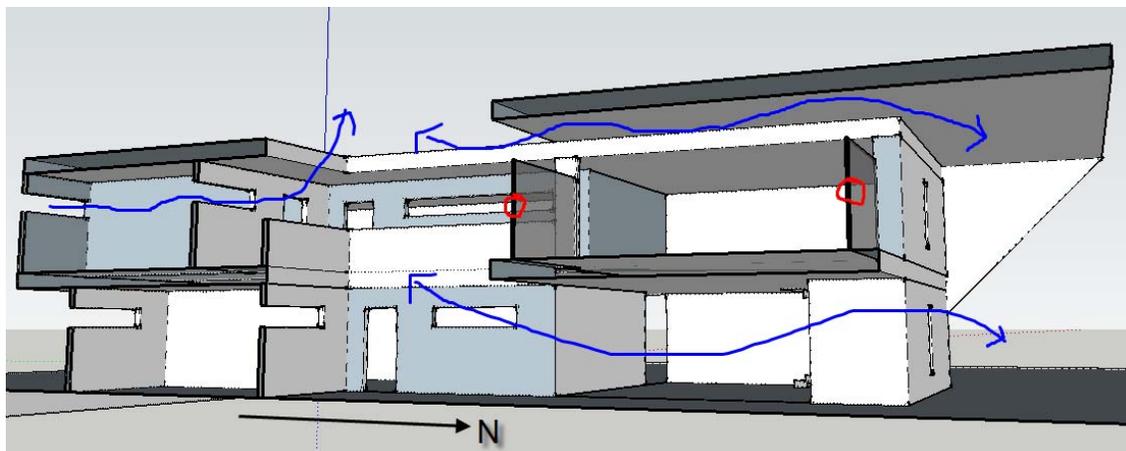
Outro aspecto identificado na Tarefa do Sujeito A7 é a utilização do vidro de grande extensão na fachada Norte, o qual impede o aproveitamento do fluxo da ventilação natural, mesmo protegido da insolação direta. Apesar do distanciamento da cobertura, a entrada e saída de ar ficaram comprometidas.



**Figura 80**

Seção do volume arquitetônico às 15h.

Fonte: Imagem produzida pelo pesquisador.



**Figura 81**

Seção do volume arquitetônico indicando as movimentações da ventilação.

Fonte: Imagem produzida pelo pesquisador.

### 6.1.2 Síntese dos Resultados do Grupo A

Após a análise e discussão do Grupo A, composto por estudantes do 2º período, foi estabelecida uma síntese das estratégias de projeção e os recursos de forma utilizados. Para melhor compreensão do desenvolvimento dos conceitos solicitados na Tarefa Arquitetônica proposta, foram estabelecidos os seguintes critérios para geração de categorias:

- a) Identificação de estratégias utilizadas;
- b) Identificação de recursos utilizados;
- c) Identificação de itens impróprios.

Durante a análise, foi percebido que alguns Sujeitos utilizaram espaços, formas e situações não recomendáveis, de acordo com os princípios bioclimáticos, estratégias de projeção e recursos de forma estabelecida na Tarefa Arquitetônica. Tais situações podem interferir na qualidade do espaço interno. Assim, foi estabelecida uma identificação dos itens reconhecidos, que fogem aos princípios bioclimáticos para a Cidade do Recife.

Percebe-se que, a maior parte dos sujeitos do Grupo A, buscam atingir as solicitações definidas na tarefa. Entretanto, muitos deles não respeitaram de forma adequada as especificações. Foram capazes de limitar o volume ao terreno. Mas não atenderam ao posicionamento para a proteção do volume arquitetônico das 9 às 15 horas, nem permitiram a entrada da ventilação.

As tarefas recebidas apresentaram mais usualmente: grandes áreas de sombra, espaços com altura (pé-direito alto) e posicionamento do volume em relação ao terreno, para a proteção da insolação no período de tempo especificado.

As maiores partes das tarefas (5 em 7) recebidas apresentaram grandes áreas de sombra protegendo o volume de forma adequada. Isso demonstra que houve intenção e reconhecimento de que essa estratégia é eficaz.

Foi observado que o item espaços com coberta de grande altura está relacionado com a grande área de sombra. Isto ocorre porque a distância dos planos de coberta gera projeção de sombras maiores. Assim as tarefas que fizeram uso dessa estratégia potencializaram os resultados adequados obtidos.

Para gerar sombreamento, os sujeitos utilizaram mais intensamente os recursos na seguinte ordem: grandes planos de cobertura, brises e beirais. Já o posicionamento do volume, fundamental para a proteção da radiação direta, não se mostrou adequado nos momentos da simulação solicitada, às 9h, 12h e 15h.

Os brises foram utilizados pelos sujeitos de modo a proteger o volume, mesmo sem existir insolação direta naquela posição. Isso indica que o recurso da simulação não foi adequadamente utilizado.

Os Sujeitos que utilizaram beirais conseguiram proteger as paredes e aberturas de modo adequado. Isso mostra que tal recurso faz com que os sujeitos visualizem a necessidade de proteger as outras vedações.

Os quadros apresentados em seguida apresentam os resultados dos Sujeitos do Grupo A. Foram estabelecidos no Quadro 2 as estratégias; no Quadro 3, os recursos de forma e, no Quadro 4, as impropriedades analisadas e discutidas, conforme os itens especificados a seguir:

- a) Identificação de estratégias de projeção utilizadas;
- b) Identificação de recursos de forma utilizados;
- c) Impropriedades – Identificação de estratégias de projeção impróprias para a qualidade do volume produzido.

**Quadro 2**  
Estratégias de projeção identificadas na Tarefa do Grupo A

Estratégias de projeção		Sujeitos							
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	Total
<b>V</b>	Levantamento da base da edificação do solo;								5
<b>S +V</b>	Geração de um grande espaço sombreado								5
<b>V</b>	Aproveitamento da ventilação natural								5
<b>V</b>	Permeabilidade para a entrada e saída da ventilação								5
<b>S</b>	Proteção do volume da maior insolação direta vinda do oeste								3
<b>S</b>	Proteção das paredes, vedações e aberturas								4
<b>Total de Estratégias identificadas por sujeito</b>		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	
<b>V – aproveitamento da ventilação</b>									
<b>S – proteção da insolação direta (sombreamento)</b>									

**Quadro 3**  
Recursos de forma identificadas nas  
Tarefas do Grupo A

Recursos de forma		Sujeitos							
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	Total
<b>S+V</b>	Grandes planos de coberta								5
<b>S</b>	Beirais								6
<b>S</b>	Brises solares (quebra-sol)								4
<b>S+V</b>	Combogós e outros elementos vazados								4
<b>S+V</b>	Venezianas								3
<b>S</b>	Passarelas cobertas								3
<b>Total de Estratégias identificadas por sujeito</b>		<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	
<b>V – aproveitamento da ventilação</b>									
<b>S – proteção da insolação direta (sombreamento)</b>									

**Quadro 4**

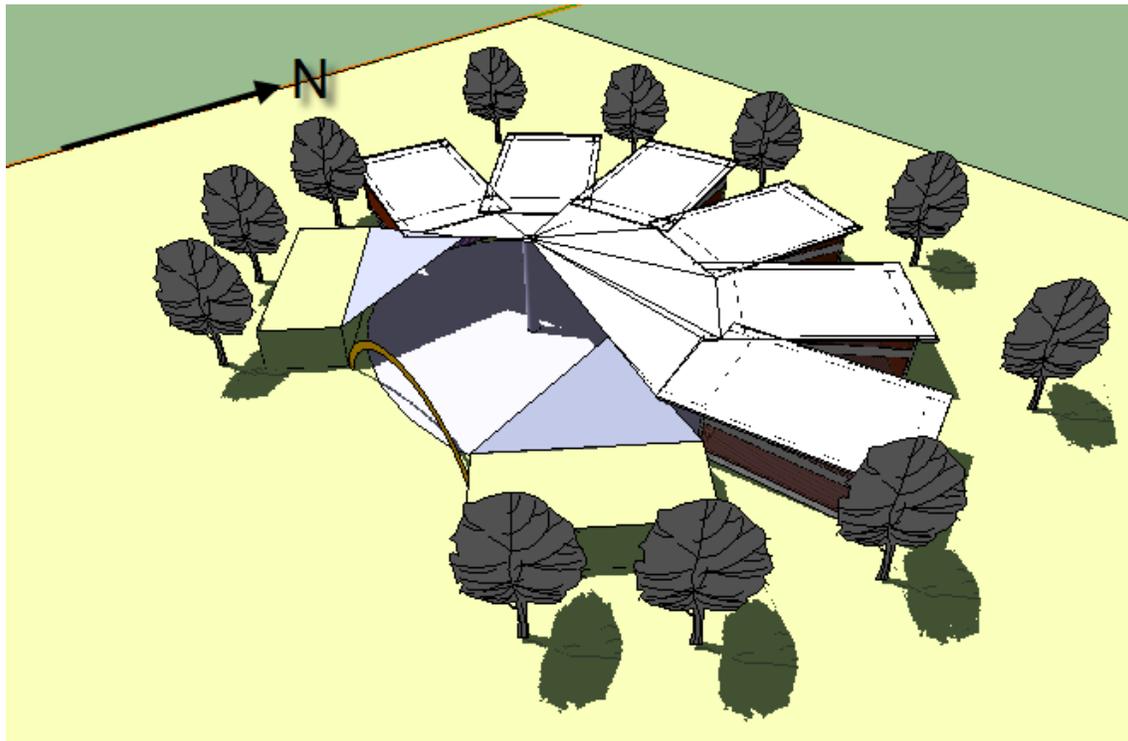
Itens de projeção arquitetônica impróprios para a qualidade do espaço identificados nas Tarefas do Grupo A.

Impropriedades		Sujeitos							Totais
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	
<b>S</b>	Paredes do Oeste expostas a insolação								<b>3</b>
<b>S</b>	Insolação direta Oeste no ambiente								<b>3</b>
<b>S</b>	Laje plana com pé direito baixo								<b>1</b>
<b>S</b>	Material translúcido desprotegido da insolação								<b>0</b>
<b>V</b>	Efeito estufa								<b>3</b>
<b>S</b>	Pátio central descoberto exposto à insolação direta								<b>1</b>
<b>Total de impropriedades identificadas por sujeito</b>		<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	
<b>V – aproveitamento da ventilação</b>									
<b>S – proteção da insolação direta (sombreamento)</b>									

### 6.1.2 Análise dos resultados dos sujeitos do Grupo B (Entre o 8º e 10º período)

O Grupo B é formado por estudantes em final de curso. Todos os alunos já possuem prática com softwares gráficos e um maior nível de conhecimento em relação à projeção e os princípios de conforto ambiental.

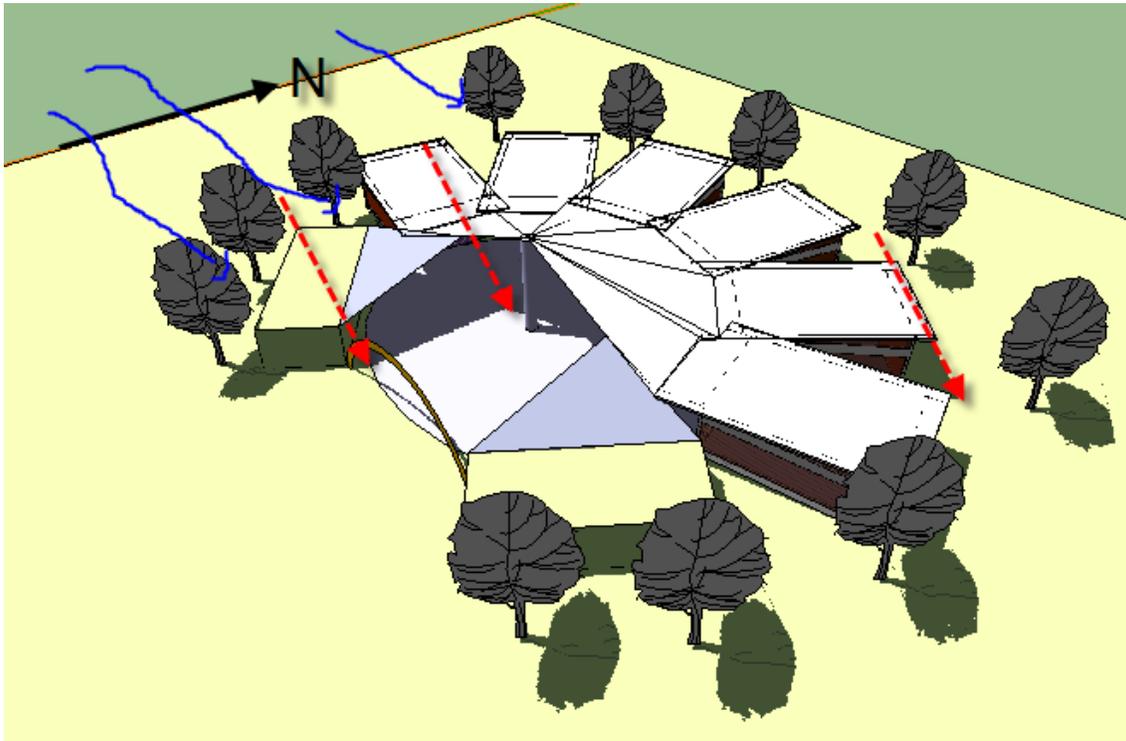
#### 6.1.2.1 Análise de Sujeito B1



**Figura 82**

Vista geral da composição do sujeito B1

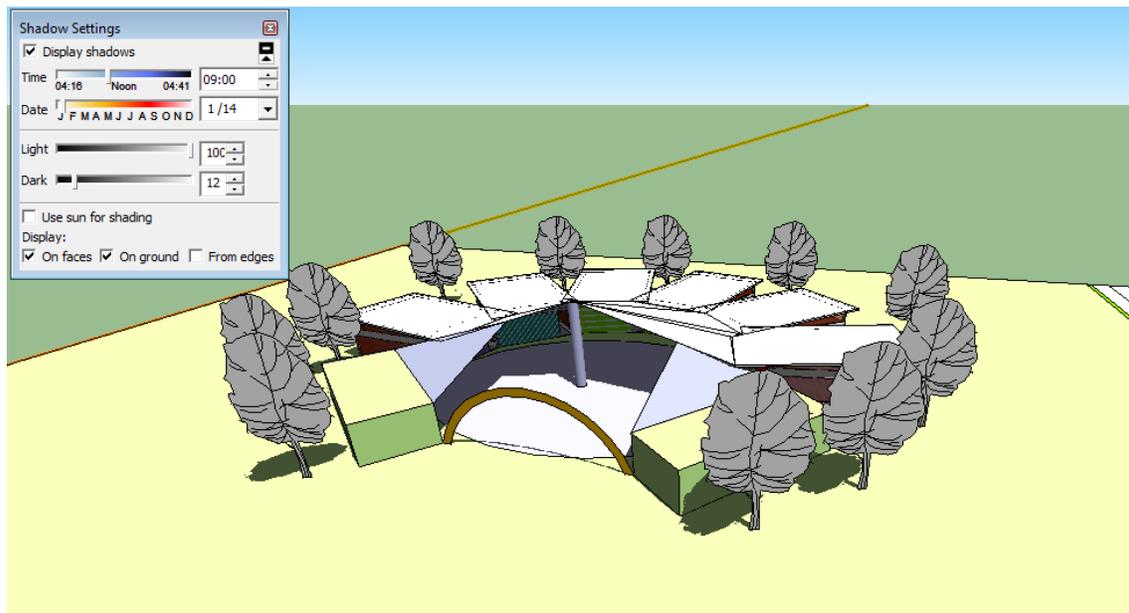
Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.



**Figura 83**

Imagem apresentando a orientação Norte, o sentido da ventilação e a incidência solar.  
 Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

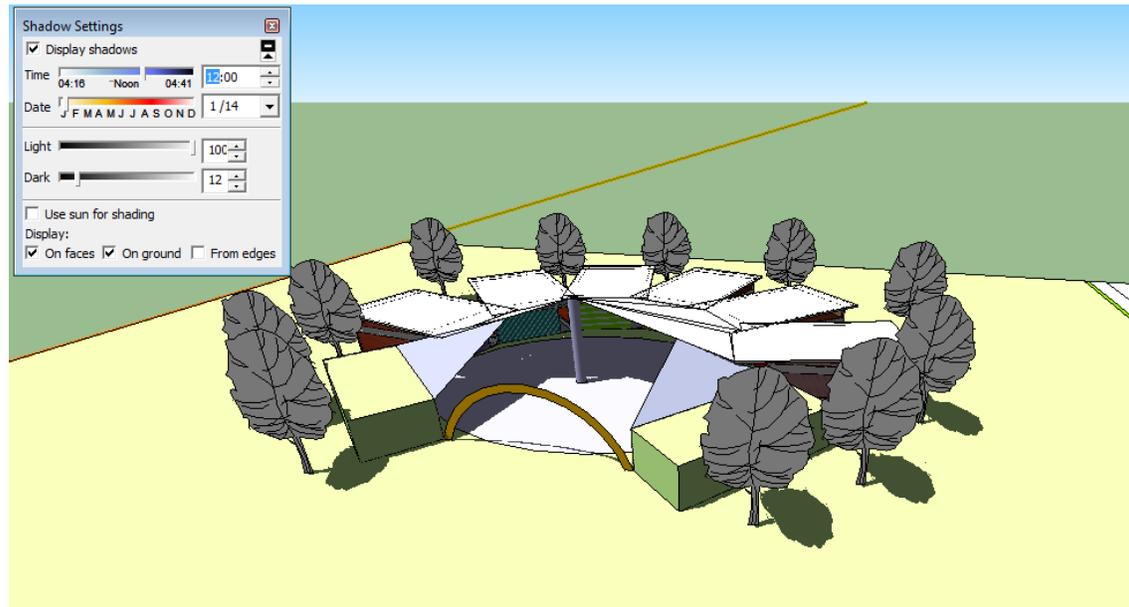
### Momento 1 – 9h



**Figura 84**

Imagem apresentando a incidência solar às 9 horas, imagem produzida pelo pesquisador.  
 Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

## Momento 2 – 12h



**Figura 85**

Imagem apresentando a incidência solar às 9h, imagem produzida pelo pesquisador.

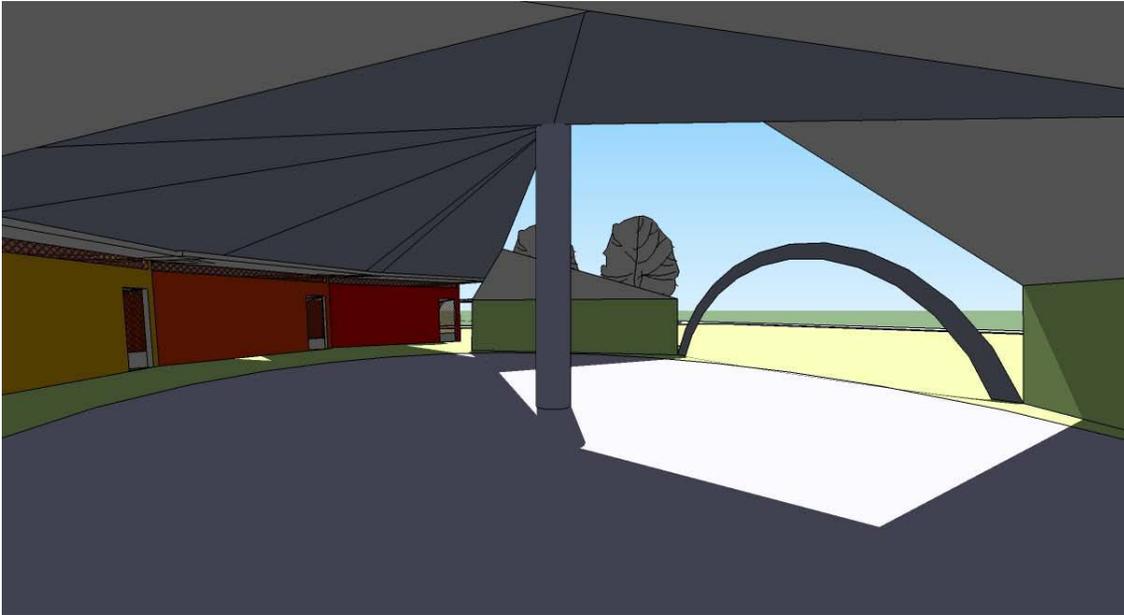
## Momento 3 – 15h



**Figura 86**

Simulação às 15h, imagem produzida pelo Sujeito B1

Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.



**Figura 87**

Simulação do espaço interno com sombreamento às 12h, imagem produzida pelo pesquisador  
 Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.



**Figura 88**

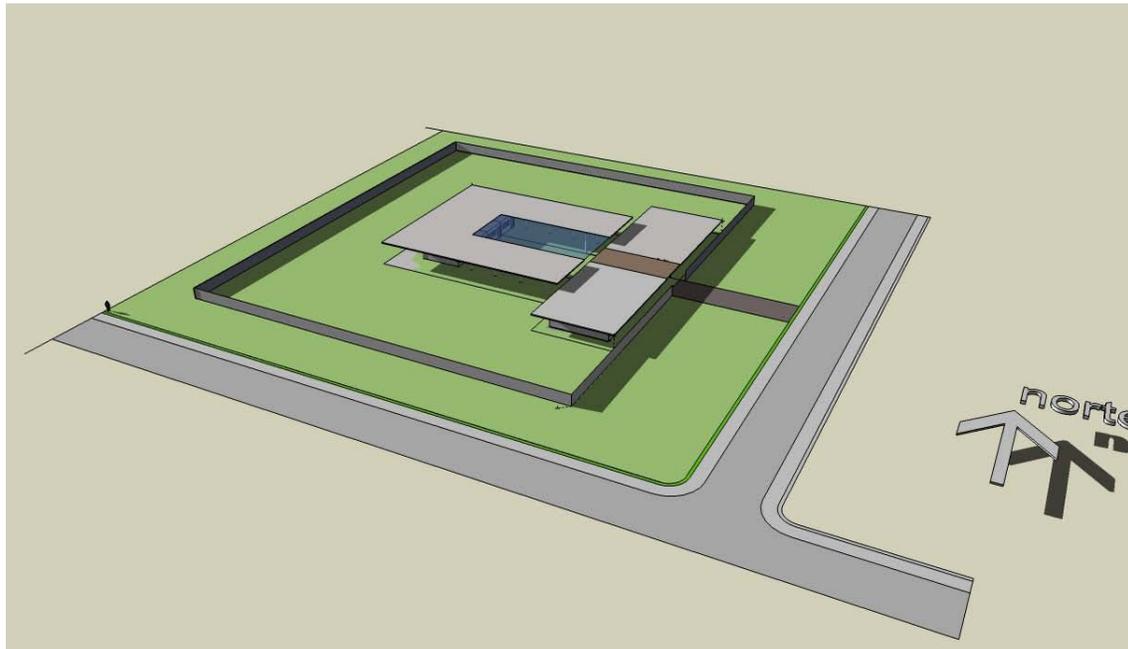
Simulação do espaço interno, apresentando uma sala de aula com o uso de paredes de combogó e aberturas na parte superior das paredes.  
 Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

A resposta à tarefa apresentada demonstra que o estudante utiliza um grande espaço sombreado, com posicionamento do volume para aproveitamento da ventilação com permeabilidade. Além disso, o estudante apresenta clara preocupação em proteger o espaço construído da insolação Leste e Oeste. Apesar

de não levantar a base do solo, gera espaços sombreados nos três momentos solicitados. O volume é desenvolvido em formato circular com um ponto central onde foram dispostos planos de sombreamento. Às 15 horas parte do volume recebe insolação direta nas paredes. Pelos recursos utilizados é possível perceber a permeabilidade do espaço. Excetuando algumas paredes do lado oeste a maior parte do volume oferece condições de boa habitabilidade.

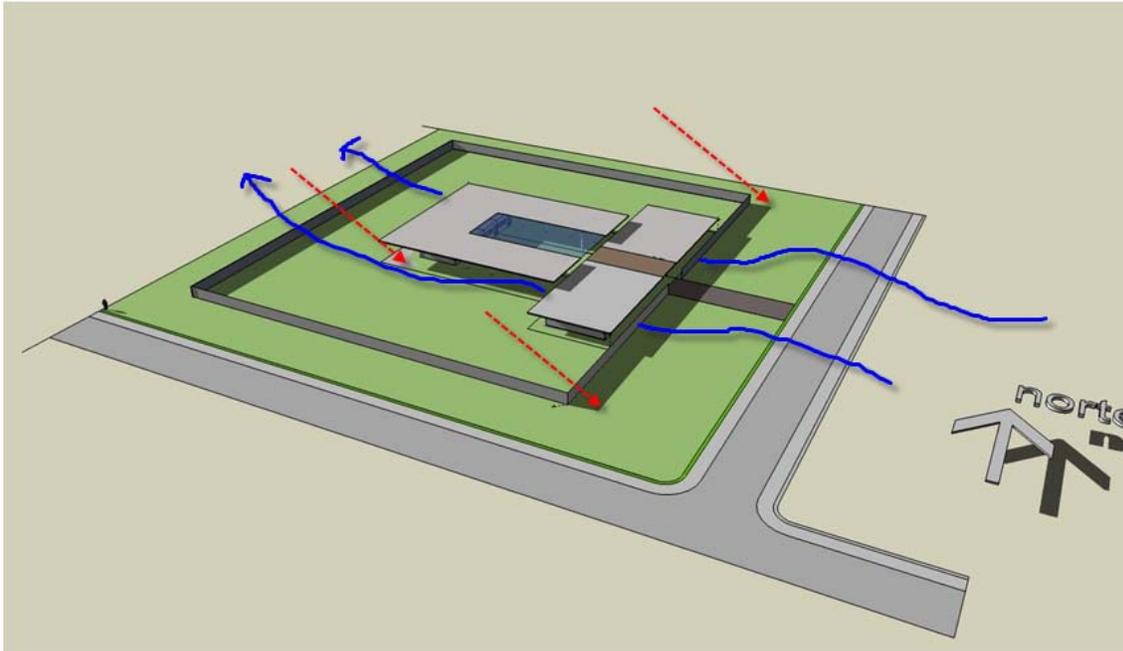
A Figura 88 apresenta uma vista interna do espaço de uma sala de aula com paredes de combogós dos dois lados e na parte superior da parede. Essa solução permite a entrada e saída da ventilação natural.

### 6.1.2.2 Análise de Sujeito B2



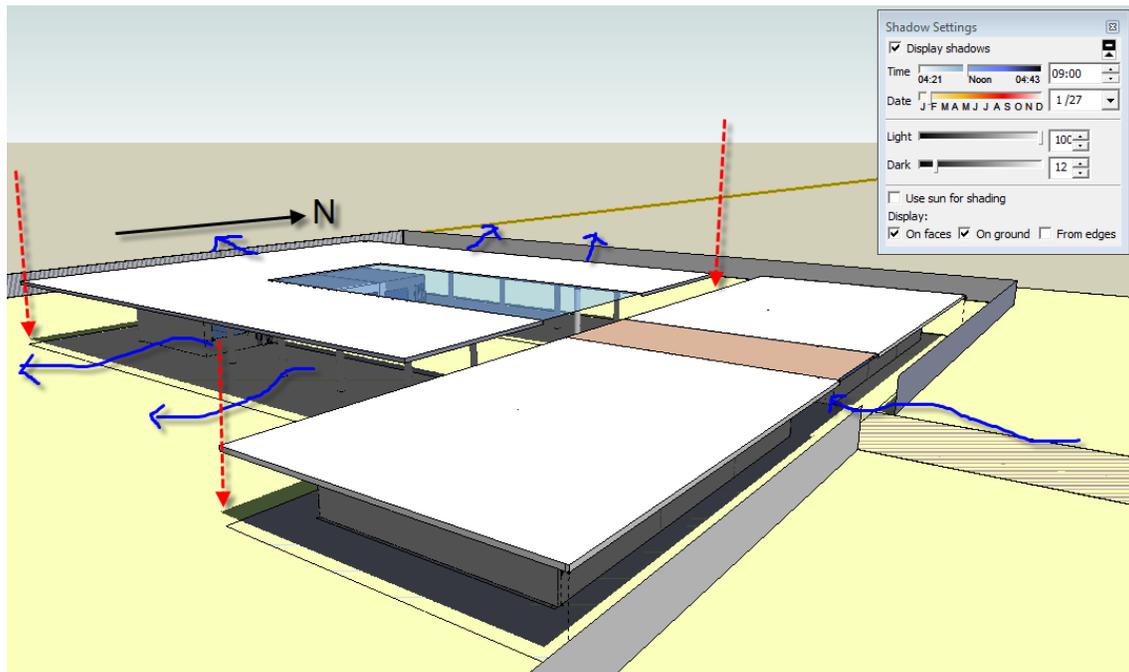
**Figura 89**

Vista geral da composição do sujeito B2, produzida pelo estudante às 15h.  
Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.



**Figura 90**

Vista geral com posicionamento da insolação direta e sentido da ventilação do estudante B2.  
Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.



**Figura 91**

Vista do volume do sujeito B2 às 9h, imagem produzida pelo estudante e analisada pelo pesquisador.  
Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

Foram reconhecidas na tarefa do Sujeito B2 as seguintes estratégias: um grande espaço sombreado, posicionamento do volume para aproveitamento da ventilação natural com permeabilidade, entrada e saída da ventilação. O volume

está protegido não somente da insolação Leste e Oeste, mas também apresenta aberturas para ventilação. Além disso, a cobertura possui um grande distanciamento (pé-direito alto), permitindo a circulação dos ventos.

Já em relação aos recursos de forma, foram identificados: grandes planos de cobertas altas, beirais, passarelas, combogós e outros elementos vazados.

Embora o estudante pertença ao Grupo B, já possua conhecimento dos princípios solicitados na tarefa e tenha respondido às solicitações relativas à proteção da radiação solar e aproveitamento da ventilação natural, foi percebido o uso de material translúcido. Esse recurso é altamente desaconselhável na região especificada, a Cidade do Recife. A proposta é uma cobertura que impede o fluxo da ventilação e permite a entrada de radiação de forma direta no pátio central.

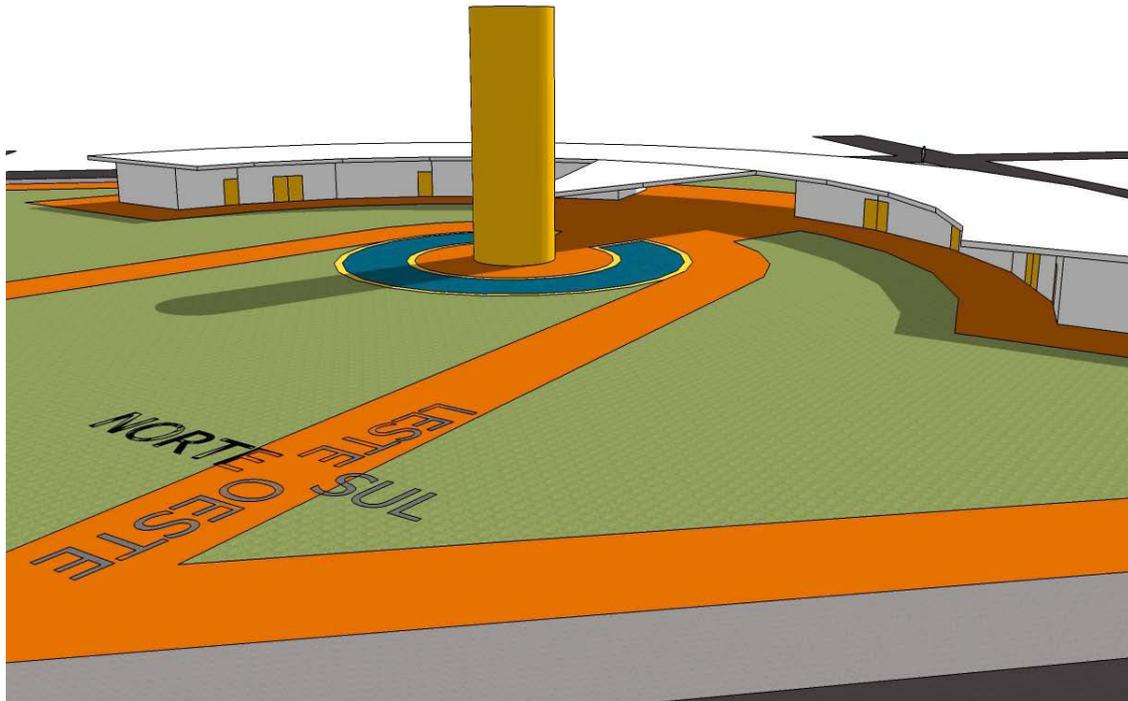
Igualmente, a utilização de lajes planas, sem inclinação, e de baixa altura também é desaconselhável na Cidade do Recife pois transmite mais diretamente o calor acumulado no material.

Portando o volume, apesar de apresentar grande parte das estratégias e recursos sugeridos atendidos, torna-se inadequado pelo uso de material translúcido como cobertura no pátio central.

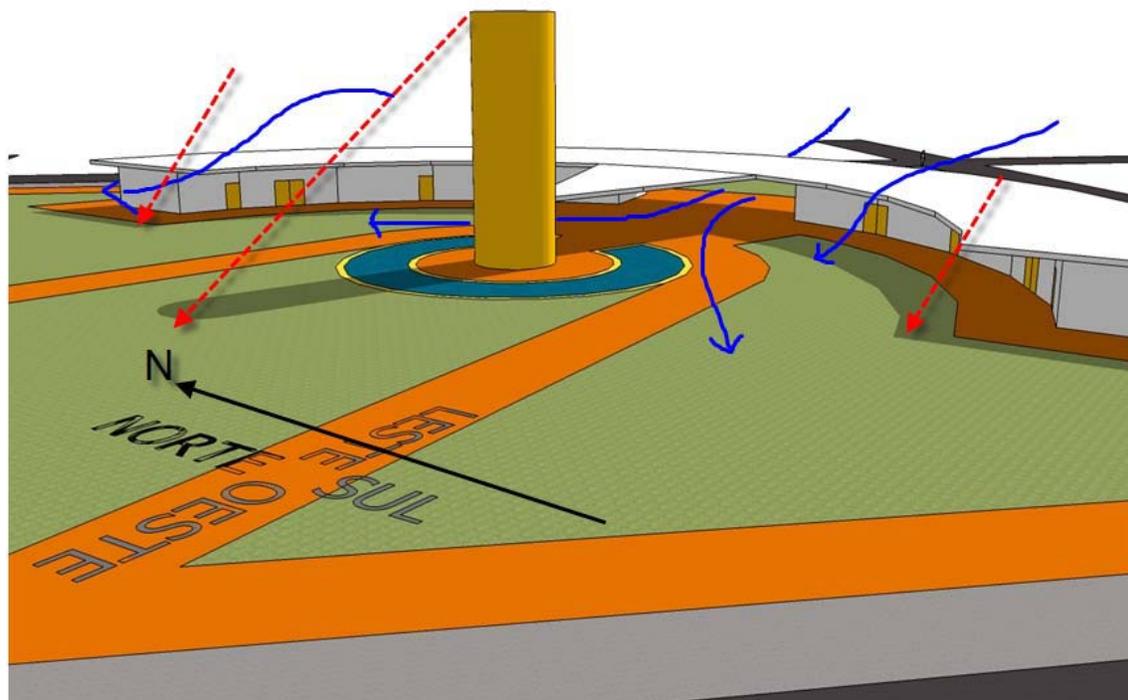
### **6.1.2.3 Análise de Sujeito B3**

A tarefa do Sujeito B3 apresenta um volume em formato semi-circular com um pátio central. Foram reconhecidas as seguintes estratégias de projeção: geração de um grande plano de cobertura para geração de sombra, posicionamento do espaço para o aproveitamento da ventilação, proteção das paredes de aberturas, apresentação de permeabilidade para a ventilação.

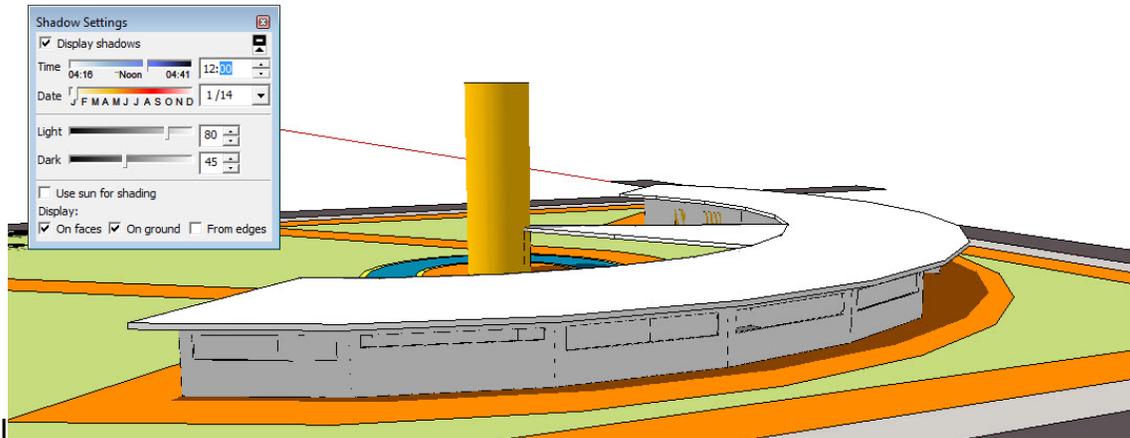
Entretanto, as paredes no momento 3, insolação oeste, não são adequadamente protegidas da incidência solar direta.



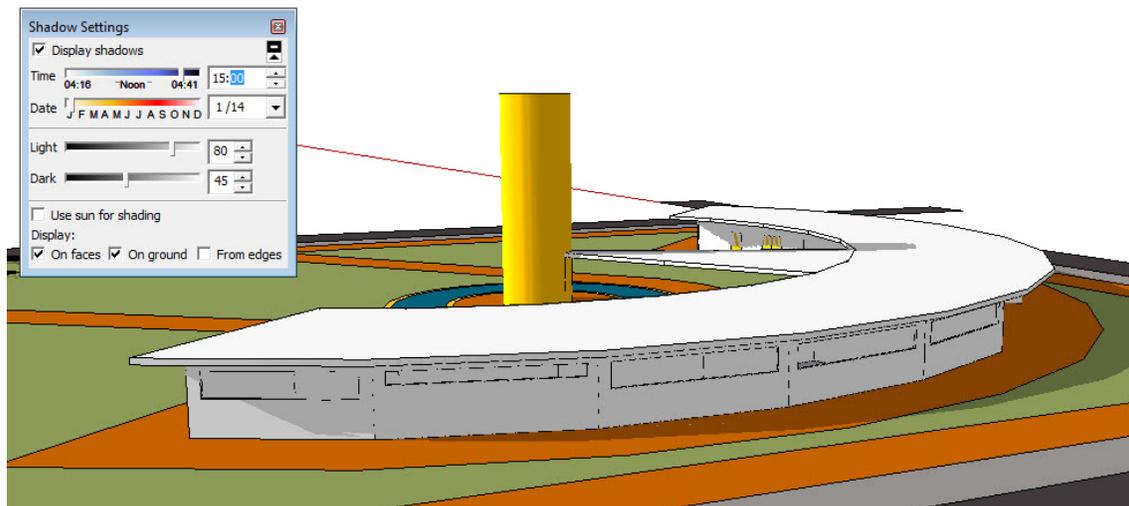
**Figura 92**  
 Vista geral da tarefa do Sujeito B3, imagem produzida pelo estudante.  
 Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.



**Figura 93**  
 Vista geral da tarefa do Sujeito B3 às 9h, imagem produzida pelo sujeito e analisada pelo pesquisador.  
 Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.



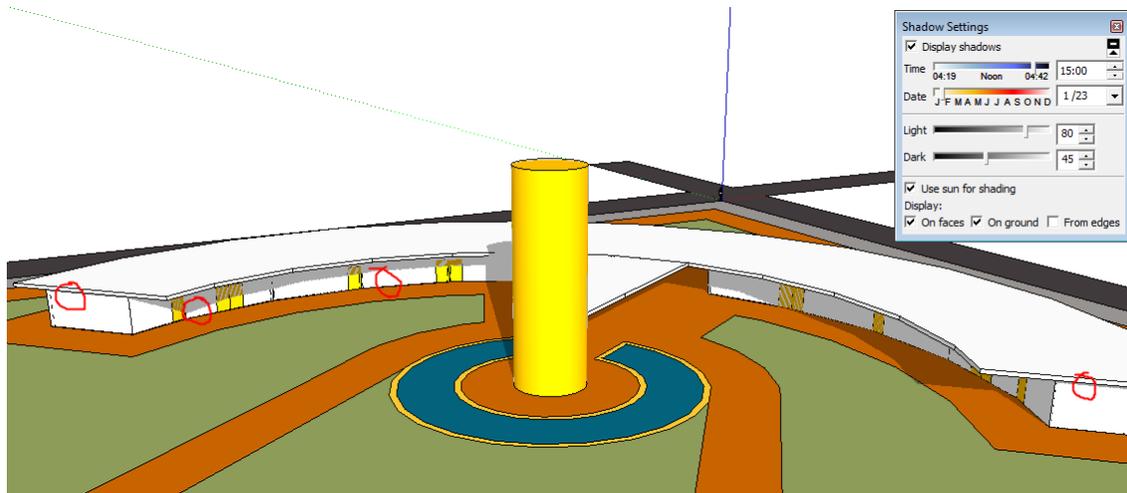
**Figura 94**  
Imagem tomada às 12h, produzida pelo pesquisador.  
Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.



**Figura 95**  
Imagem tomada às 15h, Imagem produzida pelo pesquisador  
Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

A tarefa, desenvolvida pelo Sujeito B3, usa como recursos o uso de beirais, aberturas e elementos vazados e grandes planos de coberta.

Portanto, o estudante propõe um espaço só parcialmente adequado para a atividade solicitada. A coberta, uma laje plana de baixa altura, transmite o calor produzido pela radiação solar mais rapidamente.

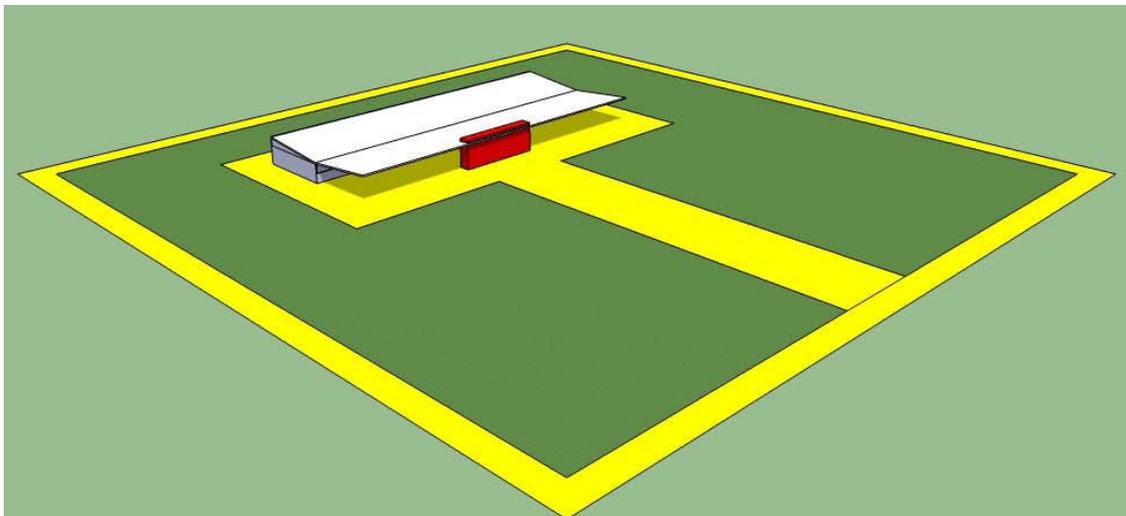


**Figura 96**

Vista do volume do sujeito B3 apresentando fachadas expostas no momento mais crítico do período solicitado, 15h.

Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

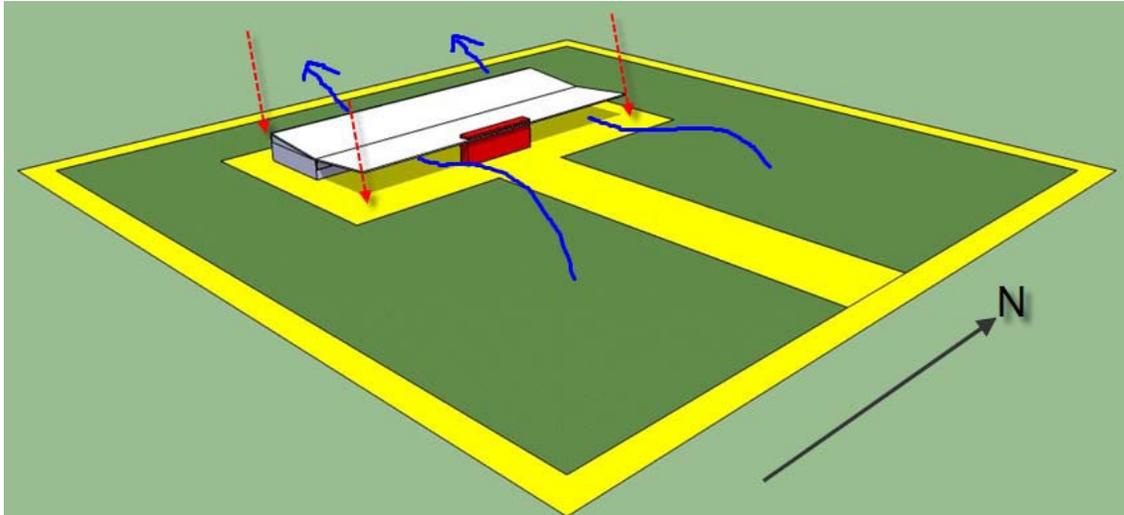
#### 6.1.2.4 Análise de Sujeito B4



**Figura 97**

Imagem produzida pelo Sujeito B4 às 9h.

Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.



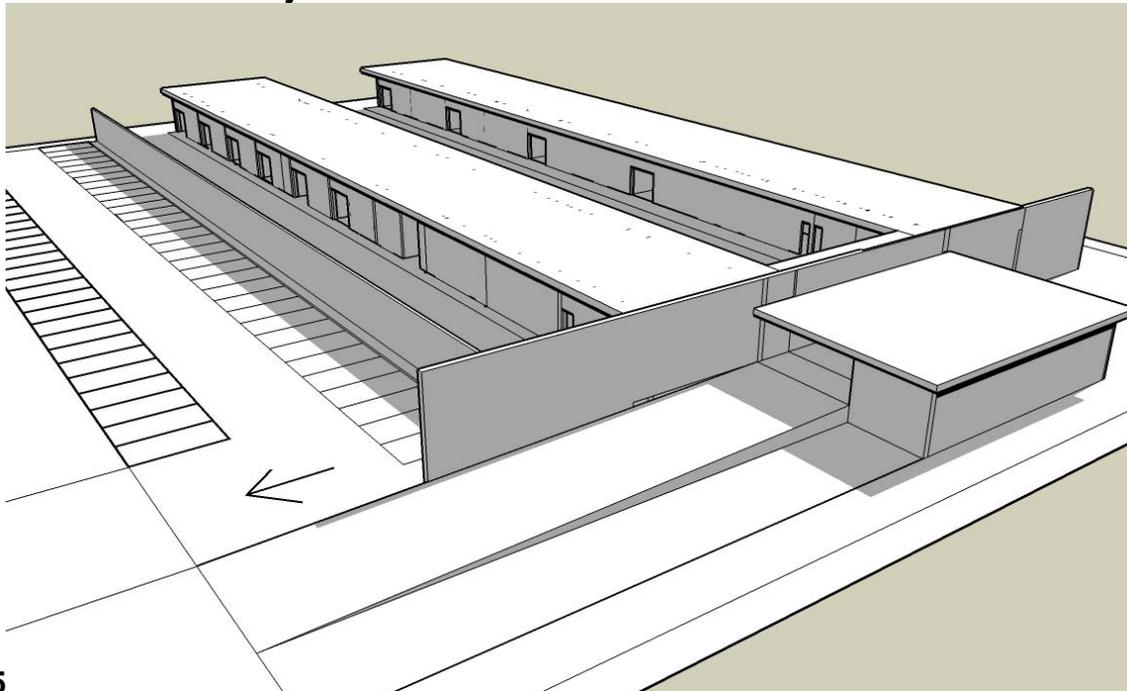
**Figura 98**

Imagem produzida pelo Sujeito B4 às 9 hs.

A Tarefa desenvolvida pelo Sujeito B4 apresenta como estratégia de projeção arquitetônica uma grande sombra do lado leste e posicionamento do espaço para o aproveitamento da ventilação com sentido Leste – Oeste. Assim o espaço apresenta permeabilidade para a ventilação. A fachada leste foi protegida da insolação no Momento 1, às 9hs, e, no segundo Momento 2, às 12hs. Foram identificados como recursos de forma, grandes planos de cobertura, elementos vazados, aberturas para entrada e saída de ventilação. Entretanto a fachada Oeste está desprotegida da insolação Oeste, momento de maior incidência solar.

Conclusão, no trabalho do Sujeito B4, a fachada oeste fica totalmente desprotegido, com as paredes expostas ao sol mais intenso (oeste); mesmo com a existência de aberturas para entrada e saída, a temperatura interna do volume sofrerá incidência direta, o que torna o espaço inadequado.

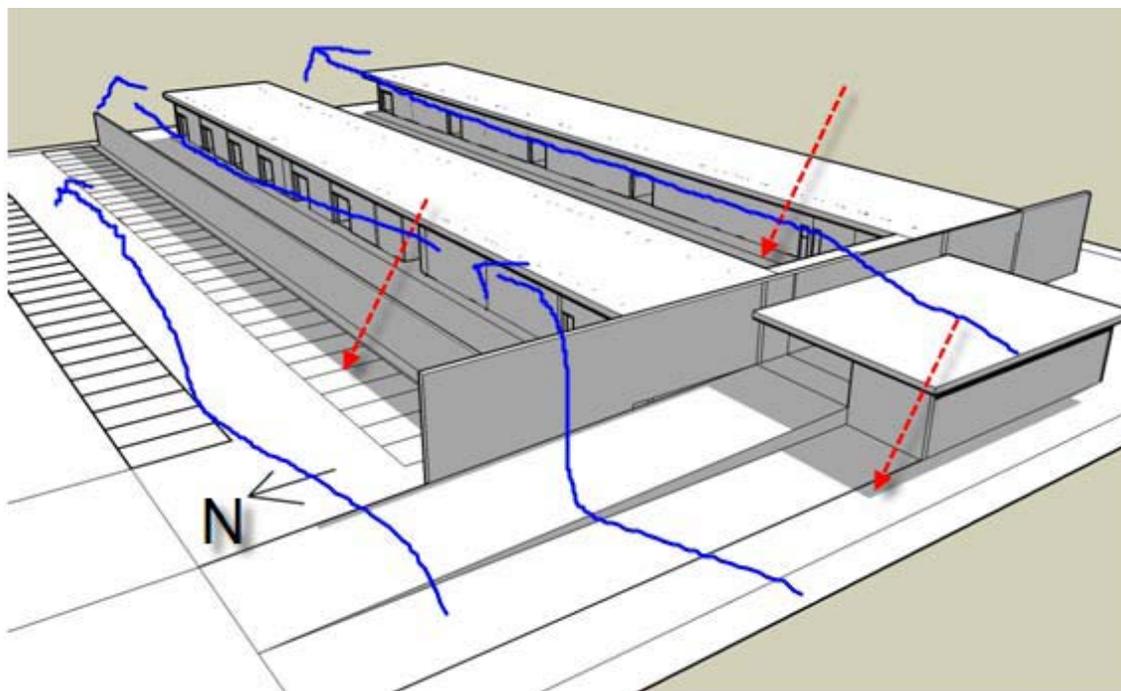
### 6.1.2.5 Análise de Sujeito



**B5**

**Figura 99**

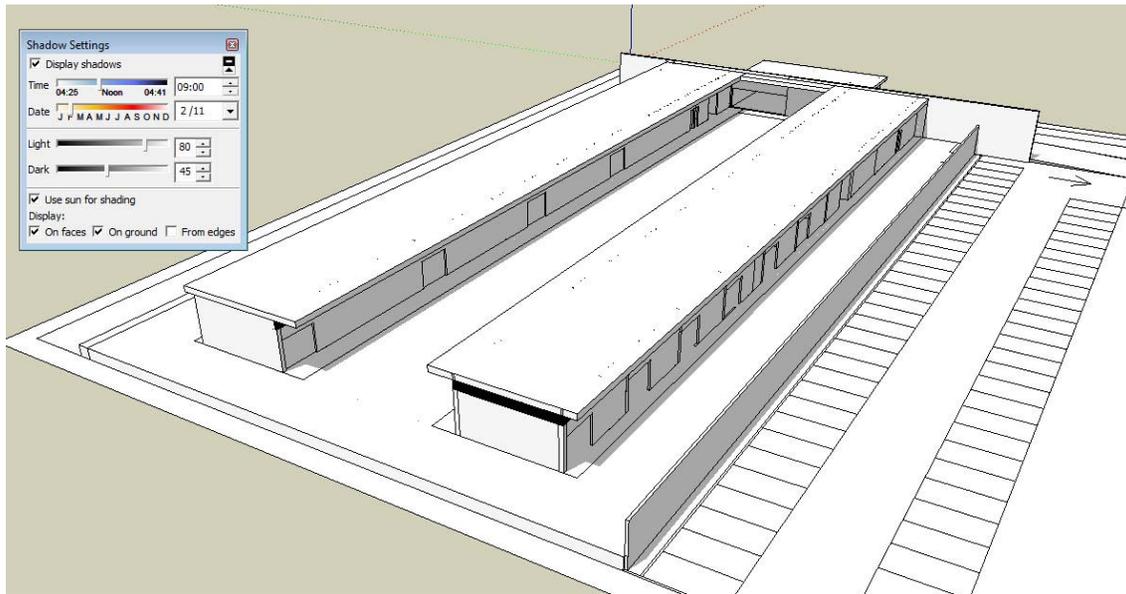
Composição B5 às 9h, imagem produzida pelo estudante.  
 Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.



**Figura 100**

Vista da composição B5 às 9h, comentada pelo pesquisador  
 Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

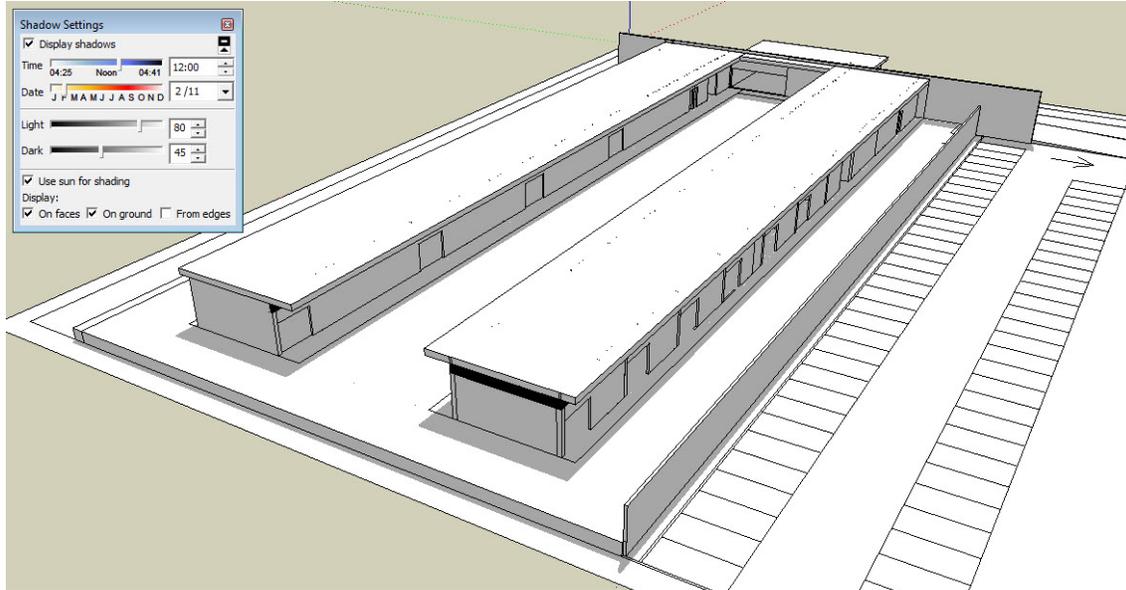
## Momento 1 – 9h



**Figura 101**

Imagem tomada às 9hs, produzida pelo sujeito B5.  
Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

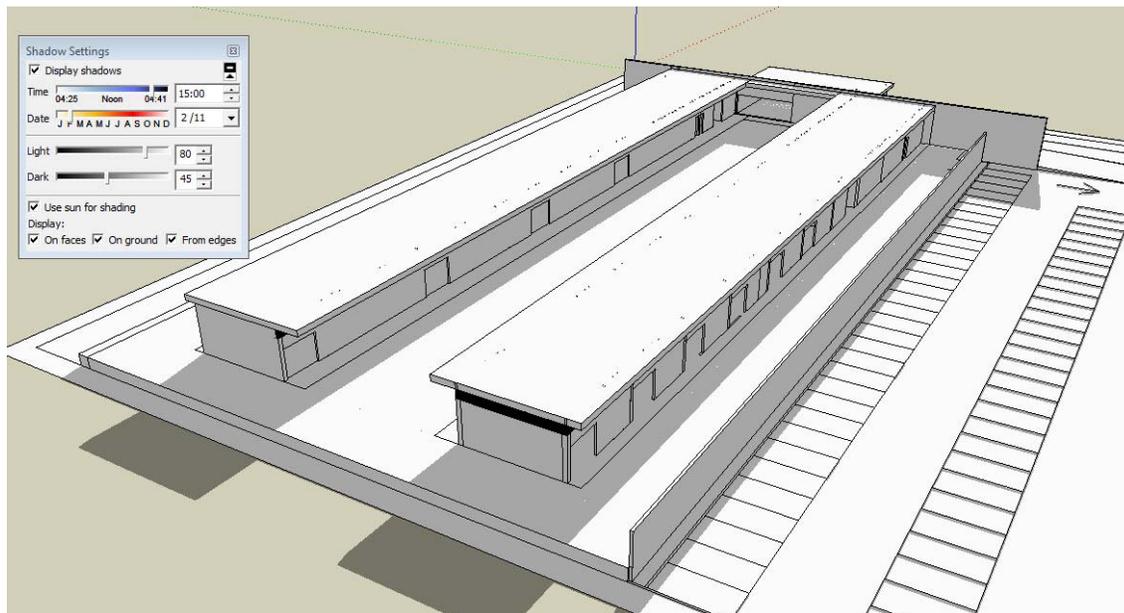
## Momento 2 – 12hs



**Figura 102**

Imagem tomada às 12h, produzida pelo sujeito B5  
Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

### Momento 3 – 15 h



**Figura 103**

Imagem tomada às 9h, produzida pelo sujeito B5.

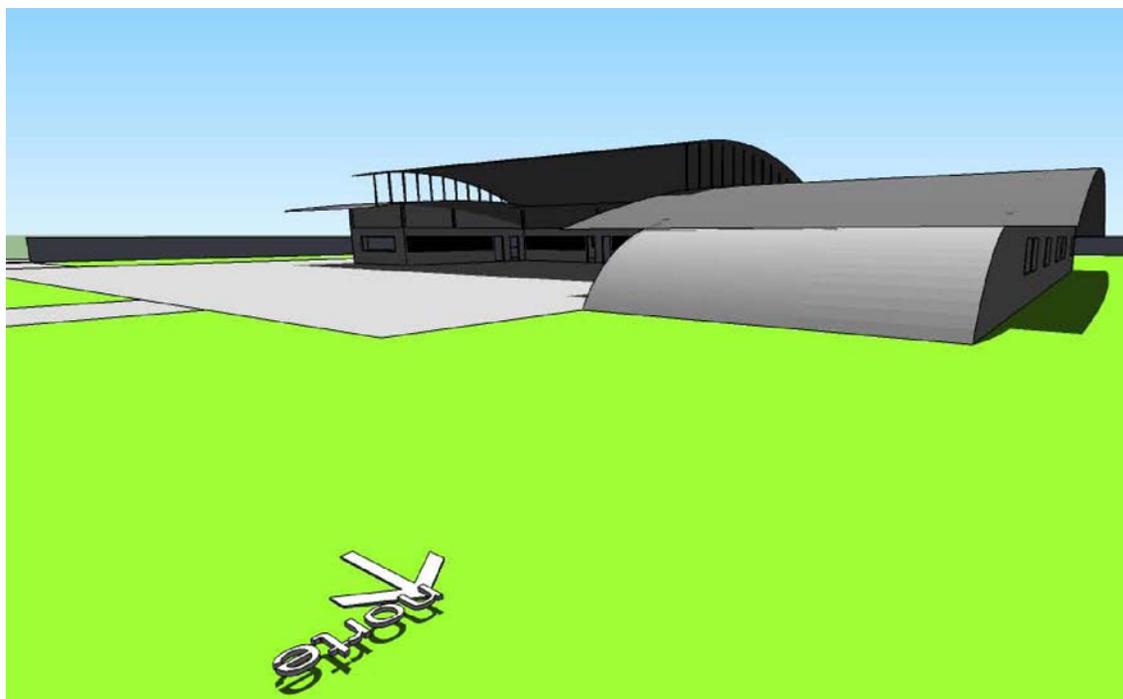
Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

A tarefa do sujeito B5 apresenta nos três momentos solicitados, sombreamento adequado para o espaço interno. O estudante utilizou os seguintes recursos: de geração de espaços sombreados por meio de grande planos de cobertas, uso de beirais, de combogós e de aberturas para o fluxo da ventilação.

O espaço produzido recebe insolação direta na fachada oeste, que foi protegida por um muro. Porém a laje, com baixa altura, transmite o calor de modo direto para o ambiente interno. O sentido dos ventos, Leste – Oeste nos momentos do ano de maior incidência, não foi privilegiado. Essas duas situações, laje plana de baixa altura sem aproveitamento adequado da ventilação comprometem a qualidade do espaço interno.

### 6.2.6 Análise de Sujeito B6

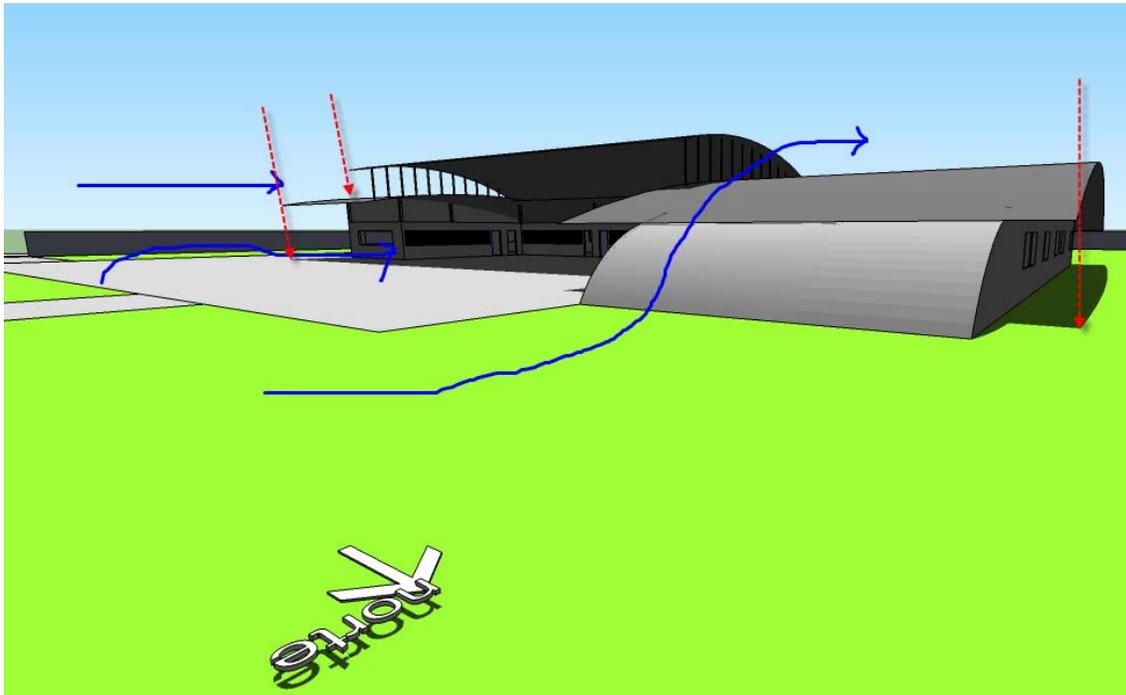
O Sujeito B6 desenvolveu um volume que apresenta as seguintes estratégias de projeção: geração de grandes sombras, proteção das aberturas e fachadas, permeabilidade à ventilação, posicionamento do espaço para aproveitamento da ventilação ao longo de todo o período especificado para a ventilação. Como recursos de forma utilizou grandes planos de coberta, beirais, combogós e outras aberturas.



**Figura 104**

Vista geral da composição do Sujeito B6 tomada às 12h, imagem produzida pelo sujeito.

Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

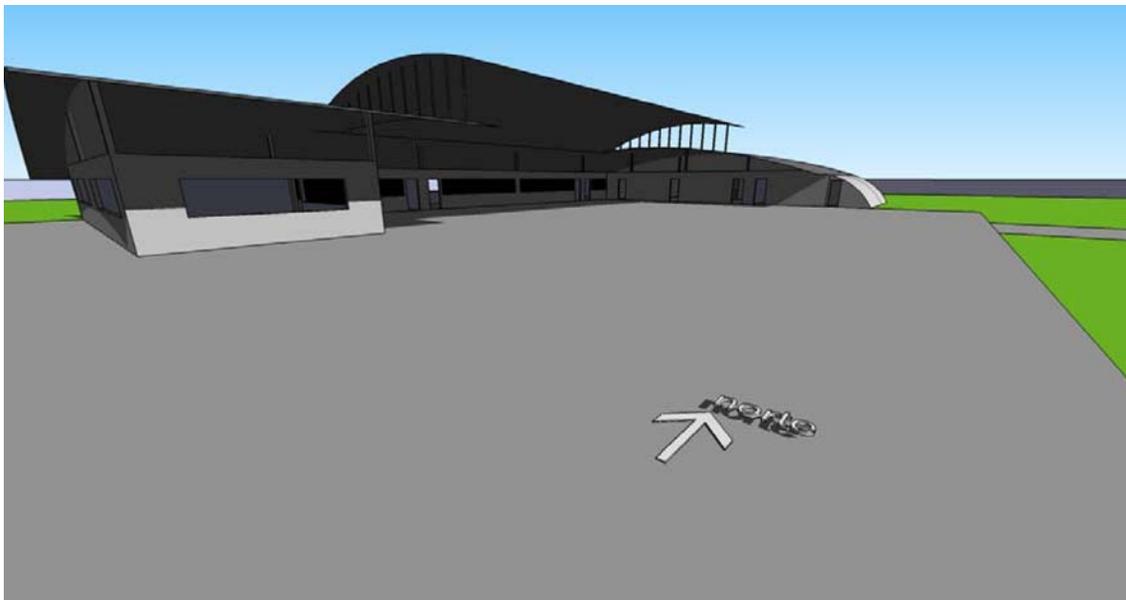


**Figura 105**

Vista geral da composição do Sujeito B6 tomada às 12h, imagem produzida pelo sujeito e comentada pelo pesquisador.

Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

### **Momento 1 – 12h.**



**Figura 106**

Imagem tomada às 9h, produzida pelo estudante.

Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

**Momento 2-12h**

**Figura 107**  
Imagem tomada às 12h, produzida pelo estudante.  
Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

**Momento 3 – 15h**

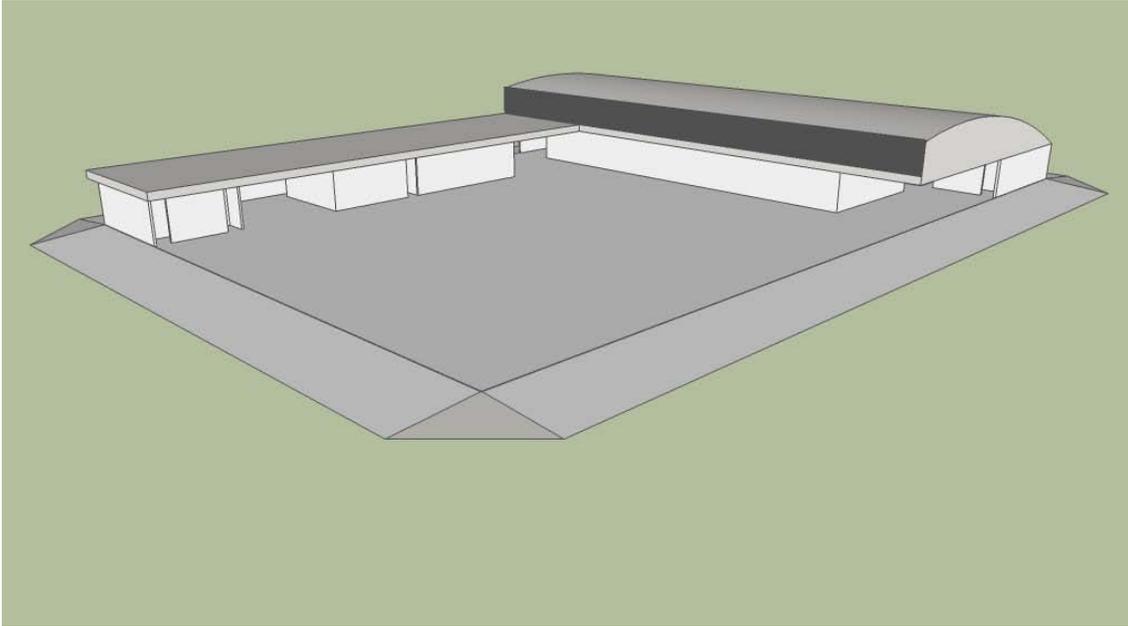
**Figura 108**  
Imagem tomada às 15h, produzida pelo estudante.  
Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

### 6.1.2.7 Análise de Sujeito B7

A tarefa do Sujeito B7 apresenta um aproveitamento do terreno com o volume proposto. Foi gerado um pátio central descoberto e os volumes disposto em formato de 'L'. Do ponto de vista das estratégias de projeção foi reconhecida: a proteção das paredes do espaço interno com recuos; como recursos de forma, foram utilizados o combogó e grandes planos de lajes.

Por meio das imagens enviadas pelo estudante, foi possível perceber o conhecimento dos dois princípios para a proteção solar e aproveitamento da ventilação natural. Entretanto, somente em dois momentos (9h e 12h) o volume está protegido da insolação direta. Já no Momento 3, às 15h, a fachada oeste, momento de maior incidência solar, ficou totalmente desprotegida da insolação direta, o que compromete a qualidade da temperatura do ambiente interno.

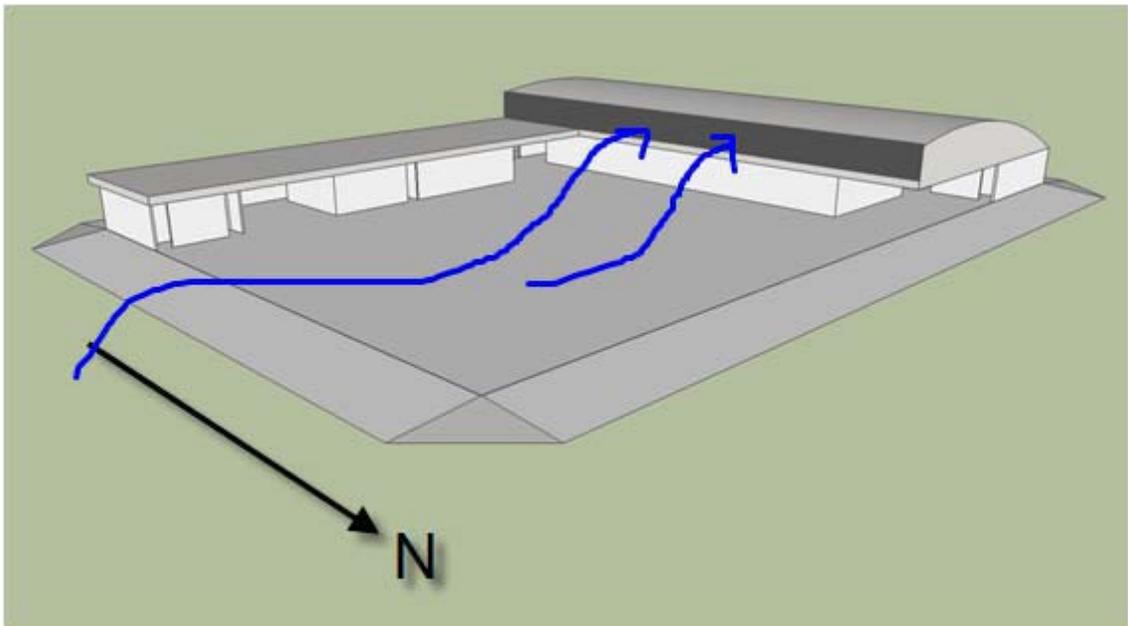
O Sujeito B7 inseriu aberturas para a entrada da ventilação por meio do combogós na fachada Leste, em um dos volumes, entretanto não gerou aberturas para a saída de ar. Essa situação impede a permeabilidade do ar, o que compromete a qualidade do espaço com o excesso de calor, especialmente se essa fachada oeste recebe incidência solar direta, sem proteção.



**Figura 109**

Vista geral produzida pelo estudante B7

Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

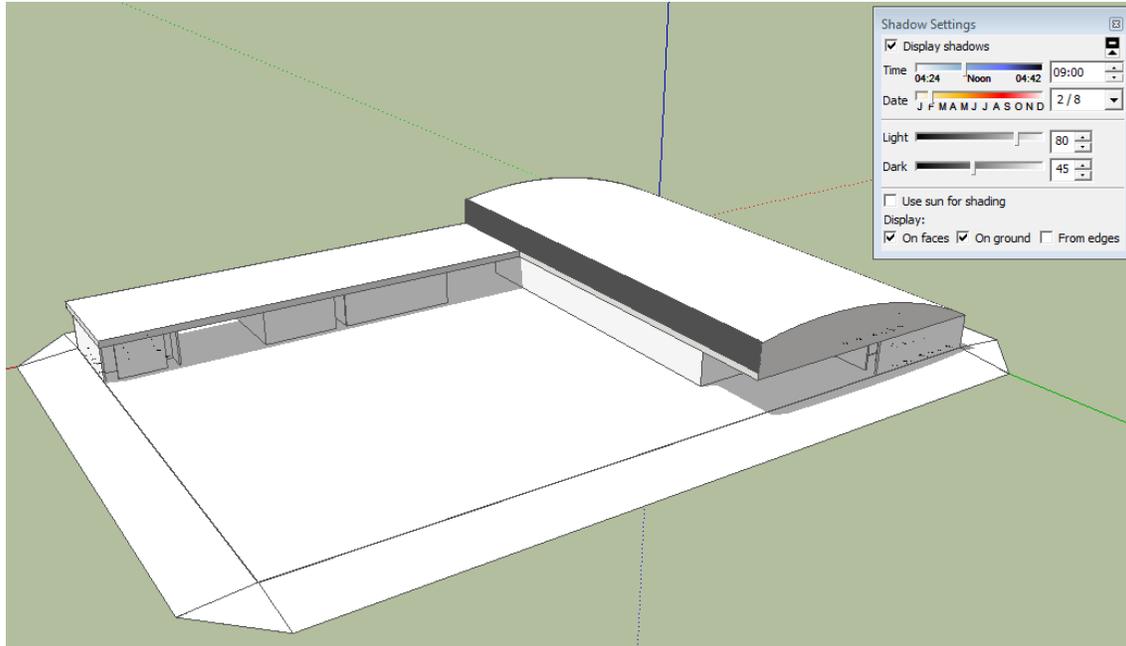


**Figura 110**

Imagem produzida pelo estudante e analisada pelo pesquisador.

Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

### Momento 1 – 9h

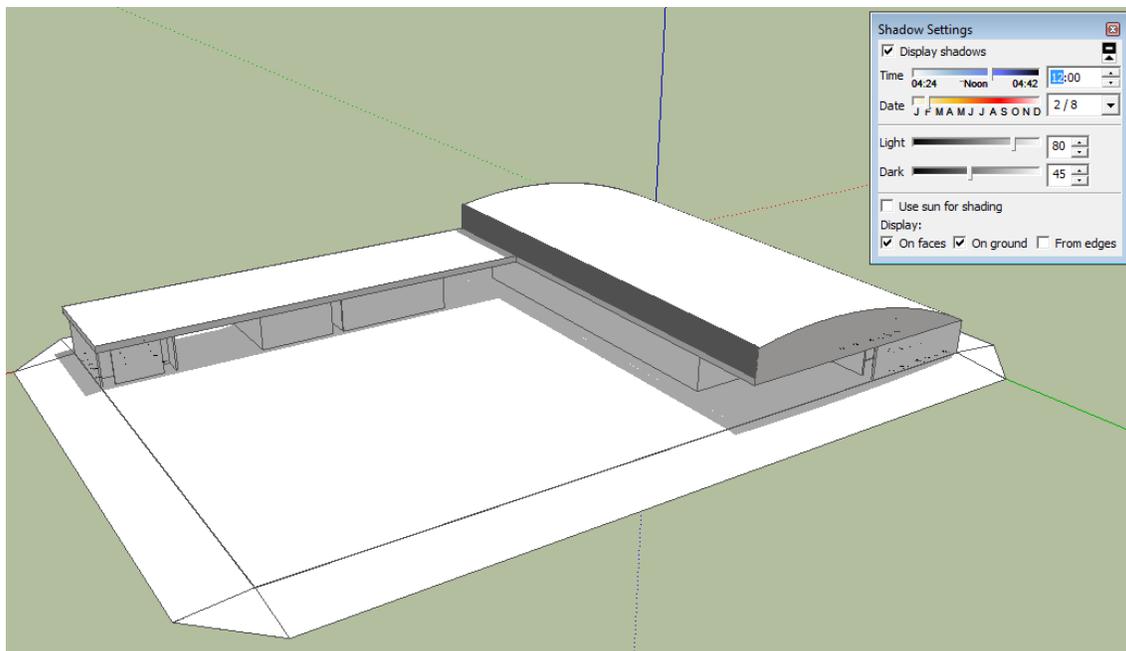


**Figura 111**

Vista tomada às 9h, imagem produzida pelo pesquisador  
 Fonte: Captura de tela de modelo do estudante.

No outro volume, as lajes geradas são de baixa altura e planas. Essas duas condições conjugadas transferem o calor para a laje e o ambiente interno produzido pela incidência solar direta nos períodos mais quentes do ano.

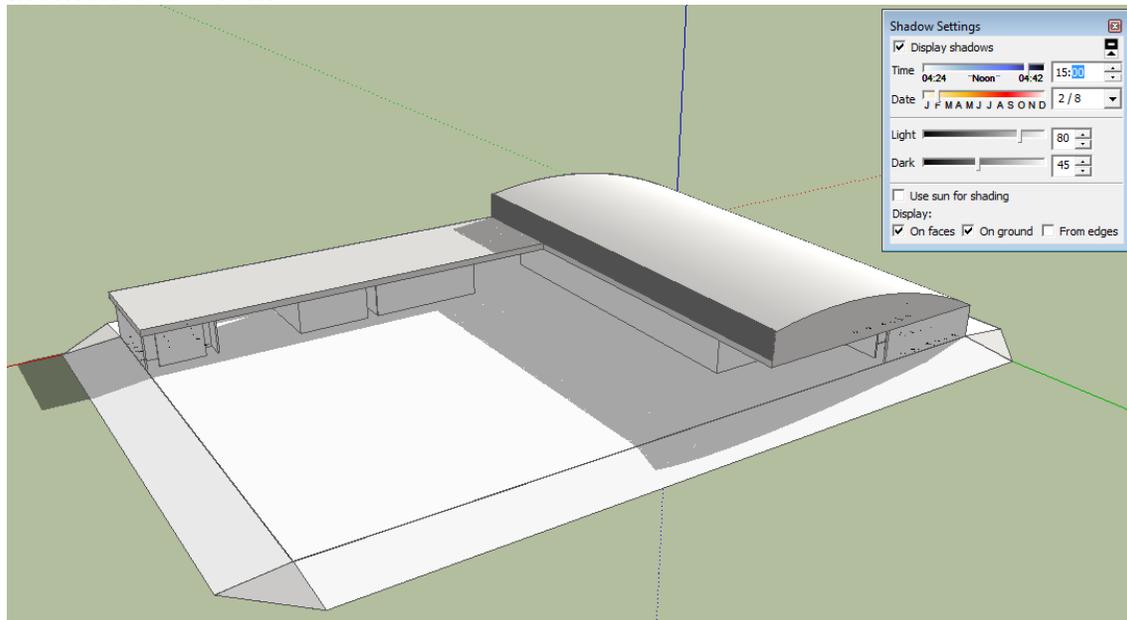
### Momento 2 – 12h.



**Figura 112**

Imagem produzida pelo estudante  
 Fonte: Imagem produzida pelo aluno

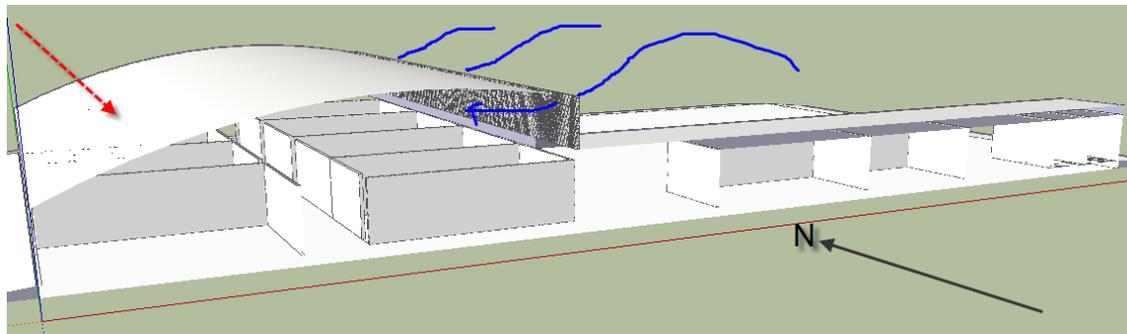
### Momento 3 – 13h.



**Figura 113**

Imagem tomada às 15h.

Fonte: Imagem produzida pelo aluno

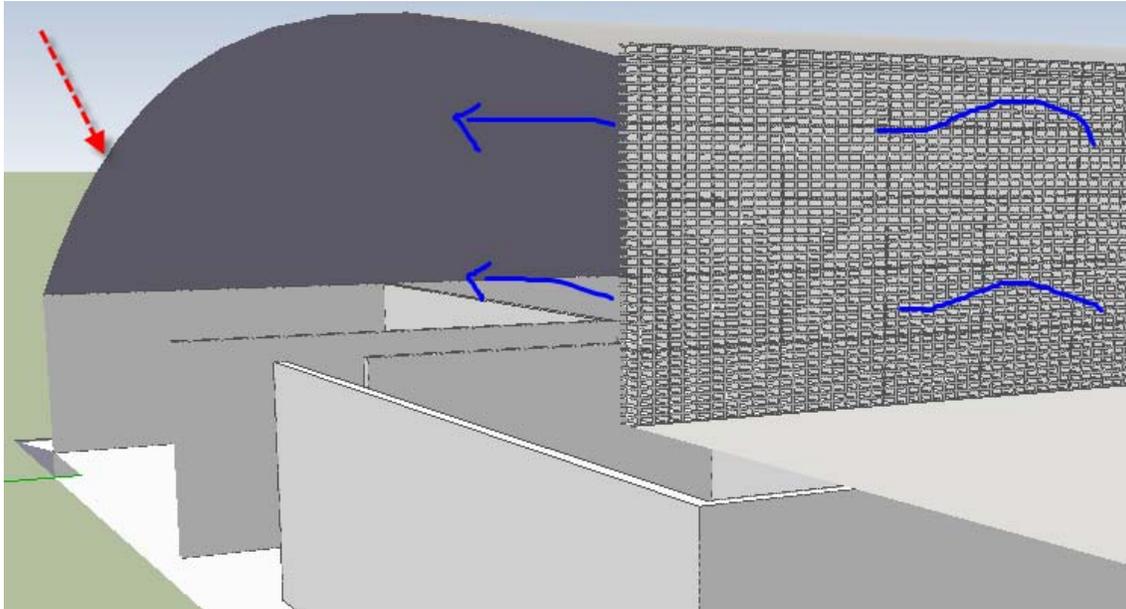


**Figura 114**

Vista em seção de todo o volume da composição

Fonte: Imagem produzida e comentada pelo pesquisador

A Figura 114 produzida pelo pesquisador, em modo seção longitudinal, apresenta a situação da ventilação originada do sentido Leste, mas no volume não se apresentam saídas para a permeabilidade.



**Figura 115**

Uso de combogós na fachada leste e a falta de saída para a entrada e saída da ventilação. A seta tracejada indica o sentido da radiação solar mais intensa às 15 horas.

Fonte: Imagem produzida e comentada pelo pesquisador

### 6.1.4 Síntese do Grupo B

Igualmente como se procedeu no Grupo A, foi elaborada uma análise e discussão para o Grupo B. Esse grupo foi composto por estudantes de arquitetura que cursam entre 8º e 10º período. Foi estabelecida uma síntese das estratégias de projeção e dos recursos de forma utilizados. Para melhor compreensão do desenvolvimento dos conceitos solicitados na Tarefa Arquitetônica propostas foram estabelecidos os mesmos critérios para a geração de categorias:

- a) Identificação de estratégias de projeção utilizadas;
- b) Identificação de recursos de forma utilizados;
- c) Identificação de itens impróprios para a qualidade do volume produzido.

**Quadro 5**  
Estratégias de projeção identificadas no Grupo B

Estratégias de projeção		Sujeitos							Totais
		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	
<b>V</b>	Levantamento da base da edificação do solo;								<b>0</b>
<b>S +V</b>	Geração de um grande espaço sombreado								<b>7</b>
<b>V</b>	Aproveitamento da ventilação natural								<b>6</b>
<b>V</b>	Permeabilidade para a entrada e saída da ventilação								<b>4</b>
<b>S</b>	Proteção do volume da maior insolação direta vinda do oeste								<b>3</b>
<b>S</b>	Proteção das paredes, vedações e aberturas								<b>3</b>
<b>Total de Estratégias identificadas por sujeito</b>		<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	
<b>V – aproveitamento da ventilação</b>									
<b>S – proteção da insolação direta (sombreamento)</b>									

O quadro 5 demonstra que nenhum sujeito do Grupo B utilizou a estratégia de levantamento do solo. Uma edificação é elevada pode-se evitar o calor acumulado do solo, e também do excesso de umidade para a região especificada para a Cidade do Recife.

**Quadro 6**  
Recursos de forma identificados nas Tarefas do Grupo B.

Recursos de forma		Sujeitos							Totais
		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	
<b>S+V</b>	Grandes planos de cobertura								<b>7</b>
<b>S</b>	Beirais								<b>5</b>
<b>S</b>	Brises solares (quebra-sol)								<b>0</b>
<b>S+V</b>	Combogós e outros elementos Vazados								<b>6</b>
<b>S+V</b>	Venezianas								<b>0</b>
<b>S</b>	Passarelas cobertas								<b>1</b>
<b>Total de Recursos identificadas por sujeito</b>		<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	
<b>V – aproveitamento da ventilação</b>									
<b>S – proteção da insolação direta (sombreamento)</b>									

**Quadro 7**

Itens de projeção arquitetônica impróprios para a qualidade do espaço identificados nas Tarefas do Grupo B.

Impropriedade		Sujeitos							Totais
		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	
<b>S</b>	Paredes do Oeste expostas a insolação								<b>5</b>
<b>S</b>	Insolação direta Oeste no ambiente								<b>2</b>
<b>S</b>	Laje plana com pé direito baixo								<b>5</b>
<b>S</b>	Material translúcido desprotegido da insolação								<b>1</b>
<b>V</b>	Efeito estufa								<b>2</b>
<b>S</b>	Pátio central de material descoberto exposto à insolação direta								<b>4</b>
<b>Total de Impropriedades identificadas por sujeito</b>		<b>3</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	
<b>V – aproveitamento da ventilação</b>									
<b>S – proteção da insolação direta (sombreamento)</b>									

#### 6.1.4. Análise Comparativa

Após a análise e a discussão dos Grupos A, (sujeitos do 2º período), e B (sujeitos entre o 8º e 10º), foi estabelecida uma análise comparativa para identificar as semelhanças e diferenças das estratégias de projeção adotadas e os recursos utilizados, as impropriedades reconhecidas, assim como as intenções e tentativas dos sujeitos apresentadas nas tarefas.

As tarefas desenvolvidas pelos estudantes do Grupo A apresentaram uma resposta mais adequada aos requisitos solicitados. Eles implementaram o levantamento da base da edificação em 5 das 7 tarefas. Esse recurso permite que a base do volume não seja atingida pelo calor originado do terreno. Além disso, 5 entre 7 geraram um espaço coberto, item fundamental para a permeabilidade que faz a exaustão do ar quente e a redução da umidade, o que permite uma melhor sensação térmica. Os sujeitos desse grupo buscaram posicionar o volume para o aproveitamento da ventilação natural em 5 de 7. Já quanto à permeabilidade para ventilação, foram identificados 4 de 7 situações que geraram aberturas para entrada e saída dos ventos. Quanto à proteção do volume à insolação das 15 horas, nas fachadas Oeste, foram identificadas 4 de 7 tarefas. E, finalmente, em relação à proteção das paredes em todo o período especificado, foram identificadas 4 de 7 tarefas apresentadas.

Já em relação ao Grupo B, em nenhuma tarefa foi identificada a estratégia para o levantamento da base. Esse fato indica que os espaços gerados são submetidos à umidade do solo e ao aumento do calor. Entretanto, todos os estudantes utilizaram um grande espaço sombreado. Em relação ao aproveitamento da ventilação natural, 5 de 7 tarefas apresentaram adequação. Foram identificadas 4 de 7 que implementaram aberturas para a permeabilidade da ventilação. E somente 3 de 7 protegeram o volume da maior insolação Oeste. Igualmente, 3 de 7 tarefas protegeram as paredes, vedações e aberturas.

**Quadro 8**  
Comparativo entre os Grupos A e B, Estratégias de projeção identificadas

Estratégias de projeção		Grupo A							Grupo B						
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
<b>V</b>	Levantamento da base da edificação do solo;														
<b>S +V</b>	Geração um grande espaço sombreado														
<b>V</b>	Aproveitamento da ventilação natural														
<b>V</b>	Permeabilidade para a entrada e saída da ventilação														
<b>S</b>	Proteção do volume da maior insolação direta vinda do oeste														
<b>S</b>	Proteção das paredes, vedações e aberturas														
<b>Total de Estratégias identificadas por sujeito</b>		<b>26</b>							<b>23</b>						
<b>V – aproveitamento da ventilação</b>															
<b>S – proteção da insolação direta (sombreamento)</b>															

**Quadro 9**  
Comparativo entre os Grupos A e B, recursos de forma identificados

Recursos de forma		Grupo A							Grupo B						
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
<b>S+V</b>	Grandes planos de cobertura														
<b>S</b>	Beirais														
<b>S</b>	Brises solares (quebra-sol)														
<b>S+V</b>	Combogós / elementos Vazados														
<b>S+V</b>	Venezianas														
<b>S</b>	Passarelas cobertas														
<b>Total de Recursos identificadas por sujeito</b>		<b>25</b>							<b>17</b>						
<b>V – aproveitamento da ventilação</b>															
<b>S – proteção da insolação direta (sombreamento)</b>															

**Quadro 10**  
Comparativo entre os Grupos A e B com a apresentação das impropriedades apresentadas nos Grupos A e B.

Impropriedades		Grupo A							Grupo B						
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
<b>S</b>	Parede Oeste expostas a insolação														
<b>S</b>	Insolação direta Oeste no ambiente														
<b>S</b>	Laje plana com pé direito baixo														
<b>S</b>	Material translúcido desprotegido da insolação														
<b>V</b>	Efeito estufa														
<b>S</b>	Pátio central de material descoberto exposto à insolação direta														
<b>Total de impropriedades identificadas por sujeitos</b>		<b>11</b>							<b>18</b>						
<b>V – aproveitamento da ventilação</b>															
<b>S – proteção da insolação direta</b>															

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 7.1 Conclusão

Este item descreve a conclusão final deste presente estudo. Para tal, foram tomados como base os objetivos específicos, definidos no início deste relatório de pesquisa:

- a) Verificação das estratégias projetuais e dos recursos de forma utilizados pelos estudantes para a proteção da insolação direta de um volume modelado em ambiente digital de projeção arquitetônica por manipulação direta;
- b) Verificação as estratégias projetuais e dos recursos de forma utilizados pelos estudantes para a permeabilidade da ventilação de um volume modelado em ambiente digital de projeção arquitetônica por manipulação direta.

Foi observado como os sujeitos selecionados, estudantes de arquitetura, desenvolveram e internalizaram estratégias de projeção arquitetônica e recursos de forma, para a geração de sombra e aproveitamento da ventilação natural. Os sujeitos foram expostos a uma mesma tarefa arquitetônica contextualizada - uma escola pública infantil em um ambiente similar ao da Cidade do Recife, em relação ao clima.

Após uma análise, os sujeitos, foram perfilados em dois grupos com características, nível de experiência, conhecimentos e interesses distintos: o primeiro, o Grupo A, formado por alunos do 2º período, e o Grupo B com alunos em fase de finalização de curso, no momento da experimentação, que estavam entre o 8º e 10º período.

Ambos os grupos foram submetidos ao mesmo ambiente de projeção. Utilizaram o mesmo software Sketchup e os recursos de simulação internos ao software. As atividades didáticas ocorreram igualmente de modo distanciado para o envio e o recebimento dos comandos das tarefas. Todos os sujeitos receberam a mesma tarefa, como o mesmo enunciado e referências textuais e visuais. Para a

verificação do sombreamento do espaço, foi utilizada a simulação em ambiente digital nos momentos especificados. E, para a verificação do aproveitamento da ventilação natural, foi utilizada a observação direta nas imagens das tarefas enviadas.

Em relação aos Sujeitos do Grupo A, em fase inicial do curso, foi possível perceber respostas mais precisas, no que toca ao contato com diversos elementos do processo de projeção e à apresentação de uma Tarefa contextualizada. A apresentação de um enunciado com referências textuais e visuais, imagens com indicações e sugestões facilita a sua compreensão do problema de projeto e sua proposição como resposta.

Os estudantes do Grupo A respeitaram, na sua maioria, o levantamento da base da edificação, a geração de uma grande sombra e a permeabilidade para a entrada e saída da ventilação. Em relação ao software, os sujeitos do Grupo A já possuíam alguma experiência com o software selecionado, pois outras disciplinas anteriores e do mesmo semestre solicitam tarefas com o uso do Sketchup.

A partir dos quadros das impropriedades, identificados no Grupo A e no Grupo B, é que se pode detectar que o Grupo B não respeitou os princípios bioclimático por meio da aplicação das estratégias de projeção e uso de recursos de forma. O grupo B apresentou uma maior quantidade de impropriedades, mesmo sendo expostas as recomendações especificadas na Tarefa Arquitetônica.

Em sua maioria, os sujeitos do Grupo A responderam melhor às estratégias de projeção e recursos de forma. Apesar de vocabulário arquitetônico e um nível de especulação sobre a forma e o espaço ainda restritos, indicaram mais resultados positivos. Nem todas as estratégias e recursos sugeridos foram utilizados. Entretanto, esses estudantes, respeitaram melhor a noção da necessidade de sombreamento das 9h às 15h. Igualmente aproveitaram melhor a ventilação natural. Pode-se então concluir que os estudantes do Grupo A são mais processuais e se preocuparam em produzir espaços que melhor atendessem as especificações solicitadas na Tarefa.

Em relação aos Sujeitos do Grupo B, o contato com softwares é maior, mesmo com outros softwares além do Sketchup. Pelo fato de o software selecionado possuir uma interface amigável por meio das tecnologias por manipulação direta, tornou-se rápida a adaptação, mesmo daqueles ainda com pouca experiência.

Os sujeitos do Grupo B, com mais experiência, tanto nos ambientes digitais, como nos conceitos de composição arquitetônica, nas implicações relativas às questões ambientais, em especial, os itens relacionados à necessidade do sombreamento, da proteção e do aproveitamento da ventilação natural demonstraram em suas tarefas um menor respeito às especificações da tarefa. Notadamente, não utilizaram nem as estratégias de projeção, nem os recursos de forma, o que acarreta em volumes impróprios para a situação climatológica especificada.

Esse fato aponta questões relacionadas à incorporação de um modo de projeção arquitetônica adquirida ao longo do curso que nem sempre é compatível com as condições ambientais selecionadas. A pouca incidência de tarefas com o levantamento da base do solo, o uso de grandes planos de cobertura com baixa altura (lajes com pé direito baixo), pátios centrais com material exposto ao sol, pouca permeabilidade à ventilação e uso de materiais translúcidos indicam que os estudantes desconsideraram os conceitos apresentados para a utilização de estratégias projetuais e recursos de forma críticos para a boa habitabilidade.

Por fim, percebe-se que o uso de softwares por manipulação direta, no estudo utilizado o Sketchup, permite ao estudante tomar as suas decisões de projeção. Estudantes de semestres iniciais seguem mais rigorosamente as solicitações especificadas, com a compreensão da necessidade de implementar princípios bioclimáticos por meio de estratégias e recursos. Em contrapartida, estudantes em final de curso desconsideraram neste experimento várias estratégias e recursos considerados críticos em regiões tropicais, quentes, úmidas e litorâneas, como é o caso da Cidade do Recife, o que torna seus espaços inadequados, e indica que prevaleceram tentativas mais visuais.

Foi, portanto, possível perceber que a inserção de conceitos para a geração de sombra e aproveitamento da ventilação natural pode já ocorrer na fase de concepção dos volumes. Os estudantes do Grupo A mostraram que internalizaram facilmente esses conceitos; já os do Grupo B, de acordo com a tarefa proposta, optaram pelo uso de formas, espaços e materiais impróprios em relação aos princípios bioclimáticos solicitados.

## 7.2 Limitações e entraves

Ao longo do desenvolvimento desta investigação, foi observado que arquivos muito grandes interferem drasticamente no processamento computacional dos modelos. Portanto, alguns sujeitos com arquivos que possuíam uma geometria de grande nível de detalhamento, tornaram-se extremamente lentos. Em especial, tal dificuldade foi ainda mais percebida no momento da simulação do sombreamento dos espaços.

O uso de software por manipulação direta impõe ao usuário o entendimento da lógica da interface gráfica para geração, modificação, manipulação e visualização dos modelos. Existe, portanto, um distanciamento entre a lógica da construção no ambiente digital e o mundo real físico. Em alguns momentos, foi possível perceber que algumas tarefas possuíam uma maior ou menor proximidade com a representação dos objetos reais. Entretanto a simulação de sombras nessa categoria de softwares é ainda mais próxima da realidade que o esboço à mão livre, ou mesmo outros editores de CAD.

O uso de materiais simulados sem o conhecimento de sua natureza física no mundo real físico distancia o estudante da realidade da obra. O estudante está restrito ao ambiente de projeção. Impossibilita o reconhecimento de todas as limitações e possibilidade dos materiais. O aprendizado ocorre pela visualização de sua interação com o software. Os ambientes digitais de projeção, mesmo por meio de softwares por manipulação direta, torna o aprendizado essencialmente visual e limitado ao cenário produzido no ambiente digital. Faz-se necessário, no processo de aprendizado da projeção arquitetônica assistida por computador, uma aproximação, em paralelo, com o canteiro de obras.

### **7.3 Perspectivas para Futuros estudos**

A simulação da geração de sombreamento permite que os alunos desenvolvam procedimentos para considerar a sua importância para ato de projetar volumes de arquitetura. Entretanto se faz necessário a simulação da ventilação em tempo real e simultânea com a simulação do sombreamento. Desenvolver a compreensão do movimento da ventilação, entendido como um fluido dinâmico inserido nos ambientes digitais de projeção trará para o projeto melhores condições para a produção de forma e espaço. Para o desenvolvimento desta pesquisa, foi utilizado um recurso interno ao software para a simulação da insolação em um período previamente especificado. Assim, a observação simulada da ventilação poderá ser motivação para outra investigação, seja por meio de softwares, que podem ser adicionados ao Skethcup, ou do desenvolvimento de um novo método para compreensão da movimentação dos ventos tratado como fluidos dinâmicos.

## REFERÊNCIAS

ANDRÉ, M. E. D. A. **Estudo de caso em pesquisa e avaliação educacional**. Brasília : Liber Livro, 2000. 568p.

CHING, F. D. K. **Dicionário visual de Arquitetura**. São Paulo : Martins Fontes, 1999.

\_\_\_\_\_. **Representação gráfica em Arquitetura**. Porto Alegre : Editora Bookman, 1996. 191p.

\_\_\_\_\_. **Representação gráfica para o desenho e projeto**. Barcelona : Editora Gustavo Gilli, 1998.

\_\_\_\_\_. **Técnicas de construção ilustradas**. Porto Alegre : Editora Bookman, 1991.

CLARK, R. H. **Temas de Composición**. Barcelona : Gustavo Gilli, 1985.

COMAS, C. E. (org.). **Projeto arquitetônico: disciplina em crise, disciplina em renovação**. São Paulo : CNPq; Editora Projeto, 1986. 94p.

CUNHA, E. G. **Elementos de Arquitetura de climatização natural**. Porto Alegre : Masquatro, 2006. 188p.

DENIS, A. **Desenho assistido por computador (cad)**. Rio de Janeiro : Editora Aleph, 1988. 474p.

DUARTE, F. **Arquitetura e Tecnologias de Informação : da Revolução Industrial à Revolução Digital**. São Paulo : Fapesp, 1999. 200p.

DUARTE, R. C. (Org.) **O lugar do projeto no ensino e na pesquisa em Arquitetura e Urbanismo**. Rio de Janeiro : Contra Capa, 2007. 536p.

EDWARDS, B. **O guia básico para a sustentabilidade**. Barcelona : Gustavo Gilli, 2005. 226p.

ELLET, W. **Manual de estudo de casos**. Porto Alegre : Bookman, 2007. 269p

FONTOURA, I. **De-Composição da forma** : manipulação da forma como instrumento para a criação. Curitiba : Itaipu, 1982. 160p.

FREDERICK, M. **101 lições que aprendi na escola de Arquitetura**. São Paulo : Martins Fontes, 2007. 101p.

FREITAS, R. M. **Entre mitos e limites** : as possibilidades do adensamento construtivo face a qualidade de vida no ambiente urbano, Recife : Editora UFPE, 2008.

FROTA. B. A. ; SCHIFFER. A. R. **Manual de conforto térmico**. São Paulo : Nobel , 2003. 243p.

HOLANDA, A. **Roteiro para construir no Nordeste: arquitetura como lugar ameno nos trópicos ensolarados**. Recife : MDU/UFPE, 1976. 45p.

GIL. A. C. **Didática do ensino superior**. São Paulo : Atlas, 1988 283p.

\_\_\_\_\_. **Estudo de Casos**. São Paulo : Atlas, 2009. 148p.

LIMA, C. ; ALBERNAZ, M. P. **Dicionário Ilustrado de Arquitetura**. Pro-Editores 1998.

MACEDO, A. B. Utilização de recursos computacionais no campo da Arquitetura. **Revista do CAC**, v. 1, n. 1, p. 10-18, set. 1994.

MACHADO, I. F. **Cartilha** : procedimentos básicos para uma Arquitetura no trópico úmido. Brasília : CNPq ; São Paulo : Pini , 1986. 183p.

MAHFUZ, E. C. **Ensaio sobre a razão compositiva**. Viçosa : Imprensa Universitária da UFV, 1995. 176p.

MAIA, C. M. ; A. **ABC da EAD** : A Educação a Distância hoje. São Paulo : Pearson Prentie Hall, 2007. 138p.

MALARD, M. L. **As aparências em Arquitetura**. Belo Horizonte : Editora UFMG, 2006. 144p.

MARTINEZ, A. C. **Ensayo sobre el proyecto**. Buenos Aires : Editorial cp67, 1991.

MARTINS. G. A. **Estudo de Casos**: uma estratégia de pesquisa. São Paulo : Atlas. 101p. 2008.

MILLS. C. **Projetando com Maquete** : um guia para a construção e o uso de maquetes como ferramenta de projeto . 2. ed. Porto Alegre : Bookman, 2005. 256p.

MITCHELL. W. **The Logic of Architecture**. MIT press, 1990.

MITCHELL. W. ; LIGGETT. KVAN. T. **The art of Computer Graphics Programming**. Van Nostrand Reinhold.1987.

MITCHELL, W. ; MCCULLOUGH. M. ; PURCELL. P. **The Electronic Design Studio**. Ed. MIT Press, 1990.

MONTENEGRO, G. A. **A invenção do projeto**. São Paulo : Edgar Blücher, 1987. 131p.

\_\_\_\_\_. **Geometria Descritiva**. São Paulo : Edgar Blücher, 1991. 177p. v. 1.

\_\_\_\_\_. **Ventilação e cobertas**. São Paulo : Edgar Blucher,1984. 129p.

NEGROPONTE, N. **A vida digital**. São Paulo : Companhia das Letras, 1995. 210p.

NEUFERT, E. **A arte de projetar em Arquitetura**. Barcelona : Gustavo Gili, 1996. 720p.

NEUFERT, P.e.NEFF. **Casa Apartamento**. Jardim. Barcelona : Gustavo Gili, 1997. 235p.

OLIVEIRA, R. C . **Teoria e didática do projeto arquitetônico**: uma relação permanente. Disponível em : <[http://www.arquiteturarevista.unisinos.br/pdf/ART06\\_.pdf](http://www.arquiteturarevista.unisinos.br/pdf/ART06_.pdf)>. Acesso em : 22 jul. 2009.

PANERO, J. **Las Dimensiones Humanas de los Espacios Interiores**. Barcelona : Gustavo Gili, 1996. 320p.

PAPANEK, V. **Arquitetura e Design. Arquitetura e Ética**. 1995. 284p.

PEREIRA, A. C. (Org.) **AVA – Ambientes Virtuais de Aprendizagem**. Rio de Janeiro : Ciência Moderna, 2007. 209p.

PIAZZALUNGA, R. **A Virtualização da Arquitetura**. Campinas : Papyrus, 93p. 2005.

PIÑON, H. **Teoria do projeto**. Porto Alegre : Livraria do Arquiteto. 2006. 227p.

PORTO, M. **O Processo de Projeto e a Sustentabilidade na produção da Arquitetura**. Cris Corrêa Editorial Ltda, 2009. 103p.

ROZESTRATEN, A. **O Desenho, a Modelagem e o Diálogo**. Disponível em : <<http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp392.asp>> Acesso em : 3 de ago. 2009

SCHÖN, D. A. **Educando o profissional reflexivo**. Porto Alegre : Artmed. 1998. 256p.

SILVA, E. **A Forma e a Fórmula**. Porto Alegre : Sagra Luzzato, 1996. 336p.

\_\_\_\_\_. **Uma Introdução ao Projeto Arquitetônico**. Porto Alegre : Editora da UFRGS.1984. 122p.

SILVA, N. **Teoria e prática do projeto de Arquitetura assistido por computador** : Programa de Curso. Disponível em : <[http://www.unb.br/fau/pos\\_graduacao/plancurso/1-2006/tppac\\_2006.pdf](http://www.unb.br/fau/pos_graduacao/plancurso/1-2006/tppac_2006.pdf) Brasília. 2006> . Acesso em : 3 de Ago. 2009.

SNYDER, J. **Introdução à Arquitetura**. Rio de Janeiro : Campus, 1984. 422p.

SOUZA, A. **O Ensino da Arquitetura no Brasil Imperial**. João Pessoa : Editora da UFPB, 103p. 2001.

VITRÚVIO, A. **Da Arquitetura**. 2. ed. Anna Alume, 248p. 2002.

YIN, R. K. **Estudos de casos** : planejamento e estudos. Porto Alegre : Bookman, 2005. 212p.

ZEVI, B. **Saber ver a Arquitetura**. São Paulo : Martins Fontes. 1978. 319p.

.