

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE ARTES E COMUNICAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO URBANO

Marcelo Arrais de Lavor Moreira Dias

**Soluções Sustentáveis na Arquitetura Contemporânea (1990-2010):**  
estudos de casos na Alemanha e no Brasil

Recife  
2016

MARCELO ARRAIS DE LAVOR MOREIRA DIAS

**Soluções Sustentáveis na Arquitetura Contemporânea (1990-2010):**  
estudos de casos na Alemanha e no Brasil

Dissertação apresentada à Coordenação  
Programa de Pós Graduação em  
Desenvolvimento Urbano da Universidade  
Federal de Pernambuco, para a obtenção do  
grau de Mestre em Desenvolvimento Urbano,  
sob orientação do Prof. Dr. Ruskin Marinho  
de Freitas.

Recife  
2016

Catálogo na fonte  
Bibliotecário Jonas Lucas Vieira, CRB4-1204

D541s     Dias, Marcelo Arrais de Lavor Moreira  
            Soluções sustentáveis na arquitetura contemporânea (1990-2010):  
            estudos de casos na Alemanha e no Brasil / Marcelo Arrais de Lavor  
            Moreira Dias. – Recife, 2016.  
            192 f.: il., fig.

            Orientador: Ruskin Marinho de Freitas.  
            Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco,  
            Centro de Artes e Comunicação. Desenvolvimento Urbano, 2017.

            Inclui referências.

            1. Sustentabilidade. 2. Arquitetura sustentável. 3. Arquitetura ecológica.  
            4. Conforto ambiental. I. Freitas, Ruskin Marinho de (Orientador). II.  
            Título.

            711.4 CDD (22. ed.)

            UFPE (CAC 2017-129)



Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Urbano  
Universidade Federal de Pernambuco

**Marcelo Arrais de Lavor Moreira Dias**

**SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS NA ARQUITETURA  
CONTEMPORÂNEA: ESTUDOS DE CASOS NA ALEMANHA  
E NO BRASIL.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de mestre em Desenvolvimento Urbano.

Aprovada em: 15/12/2016.

**Banca Examinadora**

---

Prof. Ruskin Marinho de Freitas (Orientador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Pierre Joseph Georges Fernandez (Examinador Externo)  
Toulouse Université

---

Profa. Edvânia Torres Aguiar Gomes (Examinadora Interna)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Profa. Guilah Naslavsky (Examinadora Interna)  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, pelo total apoio em todas as minhas decisões.

Ao MDU e à FACEPE, pelo apoio e fomento concedido durante a pesquisa;

Ao arquiteto e Prof. Ruskin Freitas, pela orientação, entusiasmo e compreensão com as minhas dificuldades durante toda a pesquisa.

À arquiteta e Prof. Dominique Gauzin-Müller, pela entrevista e materiais concedidos, além da hospedagem oferecida, durante a minha pesquisa de campo em Stuttgart.

Ao arquiteto e Prof. Bruno Lima, pela entrevista e disponibilidade para conversar sobre os projetos do escritório O Norte, sempre que necessário.

À Roswitha Paul-Walz e à Universidade Técnica de Berlim, pela oportunidade e suporte concedido para pesquisa de campo, durante a mobilidade na Alemanha.

## RESUMO

O conceito de sustentabilidade engloba toda forma de ação humana sobre o meio ambiente. Assim, a arquitetura tornou-se um dos principais ramos difusores de soluções sustentáveis para o planeta, visto que a construção de espaços é transformadora direta do ambiente. A pesquisa analisou edifícios que causam um menor impacto ambiental e são elaborados a partir de soluções ecológicas, bioclimáticas e sustentáveis - desde a fase de projeto até o término da construção. Nas últimas duas décadas (1990-2010), a Alemanha tornou-se grande exemplo em desenvolvimento sustentável, principalmente devido aos investimentos do país, em relação ao bem estar da população, através de cidades e edifícios bem planejados. Neste contexto, optou-se por analisar a inserção dos princípios sustentáveis na arquitetura contemporânea alemã, tanto nos edifícios de alta tecnologia, quanto nos edifícios de baixa tecnologia. No Brasil, é possível também encontrar os princípios da sustentabilidade na arquitetura contemporânea, no entanto, o país carece ainda de legislações que determinem diretrizes aos arquitetos para, por exemplo, elaboração de estratégias quanto à ventilação e iluminação natural, redução do consumo energético e utilização de materiais reciclados.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Arquitetura sustentável. Arquitetura ecológica. Conforto ambiental.

## ABSTRACT

The concept of sustainability encompasses every form of human action on the environment. Thus, architecture has become one of the main branches of sustainable solutions for the planet, since the construction of spaces is transforming directly from the environment. The research analyzed buildings which cause less environmental impact and are made from ecological, bioclimatic and sustainable solutions - since the design phase to the end of construction. In the last two decades (1990-2010), Germany has become great example of sustainable development, mainly due to the country's investments, related to the welfare of the population, through well-planned cities and buildings. In this context, the present research analyzes the integration of sustainable principles in contemporary German architecture, in high-tech buildings, as well as buildings in low-tech. In Brazil, it is also possible to find the principles of sustainability in contemporary architecture, however, the country still lacks of legislations which determine guidelines for architects, for example, to elaborate strategies for natural ventilation and lightning, to reduce the energy consumption and to use recycled materials.

Keywords: Sustainability. Sustainable architecture. Ecological architecture. Comfort.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Edifícios do <i>Weissenhofsiedlung</i> , Stuttgart.....	19
Figura 02 - Edifícios do <i>Weissenhofsiedlung</i> , Stuttgart.....	19
Figura 03 - Localização geográfica da Alemanha, na Europa.....	39
Figura 04 - Mapa de temperaturas médias anual da Alemanha.....	40
Figura 05 - Trajeto aparente do solar no HN / Gráfico de insolação de Freiburg.....	42
Figura 06 - Princípios bioclimáticos.....	43
Figura 07 - Residência Schlude.....	45
Figura 08 - Residência em Darmstadt-Kranichstein.....	46
Figura 09 - Habitação Passiva – critérios.....	47
Figura 10 - Localização de Frankfurt.....	49
Figura 11 - Cidade de Frankfurt cortada pelo Rio Main.....	49
Figura 12 - Cidade de Frankfurt – Predominância de edifícios baixos.....	50
Figura 13 - Cidade de Frankfurt – Edifícios Verticais.....	50
Figura 14 - Sophienhof, Frankfurt.....	51
Figura 15 - Trams” – Um dos tipos de transporte público de Frankfurt.....	51
Figura 16 - Localização do Ostpark e Rio Main.....	51
Figura 17 - Edifício Commerzbank.....	52
Figura 18 - Área do Commerzbank antes do início da construção.....	53
Figura 19 - Edifício do Commerzbank e entorno imediato.....	54
Figura 20 - Análise do Edifício do Commerzbank no entorno imediato.....	55
Figura 21 - Contraste entre o Commerzbank Novo e antigo.....	57
Figura 22 - Átrio central da Torre – iluminação e ventilação natural.....	57
Figura 23 - Disposição de jardins nas três fachadas.....	59
Figura 24 - Planta baixa – Piso de entrada principal.....	59
Figura 25 - Planta de Pavimento Tipo - Disposição das principais funções do edifício..	59
Figura 26 - Estudo virtual do revestimento da fachada.....	60
Figura 27 - Revestimentos em grelha regular metálica das esquinas curvas.....	60
Figura 28 - Planta baixa - Jardins voltados para o sul.....	62
Figura 29 - Jardim da fachada sul – vegetação mediterrânea.....	62
Figura 30 - Planta baixa – Jardins voltados para o oeste.....	62
Figura 31 - Jardim da fachada oeste – vegetação norte americana.....	62
Figura 32 - Planta baixa – Jardins voltados para o leste .....	62
Figura 33 - Jardim do Commerzbank – vista interna.....	62
Figura 34 - Revestimentos voltados para os escritórios.....	63
Figura 35 - Montagem da esquadria principal na fachada do edifício.....	63
Figura 36 - Solução inicial para conforto térmico através das esquadrias.....	65
Figura 37 - Solução final escolhida para conforto térmico através das esquadrias.....	65
Figura 38 - Ventilação a partir do átrio.....	66

Figura 39 - Conexão do átrio com o jardim.....	66
Figura 40 - Diagrama gerado através do sistema CFD.....	66
Figura 41 - Diagrama gerado através do sistema CFD.....	66
Figura 42 - Sistema ativo de aquecimento, refrigeração e ventilação.....	68
Figura 43 - Sistema passivo de aquecimento, refrigeração e ventilação.....	68
Figura 44 - Localização de Hannover.....	70
Figura 45 - Cidade de Hannover.....	70
Figura 46 - Hannover – Conexão entre metrô, calçada, ciclovia e rua.....	72
Figura 47 - Eco-Traxis.....	72
Figura 48 - Nord/LB – Behnisch Architekten, Hannover, 1997-2002.....	73
Figura 59 - Nord/LB – Planta de situação.....	74
Figura 50 - Edifício Nord/LB e entorno imediato.....	76
Figura 51 - Análise do Edifício Nord/LB no entorno imediato.....	76
Figura 52 - Entrada para o Nord/LB.....	77
Figura 53 - Pátio interno.....	77
Figura 54 - Plantas Baixas do Nord/LB.....	78
Figura 55 - Plantas Baixas do Nord/LB.....	78
Figura 56 - Plantas Baixas do Nord/LB.....	78
Figura 57 - Plantas Baixas do Nord/LB.....	78
Figura 58 - Planta baixa – Pavimento Térreo.....	79
Figura 59 - Corte transversal.....	79
Figura 60 - Nord/LB – Fachadas translúcidas e estruturas metálicas.....	80
Figura 61 - Fachadas translúcidas e estruturas metálicas.....	80
Figura 62 - Nord/LB – Fachadas translúcidas e estruturas metálicas.....	81
Figura 63 - Nord/LB – Fachadas translúcidas e estruturas metálicas.....	81
Figura 64 - Nord/LB – Fachadas translúcidas e estruturas metálicas.....	81
Figura 65 - Nord/LB - Esquema de Ventilação Passiva.....	83
Figura 66 - Nord/LB – Estudo de sombreamento.....	84
Figura 67 - Nord/LB – Estudo de ventilação – Pavimento Térreo.....	84
Figura 68 - Localização de Hamburgo.....	87
Figura 69 - Cidade de Hamburgo, vista aérea.....	87
Figura 70 - Hamburgo - Bairro HafenCity.....	88
Figura 71 - Hamburgo - Bairro HafenCity.....	88
Figura 72 - Bairro HafenCity – Área em expansão.....	89
Figura 73 - Hamburgo - Bairro HafenCity: vias e infraestrutura urbana.....	89
Figura 74 - Hamburgo - Bairro HafenCity.....	89
Figura 75 - Edifício Unilever, Hamburgo.....	90
Figura 76 - Edifício Unilever e entorno imediato.....	91
Figura 77 - Edifício Unilever e entorno imediato.....	92
Figura 78 - Escadaria na Fachada sul.....	92

Figura 79 - Aluguel de bicicletas no edifício.....	92
Figura 80 - Planta Baixa – Pavimento Térreo.....	94
Figura 81 - Planta Baixa – 1 ° Pavimento.....	94
Figura 82 - Planta Baixa – 3 ° Pavimento.....	94
Figura 83 - Átrio Central iluminado.....	94
Figura 84 - Escada, passarelas e elevador.....	94
Figura 85 - Pavimentos superiores.....	94
Figura 86 - Edifício Unilever - fachada dupla com película em ETFE.....	96
Figura 87 - Edifício Unilever - fachada dupla com película em ETFE.....	96
Figura 88 - Edifício Unilever - fachada dupla com película em ETFE.....	96
Figura 89 - Edifício Unilever – Corte longitudinal bioclimático.....	97
Figura 90 - Janelas superiores protegidas pela superfície em ETFE.....	98
Figura 91 - Localização de Freiburg.....	101
Figura 92 - Vista aérea de Freiburg, cercada por montanhas e pela Floresta Negra...101	
Figura 93 - Cidade de Freiburg.....	102
Figura 94 - Cidade de Freiburg.....	102
Figura 95 - Freiburg – Vista aérea da Catedral.....	102
Figura 96 - Bicicletários em frente à Estação Central de Freiburg.....	104
Figura 97 - Freiburg – Ruas arborizadas.....	104
Figura 98 - Freiburg – Rua para pedestres e ciclistas.....	104
Figura 99 - Entrada do Condomínio Solar, através do bloco comercial.....	105
Figura 100 - Localização do Condomínio Solar, em Vauban/Freiburg.....	106
Figura 101 - Localização do Condomínio Solar, em Vauban/Freiburg.....	107
Figura 102 - Condomínio Solar – Fachada Norte.....	108
Figura 103 - Condomínio Solar – Fachada Sul.....	108
Figura 104 - Os quatro tipos de planta baixa do Condomínio Solar e Cortes.....	109
Figura 105 - Madeiras coloridas.....	110
Figura 106 - Madeiras coloridas.....	110
Figura 107 - Elementos metálicos e espaço interno.....	110
Figura 108 - Elementos metálicos e espaço interno.....	110
Figura 109 - Ventilação e exaustão natural nos quatro tipos de residências.....	111
Figura 110 - Painéis fotovoltaicos do Condomínio Solar.....	112
Figura 111 - Painéis fotovoltaicos do Condomínio Solar.....	112
Figura 112 - Painéis fotovoltaicos do Condomínio Solar.....	112
Figura 113 - Painéis fotovoltaicos do Condomínio Solar.....	112
Figura 114 - Imóvel Habitação e Trabalho, em Freiburg.....	114
Figura 115 - Localização do Edifício Habitação e Trabalho, em Vauban, Freiburg.....	115
Figura 116 - Localização do Edifício Habitação e Trabalho, em Vauban, Freiburg.....	116
Figura 117 - Planta Baixa de dois pisos padrão.....	117
Figura 118 - Planta Baixa de dois pisos padrão.....	117

Figura 119 - Painéis solares.....	118
Figura 120 - Varandas da fachada Sul.....	118
Figura 121 - Fachada Norte.....	120
Figura 122 - Corte transversal – Fachada Norte.....	120
Figura 123 - Corte transversal – Fachada Sul.....	120
Figura 124 - Fachada Sul.....	120
Figura 125 - Estrutura metálica.....	120
Figura 126 - Estrutura metálica na fachada norte.....	120
Figura 127 - Esquema energético em Corte.....	121
Figura 128 - Junção entre cobertura, painel fotovoltaico e estrutura metálica da fachada norte.....	122
Figura 129 - Esquema do funcionamento do biodigestor.....	122
Figura 130 - Localização de Stuttgart.....	124
Figura 131 - Stuttgart – Desenvolvimento urbano - topografia acidentada.....	124
Figura 132 - Cidade de Stuttgart – Espaços verdes públicos.....	124
Figura 133 - “U verde” de Stuttgart.....	125
Figura 134 - Residência Schlude, em Stuttgart.....	127
Figura 135 - Localização da Residência Schlude.....	128
Figura 136 - Localização da Residência Schlude.....	129
Figura 137 - Planta Baixa térreo - Residência Schlude.....	130
Figura 138 - Corte Transversal - Residência Schlude.....	130
Figura 139 - Sala de Jantar através da escada em aço.....	131
Figura 140 - Sala de Estar através da escada em aço.....	131
Figura 141 - Terraço sombreado com venezianas móveis.....	131
Figura 142 - Espaços internos da residência.....	132
Figura 143 - Espaços internos da residência.....	132
Figura 144 - Materiais externos – Fachada Oeste.....	133
Figura 145 - Materiais externos – Fachada Leste.....	133
Figura 146 - Corte em detalhe – Fachada Oeste.....	133
Figura 147 - Janelas frente a frente formam corredores de ventilação.....	134
Figura 148 - Corte Transversal – Exaustão do ar quente.....	134
Figura 149 - Pérgula metálica da fachada oeste.....	135
Figura 150 - Venezianas móveis.....	135
Figura 151 - Interiores sombreados.....	135
Figura 152 - Etiqueta do selo Procel Edificações – Comerciais, Serviços e Públicas..	146
Figura 153 - Etiqueta do selo Procel para edificações residenciais .....	146
Figura 154 - Adensamento construtivo – Zona Sul do Recife.....	147
Figura 155 - Contraste entre área verde e “muralha” de edifícios.....	147
Figura 156 – Residência Derby – O Norte.....	149
Figura 157 – Residência Aldeia – O Norte.....	149

Figura 158 – Escola Novo Mangue – O Norte, oficina de criação, 2000.....	150
Figura 159 - Localização da Escola Novo Mangue, na Comunidade do Coque.....	151
Figura 160 - Análise da localização da Escola Novo Mangue.....	152
Figura 161 – Escola Novo Mangue - Planta de situação.....	153
Figura 162 – Escola Novo Mangue - Planta Baixa.....	154
Figura 163 – Escola Novo Mangue - Planta Baixa e Perspectiva – Setor 1.....	155
Figura 164 – Escola Novo Mangue - Planta Baixa e Perspectiva – Setor 1.....	155
Figura 165 – Escola Novo Mangue - Planta Baixa e Perspectiva – Setor 2.....	155
Figura 166 – Escola Novo Mangue - Planta Baixa e Perspectiva – Setor 2.....	155
Figura 167 – Escola Novo Mangue - Planta Baixa e Perspectiva – Setor 3.....	155
Figura 168 – Escola Novo Mangue - Planta Baixa e Perspectiva – Setor 3.....	155
Figura 169 – Escola Novo Mangue – Harmonia das formas.....	155
Figura 170 - Escola Novo Mangue – Materiais externos isentos de revestimentos.....	156
Figura 171 – Escola Novo Mangue – Vista a partir do pátio recreativo.....	157
Figura 172 - Escola Novo Mangue – Sala de aula / Jardins internos.....	157
Figura 173 - Local do terreno antes da construção da Escola Novo Mangue.....	158
Figura 174 - Vegetação de mangue após construção da Escola Novo mangue.....	158
Figura 175 - Escola Novo Mangue - Bloqueio da ventilação leste-oeste.....	159
Figura 176 - Gráfico de ventilação do Recife.....	160
Figura 177 - Escola Novo Mangue – Ventilação cruzada nas salas de aula.....	160
Figura 178 - Gráfico de Insolação do Recife – Carta Solar.....	161
Figura 179 - Gráfico de proteção solar exercido pela cobertura sobre a fachada oeste..	161
Figura 180 - Escola Novo Mangue – Insolação Nascente e Poente.....	161
Figura 181 - Edifício Eco Berrini – Aflalo/Gasperini.....	164
Figura 182 - Edifício Eldorado Business Tower – Aflalo/Gasperini.....	164
Figura 183 - Edifício JK 1600 – Aflalo/Gasperini.....	165
Figura 184 - Localização do Edifício JK 1600 no entorno imediato.....	166
Figura 185 – Análise da localização do Edifício JK 1600 no entorno imediato.....	167
Figura 186 – Planta de Locação / JK 1600, Aflalo/Gasperini.....	168
Figura 187 – Edifício JK 1600 - Planta Baixa – Mezanino.....	187
Figura 188 – Edifício JK 1600 - Planta Baixa – Pavimento tipo.....	188
Figura 189 – Edifício JK 1600 – Corte Transversal – Vidro <i>low-e</i> .....	189
Figura 190 - Edifício JK 1600 – Cortina de vidro <i>low-e</i> .....	171
Figura 191 - Edifício JK 1600 – Cortina de vidro <i>low-e</i> .....	171
Figura 192 - Edifício JK 1600 - Terraço superior.....	171
Figura 193 - Edifício JK 1600 – Volumetria limpa e uniforme.....	173
Figura 194 - Edifício JK 1600 – Volumetria limpa e uniforme.....	173
Figura 195 - Gráfico de insolação da cidade de São Paulo.....	174
Figura 196 - Gráfico de ventilação da cidade de São Paulo.....	174

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Síntese de características básicas de sustentabilidade.....	27
Quadro 02 – Princípios e estratégias gerais de sustentabilidade.....	28
Quadro 03 – Conceitos de sustentabilidade na arquitetura.....	33
Quadro 04 – Conceitos de sustentabilidade no urbanismo.....	34
Quadro 05 – Conceitos de sustentabilidade na prática: Tecnologia, Solução e Processo Sustentável.....	35
Quadro 06 – Problemáticas e conceitos arquitetônicos adotados na pesquisa para avaliação dos estudos de caso.....	37
Quadro 07 - Tabela de avaliação do nível de sustentabilidade do edifício.....	37
Quadro 08 – Os 14 objetivos do selo AQUA-HQE.....	141
Quadro 09 - Selo Casa Azul – Categorias, critérios e classificação.....	143
Quadro 10 – Grau de sustentabilidade das tipologias abordadas quanto às problemáticas – Alemanha.....	184
Quadro 11 – Grau de sustentabilidade das tipologias abordadas quanto aos aspectos – Alemanha.....	184
Quadro 12 – Grau de sustentabilidade dos edifícios abordados quanto às problemáticas – Brasil.....	184
Quadro 12 – Grau de sustentabilidade dos edifícios abordados quanto aos aspectos – Brasil.....	184

## LISTA DE ESQUEMAS

Esquema 01 – Tripé da sustentabilidade: ambiental, econômico e sociocultural.....	32
Esquema 02 - Conceitos de sustentabilidade na arquitetura e urbanismo.....	35

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>Arquitetura e Desenvolvimento Sustentável.....</b>	<b>23</b>
<b>2.1</b>	<b>Sustentabilidade.....</b>	<b>24</b>
2.1.1	Dedifinição do termo.....	26
<b>2.2</b>	<b>Sustentabilidade na Alemanha.....</b>	<b>29</b>
<b>2.3</b>	<b>Sustentabilidade na arquitetura.....</b>	<b>31</b>
<b>3</b>	<b>Política sustentável aplicada: o caso da Alemanha.....</b>	<b>38</b>
<b>3.1</b>	<b>Soluções sustentáveis na Alemanha: contextos e diretrizes.....</b>	<b>39</b>
<b>3.2</b>	<b>Sustentabilidade em edificações de alto custo (<i>high-tech</i>).....</b>	<b>48</b>
3.2.1	Frankfurt.....	49
3.2.2	Hannover.....	70
3.2.3	Hamburgo.....	87
<b>3.3</b>	<b>Sustentabilidade em edificações de baixo custo (<i>low-tech</i>).....</b>	<b>100</b>
3.3.1	Freiburg.....	101
3.3.2	Stuttgart.....	124
<b>4</b>	<b>Política sustentável aplicada: o caso do Brasil.....</b>	<b>137</b>
<b>4.1</b>	<b>Arquitetura sustentável no Brasil.....</b>	<b>138</b>
4.1.1	O Selo AQUA-HQE.....	140
4.1.2	O Selo Casa Azul.....	142
4.1.3	O Selo Procel.....	145
<b>4.2</b>	<b>Recife e o escritório O Norte – Oficina de Criação.....</b>	<b>147</b>
<b>4.3</b>	<b>São Paulo e o escritório Aflalo/Gasperini.....</b>	<b>163</b>
<b>5</b>	<b>Considerações Finais.....</b>	<b>176</b>
	<b>Referências bibliográficas.....</b>	<b>185</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A edificação com soluções sustentáveis promove diversos benefícios relacionados ao melhoramento das condições ambientais e mitigação do impacto ambiental, uma vez que representam o estabelecimento de uma nova ordem de princípios básicos de desenho em diversas escalas. Tais princípios se fundamentam em sistemas e ciclos naturais, maior uso de recursos locais, particularmente para a geração, distribuição e uso de energia e água, com dimensão social e projeção ao futuro. (SCHILLER, 2003)

Ao longo dos anos, a sociedade sofre cada vez mais a necessidade de absorver conceitos e por em prática ações relacionadas à consciência ecológica, visto à crescente crise ambiental e ao desenvolvimento “insustentável” das cidades, proporcionados diretamente pelas mudanças climato-geográficas relacionadas ao agressivo desenvolvimento econômico mundial. O conceito de Sustentabilidade é caracterizado pela generalização e interdisciplinaridade, envolve questões sociais, culturais, econômicas, tecnológicas e, portanto, procura englobar toda forma de transformação humana sobre o meio ambiente. Assim, nada mais adequado do que tratar a arquitetura como um dos principais enfoques, uma vez que a construção de espaços é transformadora direta do ambiente.

As preocupações com o meio ambiente e com a respectiva interferência humana na qualidade de vida socioambiental tiveram um marco na década de 1950, quando ocorreu uma descarga de água contaminada com mercúrio pela fábrica Chiso, a qual ocasionou efeitos congênitos além de mortes de pessoas e animais, na cidade de Minamata, Japão. Desastres ambientais continuaram a ocorrer e aos poucos surgiram eventos importantes, de abrangência internacional, com o objetivo de debater sobre a questão ecológica que cresce até os dias atuais (DEMANTOVA, 2012).

Em 1987, foi elaborado o Relatório Brundtland (Nosso Fórum Comum), pela instituição da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da Organização das Nações Unidas, que divulgou internacionalmente o conceito, até então mais conciso, sobre desenvolvimento sustentável, que é “aquele que responde às necessidades do presente de forma igualitária, mas sem comprometer as possibilidades de sobrevivência e prosperidade das gerações futuras”. Cinco anos depois, no Rio de

Janeiro, foi realizada a conferência RIO 92, de onde surgiu a AGENDA 21, documento que estabeleceu um pacto entre diversos grupos de interesses políticos, sociais, éticos e comerciais. Embora seja, a princípio, um problema de abrangência regional e nacional, uma crise ambiental atinge todo o planeta, de forma conjunta, e os fatos que ocorrem em um país acabam por afetar outras diversas regiões do mundo. Desta forma, sustentabilidade é um conceito integrado e holístico.

A arquitetura contemporânea (1990-2010) sofre com uma contínua falta de qualidade, muitas vezes, desde a fase inicial de projeto, sem considerar a orientação em relação ao norte geográfico, ventos e incidência solar, e também sem relação com o entorno, fatores básicos essenciais em todo projeto de arquitetura (ROAF, 2007). Ademais, tal arquitetura é impulsionada pela questão financeira, que se move em função do mercado atual e de um falso barateamento imediato da construção, sem projeção dos custos de manutenção da edificação. Neste contexto, o meio urbano atual, principalmente das grandes cidades dos países subdesenvolvidos, apresenta-se bastante desgastado, ou seja, de acordo com Hickel (2005),

São nas cidades onde se refletem os efeitos maiores, ocasionados pela globalização desigual, através do inchamento populacional e todos os problemas decorrentes disso. A cidade se dá de maneira desconexa, feita mais de objetos do que de tecidos, com espaços de interesse comum. A homogeneidade da edificação através de normas que tendem a unificar os fragmentos da cidade é uma utopia, uma vez que os mecanismos de crescimento de uma cidade são muito mais dinâmicos.

Segundo o Programa das Nações Unidas para Assentamentos Humanos (ONU-Habitat), a população urbana mundial, hoje em dia, já é cinco vezes maior, em relação a 1950, além do número de pessoas que vivem nas grandes cidades já superar a quantidade de indivíduos no meio rural. A aglomeração populacional cresce aceleradamente nas grandes regiões metropolitanas e a perspectiva, segundo a mesma instituição, é que o meio urbano englobe 75% dos indivíduos, em 2050.

As cidades passaram a ser o grande alvo dos processos migratórios, as quais sofreram diretamente consequências nos espaços urbano-arquitetônicos e, conseqüentemente, tiveram suas características climato-geográficas alteradas, assim

como transformações no meio social, político e cultural. No contexto de mutações urbanas, as grandes metrópoles mostram-se cada vez mais inseridas em um crescimento insustentável, além das precárias soluções arquitetônicas adotadas, com graves problemas à vista de qualquer cidadão. Entretanto, com o planejamento de uma boa arquitetura, adaptada ao local que está inserida, é possível amenizar os impactos gerados no entorno urbano.

As edificações contribuem positivamente para as cidades, na medida em que são capazes de “sobreviver” de forma passiva, ou seja, produzir energia elétrica e reduzir o consumo a partir da iluminação natural, bem como utilizar proteções solares e materiais especiais para as fachadas, utilizar-se de sistemas de captação e reuso de água, evitar o uso de condicionadores de ar, a partir da introdução da ventilação natural. As edificações podem favorecer, também, o entorno imediato, com sua adequada inserção na paisagem, respeitando a tipologia existente ao redor; com tratamento das calçadas para o conforto do pedestre; e incentivo à mobilidade urbana (privilegiando as caminhadas, o ciclismo e o transporte público), a partir da criação de amplas vagas para ciclistas, em substituição das vagas para automóveis, fator que favorece também a uma maior utilização do transporte coletivo. Todos os fatores citados, além de reduzirem a emissão de gás carbono no ambiente, diminuem os gastos com água e energia e favorecem as cidades, quanto ao respectivo desenvolvimento econômico.

Devido aos inúmeros impactos causados aos meios rural e urbano, a população mundial começou a se preocupar e contribuir para a causa ambiental, procurando consumir cada vez mais produtos ecologicamente corretos e tal fato ocorre em todos os setores de atividade, inclusive no mercado da arquitetura e construção civil. Em princípio, essa relação mercadológica entre compra e venda de produtos “ecológicos” apresenta-se positiva, uma vez que o aumento da demanda leva ao crescimento de uma produção menos agressiva e impactante ao meio ambiente.

No entanto, a procura por produtos ecológicos levou o mercado a direcionar seu enfoque para a venda desses produtos e usar a *publicidade sustentável* para atrair os consumidores. O problema desse direcionamento, porém, é que uma relevante parcela dessa produção – e talvez a mais forte – esteja relacionada (apenas) ao interesse

mercadológico e publicitário dos “eco-produtos”, e a arquitetura tem sido inserida como mais uma linha de produtos na prateleira (SOBREIRA, 2009).

Assim, muitos dos novos edifícios são vendidos através de uma “imagem sustentável”, premiados com selos e certificações ambientais elaborados por países que já possuem uma experiência nesse tipo de construção. Porém, a avaliação realizada por meio de uma pontuação, não é suficiente para medir o “grau de sustentabilidade” e o uso de recursos naturais por um edifício. As certificações são avaliações imediatas. Faz-se importante questionar o grau sustentável de uma edificação quanto ao seu desempenho ao longo do tempo. Os estudos de caso que serão analisados receberiam os mesmos prêmios e certificados daqui a dez anos? Continuariam a ser exemplos em parâmetros sustentáveis? Em termos de desempenho ambiental, com e sem as novas “tecnologias sustentáveis” utilizadas para iluminação, ventilação, aquecimento e conforto interno, qual seria a diferença do “grau de sustentabilidade” em ambos os casos? Os edifícios foram concebidos realmente com princípios “sustentáveis” desde a sua fase inicial de projeto? Favorecem ao meio, em termos sociais, econômicos e culturais?

Questionamentos deste tipo devem estar cada vez mais presentes no cotidiano do historiador/crítico, em vista à crescente *publicidade sustentável*, bastante intensa na arquitetura contemporânea, que faz dos conceitos “sustentável”, “ecológico”, “verde” fatores de valorização para arquitetura, ao invés dos mesmos se expandirem como uma reflexão sobre a boa arquitetura; a arquitetura do bom-senso. Cabe aos profissionais ligados ao meio da arquitetura e urbanismo, fazer uso do seu conhecimento para ocasionar mudanças na prática construtiva e os arquitetos tem papel fundamental neste processo, elaborando projetos mais conscientes e adequados à realidade de cada local.

Alguns países destacam-se por estarem bastante inseridos em planejamentos sustentáveis; a Alemanha, por exemplo, é conhecida mundialmente como um dos maiores incentivadores em políticas sustentáveis. De acordo com Nicolai Ourousoff (2007), crítico de arquitetura do *New York Times*, a nova geração de arquitetos alemães “expandiu o conceito de desenho sustentável para além de painéis solares e telhados de grama”. Diferente do Brasil, nos anos de 1980, a Alemanha driblou os clientes corporativos e desempenhou um papel maior no planejamento e no controle das

construções. A arquitetura “sustentável” começava a ganhar força. Em meados dos anos 1990, toda construção alemã, assim como europeia, necessitou se encaixar em exigências básicas de consumo energético e o termo “sustentabilidade” passou a se tornar um tópico central nos projetos de muitos arquitetos alemães.

Com o fim da Primeira Guerra Mundial, auxílios governamentais e uma política residencial estatal deram origem às novas construções alemãs que acabou por caracterizar toda produção do século. Foram construídos diversos conjuntos habitacionais - para suprir rapidamente com as necessidades do pós-guerra – os quais deveriam primordialmente oferecer iluminação e ventilação para todos, diferente da compactação urbana do século 19. Com as cidades devastadas, as habitações precisavam ser construídas de forma mais prática e com geometria simples e, assim, o funcionalismo passou a se sobrepôr à forma e os ornamentos tornaram-se algo superficial. Em meados de 1920, a arquitetura moderna começou a emergir por toda Europa, caracterizada pelo racionalismo o qual ficou conhecido como *Neues Bauen* (Nova Construção), que futuramente culminou ao chamado *International Style* (Estilo Internacional).

Em 1927, a exposição de arquitetura no *Weissenhofsiedlung*, em Stuttgart, expôs 21 edifícios construídos para se tornar um exemplo de nova morada para o homem moderno das grandes cidades. Projetos de Le Corbusier, Walter Gropius e Peter Behrens estavam entre os apresentados, os quais mostravam plantas baixas flexíveis e grande preocupação em criar uma atmosfera agradável, com aproveitamento de luz e ventilação naturais. Em geral, a arquitetura era cúbica, econômica e sem ornamentos; apresentava o emprego de novas técnicas e materiais, buscando o bem-estar da sociedade, onde a liberdade deveria ser garantida com o mínimo de forma. Os edifícios de *Weissenshof* (**Fig. 01, 02**), assim como outros diversos exemplos do movimento *Neues Bauen*, foram destruídos durante a Segunda Guerra e restaurados posteriormente nos anos de 1980 e 1990. Grande parte das cidades alemãs ficou devastada e para a reconstrução das áreas destruídas optou-se pela eliminação da alta densidade urbana (FRAMPTON, 2003).



Figuras 01 e 02 – Edifícios do Weissenhofsiedlung, Stuttgart  
Fonte: O Autor, 2015.

Nas últimas décadas (1990-2010), a Alemanha tornou-se uma das maiores referências em desenvolvimento sustentável, uma vez que o governo alemão adotou estratégias sustentáveis como princípio orientador para todos os objetivos e ações fundamentais em todos os domínios de política a nível nacional e internacional (BÜLLESBACH, 2012). Assim, o país tornou-se um grande polo de estratégias sustentáveis na arquitetura, principalmente na produção das últimas décadas, 1990-2010. Condomínio Solar (*Rolf Disch*); Residência em Stuttgart (*Schlude & Ströhle*); Imóvel Habitação e Trabalho (*Common & Gies*); Edifício *Unilever*, *Norddeutsche Landesbank* (*Behnisch Architekten*); *Commerzbank* (*Foster + Partners*) são exemplos de edifícios de alta e baixa tecnologia reconhecidos por arquitetos e profissionais ligados ao meio ambiente, por estarem entre os mais eficientes do mundo.

O **objetivo geral** da presente pesquisa é analisar a contribuição das soluções sustentáveis (através do desenho, forma, concepção e tecnologias) utilizadas em edifícios contemporâneos para a qualidade ambiental urbana, visando à compreensão dos conceitos relacionados à arquitetura sustentável: eficiência energética, arquitetura ecológica, desenvolvimento sustentável; infraestrutura verde; conforto ambiental; cidades sustentáveis.

Ademais, tem-se por **objetivos específicos**: identificar as principais diretrizes para um melhor planejamento sustentável da arquitetura contemporânea; identificar os projetos e as estratégias relevantes da arquitetura sustentável na Alemanha, no período de 1990-2010 e analisar os instrumentos legais (normalizações) e mercadológicos (avaliações de desempenho/certificações) da Alemanha, que possam direcionar o setor

ao desenvolvimento sustentável; identificar os projetos e estratégias relevantes da arquitetura sustentável no Brasil, no período de 1990-2010 e analisar os instrumentos legais (normalizações) e mercadológicos (avaliações de desempenho/certificações) do Brasil, que possam direcionar o setor ao desenvolvimento sustentável; e por fim, avaliar a contribuição dos sistemas sustentáveis analisados, no Brasil e na Alemanha, para a qualidade ambiental urbana.

Com o objetivo de analisar o desempenho ambiental de edifícios considerados “sustentáveis”, na Alemanha, e os respectivos efeitos que o conjunto das soluções sustentáveis causa no entorno urbano, a pesquisa apresenta uma relação de domínio do objeto sobre o sujeito. Neste contexto, o método a ser adotado é o **Hipotético-Dedutivo**, ou seja, aplica a utilização de interferências dedutivas como testes de hipóteses, onde é possível realizar suposições que podem ser confirmadas ou refutadas. Portanto, existem as evidências e teorias sobre o desenvolvimento sustentável das cidades e o uso de soluções sustentáveis na arquitetura contemporânea, os quais passarão por etapas de análise e formulação de problemas a partir dos estudos de casos selecionados, para que, assim, sejam obtidos os resultados finais sobre as hipóteses levantadas (ou seja, a síntese). Ademais, estão propostas entrevistas de caráter exploratório (isto é, com objetivo de extrair mais informações sobre os edifícios em análise), que apesar de ser, a princípio, um procedimento de margem fenomenológica, não estão direcionadas para a percepção/comportamento do usuário a partir do uso do “espaço sustentável”, porém, visa adquirir informações relacionadas ao funcionamento de tal espaço a partir das soluções urbano-arquitetônicas apresentadas.

A pesquisa será dividida em quatro linhas de pensamento (abordagens) – referencial bibliográfico; arquitetura contemporânea alemã de alta custo (*high-tech*); arquitetura contemporânea alemã de baixo custo (*low-tech*); arquitetura contemporânea brasileira; - as quais irão explorar temas mais amplos relacionados tanto ao desenvolvimento sustentável na arquitetura contemporânea alemã, bem como os efeitos positivos na produção arquitetônica brasileira, sempre ressaltando os aspectos ambientais, socioculturais, econômicos e políticos.

No primeiro capítulo, é feita uma revisão das principais referências bibliográficas sobre desenvolvimento sustentável, assim como, em relação aos diversos conceitos adjacentes ao tema: desenvolvimento sustentável, planejamento ambiental, urbanismo sustentável, cidades sustentáveis, infraestrutura verde; arquitetura ecológica, arquitetura bioclimática, arquitetura sustentável; solução sustentável, sistema sustentável, processo sustentável.

A análise referente aos edifícios com soluções sustentáveis desenvolvidos na Alemanha forma o segundo capítulo da pesquisa. A produção arquitetônica voltada para sustentabilidade no país ganhou notoriedade, nas últimas décadas, ao mostrar inovações e técnicas construtivas que se mostraram bastantes eficientes para a arquitetura na região.

Após a análise, o terceiro capítulo da pesquisa visa verificar como é pensado o desenvolvimento sustentável no Brasil e, em seguida, analisar dois edifícios com soluções sustentáveis de alto custo e de baixo custo. Com a finalidade de analisar as técnicas e soluções adotadas em cada país, destacando as diferenças geográficas e econômicas, além de discutir os pontos em comum encontrados na arquitetura ecológica de ambos os países. Nestas etapas foram realizados os seguintes procedimentos:

#### **A. Pesquisa Bibliográfica**

Dentro do panorama da arquitetura sustentável produzida na Alemanha e no Brasil, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre o tema, no período de 1990-2010, uma vez que, nas últimas duas décadas, as tendências sustentáveis são levadas em pauta mais frequentemente e, portanto, difundidas em prática com mais facilidade do que na arquitetura moderna, levando um conjunto de ideias, conceitos e posturas mais amplo para os arquitetos da contemporaneidade. Em seguida, foi realizada uma **pesquisa documental** a partir dos escritórios selecionados, visto a importância desses arquitetos para a difusão da arquitetura sustentável pelo mundo e a aparição de suas obras em publicações ou prêmios de concursos. Foram escolhidas seis obras alemãs para análise: Condomínio Solar, em Freiburg (*Rolf Disch*); Residência em Stuttgart (*Schlude & Ströhle*); Imóvel Habitação e Trabalho, em Freiburg (*Common & Gies*);

Edifício *Unilever*, em Hamburgo, *Norddeutsche Landesbank*, em Hannover (*Behnisch Architekten*); *Commerzbank* em Frankfurt (*Foster + Partners*) e dois projetos brasileiros: Escola Novo Mangue, em Recife (O Norte – Oficina de criação) e Edifício Praça JK 1600, em São Paulo (Aflalo & Gasperini).

## **B. Pesquisa de campo - levantamento de dados**

Posteriormente, foi feito o levantamento de cada obra. Além de textos descritivos, analíticos e conclusivos sobre o projeto, coletaram-se plantas, cortes, fachadas, perspectivas e outros desenhos do projeto; desde esboços primários, até fotos das obras já construídas.

## **C. Observação e Análise**

Com os materiais em mãos, foi realizada a observação das obras em questão, tanto através da documentação coletada, quanto das visitas realizadas aos projetos, visto que muitas das informações necessárias sobre as obras ainda são escassas e, portanto, a necessidade da análise em campo, das edificações.

## **D. Entrevistas**

Ao longo da pesquisa, foram desenvolvidas entrevistas de caráter exploratório com o arquiteto brasileiro Bruno Lima (do escritório O Norte) e com a arquiteta alemã Dominique Gauzin-Müller, buscando responder as questões abertas semi-estruturadas: Quais os ensinamentos da arquitetura moderna para o desenvolvimento sustentável contemporâneo? O que move o escritório a fazer projetos em foco na sustentabilidade? Quais as soluções sustentáveis viáveis para a arquitetura do país? Além de questões diretamente focadas nos edifícios selecionados: Que sistemas sustentáveis foram utilizados e por quê? Que benefícios trazem para o edifício e para a cidade? Quais as dificuldades? Todas as informações coletadas nas entrevistas foram catalogadas e documentadas, com o objetivo de organizar o material para posterior análise.

Realizou-se, portanto, a avaliação das edificações escolhidas, as quais foram analisadas em caráter qualitativo e comparativo, de acordo com os critérios de desempenho ambiental estabelecidos na tabela (contexto e lugar; morfologia e funcionalidade; tectônica e materialidade; conforto e tecnologia), para então ser gerado o material gráfico e textos descritivos sobre a análise de cada projeto.

# **2 > Arquitetura e Desenvolvimento Sustentável**

## 2.1 Sustentabilidade

As preocupações com o meio ambiente ganharam força a partir do final da Segunda Guerra Mundial, quando diversos desastres de forte impacto começaram a ocorrer por todo planeta, como a contaminação da água com mercúrio ocasionada pela fábrica Chiso, que gerou mortes de pessoas e animais, em Minamata, no Japão. A degradação dos ecossistemas e a escassez de recursos naturais cresceram aceleradamente, juntamente à crise do petróleo e ao crescimento econômico do meio urbano, desde a Revolução Industrial até os dias atuais.

Em 1968, foi realizada a primeira discussão sobre o meio ambiente, no chamado Clube de Roma e, logo após, no relatório do *Massachusetts Institute Of Technology* (MIT), em 1970. O Clube de Roma tinha por objetivo a discussão sobre as soluções para os complexos problemas decorrentes das crescentes pressões demográficas que já se exerciam sobre o delicado equilíbrio do ecossistema do planeta, atingindo os recursos não renováveis (FRANCO, 2001). No Clube, ainda foi lançado um documento por Donella Meadows, em 1971, intitulado *The Limits of Growth*, o qual afirmava, com base em estudo científico, que se o crescimento econômico e demográfico não começasse a ser reduzido, graves problemas frente ao meio ambiental surgiriam no próximo século: poluição, fome, doenças, escassez de recursos, resultando em grande mortalidade.

Um ano após essa publicação, ocorreu o primeiro grande evento com intuito de debater sobre o futuro do meio ambiente, frente ao desenvolvimento econômico, urbano e rural do planeta. A Conferência das Nações Unidas para o meio Ambiente Humano – a Conferência de Estocolmo, 1972 – ocorreu após graves eventos que afetavam a sustentabilidade do planeta, causados principalmente pelos países desenvolvidos, de acordo com documentos oficiais e trabalhos de reconhecidos cientistas (FRANCO, 2001). Assuntos relacionados à preservação do meio ambiente, portanto, passaram a se tornar mais frequentes em diversas outras áreas de estudo, principalmente, no âmbito do desenvolvimento social e econômico.

Em 1983, foi criada a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD ou WCED, em inglês), pelo Programa de Meio Ambiente

das Nações Unidas e ministrado por Gro Harlem Brundtland, então Primeira Ministra da Noruega, com o objetivo de formular propostas realistas para os problemas do planeta relacionados ao meio ambiente e desenvolvimento. O resultado gerado pela Comissão, em 1987, foi intitulado *Our Common Future* (Nosso Futuro Comum), um relatório que abordou os sucessos e as falhas do desenvolvimento mundial e reconheceu, de forma oficial, o termo *desenvolvimento sustentável*.

Este termo, a partir da década de 1970 - quando as preocupações da população com o meio ambiente começaram a ganhar evidência em todo planeta – apresentou diversas definições e, talvez, devido a tal motivo, não se tem exatamente, até hoje, um conceito exato para o que seja desenvolvimento sustentável. As duas definições mais conhecidas e utilizadas são a do Relatório Brundtland (1987) e a do documento lançado cinco anos depois, conhecido *por Agenda 21*.

O relatório afirma ser desenvolvimento sustentável “aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades” (WCED, 1987). De acordo com Bellen (2006), a definição do Relatório Brundtland não estabelece um estado estático, mas um processo dinâmico que pode continuar a existir sem a lógica autodestrutiva predominante; e afirma que as diferentes forças que atuam em determinado sistema devem estar em equilíbrio (dinâmico) para que o sistema como um todo se mantenha no tempo.

A *Agenda 21* abordou conceitos que não tinham sido tratados anteriormente, tanto a questão do consumo energético e de matérias primas, conservação da biodiversidade e preservação de ecossistemas frágeis, quanto a questão da equidade na distribuição das riquezas, das oportunidades e das responsabilidades. O documento ainda realizou um delineamento de propostas operacionais para a obtenção de dados que permitissem a avaliação e o monitoramento dos impactos ambientais, fator fundamental para o incentivo da construção e da utilização de indicadores ambientais, em todo mundo. A *Agenda 21*, amplamente difundida pelo mundo, foi um documento elaborado no evento chamado Eco-92 - Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro, em 1992.

Atualmente, diversos princípios abordados pela *Agenda 21* são ainda levados em consideração, quando o assunto é preservação ambiental e sustentabilidade. No entanto, é válido reconhecer que, diante à crise econômica global (financeira, pobreza, saúde, habitação) dos tempos atuais, muitas das prospecções do documento tornam-se utopias.

### **2.1.1 Definição do termo**

Sustentabilidade é, portanto, um tema que abarca inúmeras áreas de conhecimento e requer interferência tanto do poder público quanto das iniciativas privadas, visto que é fundamental toda população mundial colaborar de forma individual e local, para serem atingidos objetivos regionais e, futuramente, globais.

De acordo com Sachs (2002), a abordagem da sustentabilidade é válida nas recomendações de objetivos para até oito dimensões: social, cultural, ecológica, ambiental, territorial, econômica, política nacional e política internacional. Em relação às dimensões ecológica e ambiental, os objetivos da sustentabilidade formam o tripé: preservação do potencial da natureza para a produção de recursos renováveis; limitação do uso de recursos não renováveis; respeito e realce para a capacidade de autodepuração dos ecossistemas naturais.

Faz-se fundamental entender que, devido à grande diversidade de interesses envolvidos, chegar a um consenso final sobre o conceito de desenvolvimento sustentável não é fácil. Segundo alguns autores, as definições que tratam do desenvolvimento sustentável podem chegar a mais de 160. Assim, o grau de sustentabilidade é relativo em função do campo ideológico ambiental ou da dimensão em que cada autor se coloca (BELLEN, 2006).

De acordo com Silva (2000), o conceito de desenvolvimento sustentável não possui um respaldo científico e a sua noção está mais relacionada a um processo norteador de reflexões, assim como, ações determinadas por ações humanas em face ao seu relacionamento com o meio ambiente em circunstâncias específicas. A autora sintetiza a sustentabilidade em três tipos de caráter (progressivo, holístico e histórico) e

quatro princípios e estratégias gerais (ambiental, social, econômico e político). Tais características podem ser analisadas melhor nos quadros 01 e 02.

Quadro 01 – Síntese de características básicas de sustentabilidade. Fonte: Silva (2000, p.97)

<b>CARÁTER PROGRESSIVO</b>	
<b>CARÁTER DE TENDÊNCIA</b>	“A sustentabilidade apresenta-se como uma condição a ser introjetada em um processo onde se pretende atingir determinadas metas devendo ser continuamente e permanentemente reavaliada.”
<b>CARÁTER DINÂMICO</b>	“A sustentabilidade não se trata de algo tangível que se adquira definitiva e completamente, mas uma condição que deve interagir com o dinamismo da realidade em que se insere, adequando-se a fatores conjunturais, estruturais ou imprevisíveis.”
<b>CARÁTER HOLÍSTICO</b>	
<b>CARÁTER PLURAL</b>	“A sustentabilidade é pluridimensional e envolve aspectos básicos tais como: ambientais, econômicos, sociais e políticos. Novas dimensões podem ser acrescentadas se o problema em questão assim o exigir.”
<b>CARÁTER DE INDISSOCIABILIDADE</b>	“Entre os diversos aspectos que envolvem o termo da sustentabilidade existe um vínculo indissociável entre eles, exigindo a sua plena consideração para que se garanta uma condição sustentável.”
<b>CARÁTER INTERDISCIPLINAR</b>	“Devido à amplitude de interações que são contempladas no termo <i>sustentabilidade</i> , demanda-se a confluência de diferentes áreas do conhecimento, tanto para a construção das compreensões teóricas do termo como das suas ações práticas.”
<b>CARÁTER HISTÓRICO</b>	
<b>CARÁTER ESPACIAL</b>	“Embora a noção de sustentabilidade tenha um forte perfil de origem que valoriza as condições endógenas, ela não pode prescindir da inserção e interação dos contextos locais com os mais amplos, contemplando também as causas e consequências das ‘pegadas ecológicas’”.
<b>CARÁTER TEMPORAL</b>	“A relação de tempo adquire uma importância fundamental no equacionamento das ações praticadas no passado, no presente e as que serão exercidas no futuro. Quando se trata do meio urbano, geralmente se adota o tempo social do universo antrópico.”
<b>CARÁTER PARTICIPATIVO</b>	“A preservação de uma condição sustentável tem uma forte interdependência com os aspecto da diversidade participativa dos agentes sociais, na medida em que a presença ou não deste fator pode tanto contribuir, como comprometer as metas pretendidas.”

Quadro 02 – Princípios e estratégias gerais de sustentabilidade. Fonte: Silva (2000, p.100)

ASPECTOS	PRINCÍPIOS E ESTRATÉGIAS GERAIS DA SUSTENTABILIDADE
AMBIENTAL	“Manutenção da integridade ecológica por meio da prevenção das várias formas de poluição, da prudência na utilização dos recursos naturais, da preservação da diversidade da vida e do respeito à capacidade de carga dos ecossistemas.”
SOCIAL	“Viabilização de uma maior equidade de riquezas e de oportunidades, combatendo-se as práticas de exclusão, discriminação e reprodução de pobreza e respeitando-se a diversidade em todas as suas formas de expressão.”
ECONÔMICO	“Realização do potencial econômico que contemple prioritariamente a distribuição de riqueza e renda associada a uma redução das externalidades socioambientais, buscando-se resultados macrossociais produtivos.”
POLÍTICO	“Criação de mecanismos que incrementem a participação da sociedade nas tomadas de decisões, reconhecendo e respeitando os direitos de todos, superando as práticas e políticas de exclusão e permitindo o desenvolvimento da cidadania ativa.”

É válido ressaltar que tais características, princípios e estratégias podem variar de acordo com a linha de pesquisa de cada autor. Bossel (1999) afirma que o conceito de desenvolvimento sustentável envolve a questão temporal, ou seja, a sustentabilidade (de um objeto urbano-arquitetônico, por exemplo) deve ser observada a partir da perspectiva futura, de ameaças e oportunidades. Para o autor, o conceito de desenvolvimento sustentável é mais amplo e deve abarcar as dimensões material, ambiental, social, ecológica, econômica, legal, cultural, política e psicológica.

## 2.2 Sustentabilidade na Alemanha

Após rápidas sucessões da crise do petróleo (primeiro em 1973 e depois em 1979), a Europa tornou-se sensibilizada por questões ambientais e a população conscientizou-se de que a energia é uma necessidade, e também comodidade, escassa e de custo elevado. Fatos negativos que, no entanto, contribuíram para o aumento de interesse sobre tecnologias sustentáveis, arquitetura bioclimática e arquitetura ecológica. Os países nórdicos foram os pioneiros quanto às discussões ambientais. Os suecos organizaram, em Estocolmo, o primeiro encontro sobre meio ambiente, em 1972, além de ter sido a primeira ministra norueguesa, Gro Harlem Brundtland, a autora do relatório que deu origem ao conceito de desenvolvimento sustentável.

Os arquitetos alemães pioneiros a abordarem o contexto ecológico na arquitetura foram Thomas Herzog (1941), da Bavária; Peter Hübner (1938) e Günter Behnisch (1952-2010), de Baden-Württemberg. Thomas Herzog, considerado um dos fundadores da arquitetura bioclimática, defende a filosofia, iniciada em 1972, sustentada pelo cultivo e continuidade do modernismo. De acordo com o arquiteto, “a tarefa é exercer responsabilidade social e participar ativamente no progresso científico e tecnológico, assim como integrar aspectos relevantes para o meio ambiente em múltiplos caminhos – especialmente as possibilidades de energia solar”. Já Peter Hübner analisava os edifícios como um processo social. Realizou uma série de escolas, jardins de infância e projetos para jovens e crianças, em Stuttgart, Wangen, Herrenberg e Feuerbach, com processo participativo dos usuários e utilização da madeira e tijolo como materiais predominantes.

O escritório *Behnisch Architekten*, desde 1952, desenvolve uma abordagem da arquitetura contemporânea, que tem, conscientemente, permanecido livre de modismos, tendências ou ideias preconcebidas. Os edifícios do escritório, caracterizados pela dinamicidade e empatia com os usuários, transpiram inovação e vivacidade. Sejam escolas, escritórios, residências ou grandes empreendimentos de caráter internacional, como o Nord/LB, em Hanôver, os edifícios são projetados em total harmonia com o meio ambiente. Os princípios básicos de Günter Behnisch são refletidos em seus próprios edifícios: respeito aos usuários e natureza; adaptação às

necessidades individuais dos usuários; democratização do conceito; multiplicidade dentro de uma unidade (GAUZIN-MÜLLER, 2007). A partir da década de 1990, Stefan Behnisch deu continuidade aos princípios sociais do escritório, com medidas ecológicas, as quais foram frequentemente desenvolvidas em colaboração com o escritório *Transsolar*. Thomas Herzog, Peter Hübner e Stefan Behnisch são incentivos a uma maior produção da arquitetura ecológica. Inspiram arquitetos alemães (por exemplo, os escritórios aqui analisados: *Rolf Disch, Gies e Schlude & Ströhle*) a buscarem por um alto nível de sustentabilidade na arquitetura, além de ensinar arquitetos estrangeiros (*Norman Foster, Herzog & DeMeuron*) a realizarem uma arquitetura de qualidade ambiental para o país.

Na Alemanha, a cidade de Hannover foi designada para receber a exposição universal do ano 2000, evento que determinou importantes diretrizes para o futuro da arquitetura contemporânea no país. Sob o lema “Humanidade, Natureza e Tecnologia – origem de um novo mundo”, a EXPO 2000 abordou a difícil questão de imaginar e encorajar um futuro sustentável, onde a humanidade iria redefinir seu lugar na natureza e aperfeiçoar o papel da tecnologia no meio ambiente.

Assim, a cidade de Hanôver preparou um documento chamado “Os Princípios de Hannover”, desenvolvido por William McDonough, para assegurar que os edifícios da exposição representariam desenvolvimento sustentável para a cidade e para o mundo. O documento, além de informar diretrizes para os profissionais participantes da exposição, tinha por objetivo fornecer uma plataforma, onde arquitetos, *designers* e planejadores poderiam ter como base para realizar projetos em direção a um desenvolvimento sustentável. De acordo com William McDonough (2000), os princípios de Hannover são: insistir nos direitos da humanidade e natureza; reconhecer interdependência; respeitar relações entre espírito e matéria; responsabilizar-se pelas consequências do projeto; criar objetos seguros e de valor a longo prazo; eliminar o conceito do desperdício; confiar em fluxos de energia natural; entender as limitações do *design*; procurar melhoramento constante através da troca de conhecimentos.

*Os Princípios de Hannover*, portanto, deve ser entendido como um “documento vivo” comprometido com a transformação e crescimento na compreensão da interdependência do ser humano com a natureza.

## 2.3 Sustentabilidade na arquitetura

Na obra *O Espaço da Arquitetura* (1970), Evaldo Coutinho apresenta uma das mais profundas e abrangentes críticas sobre o que é, de fato, arquitetura; e esta, por sua vez, é definida como *espaço*, ou melhor, *vazio arquitetônico*. Segundo o autor, a essência da arquitetura é o vazio. O espaço é a matéria autônoma do gênero artístico autônomo da arquitetura e está vinculado a uma realidade e não a uma representação da realidade. Desta forma, rompe com a fronteira estética existente entre o homem e as artes de representação, compreendendo, assim, que o ser humano é um vivenciador do espaço e não somente observador.

No entanto, a arquitetura transcendeu os limites da questão do espaço, funcionalidade e estética da forma. Atualmente, devido à escassez de recursos e crise ambiental, a esfera da arquitetura e urbanismo engloba os aspectos ecológicos e climáticos, assim como, os princípios e características gerais da sustentabilidade. De acordo com Zanettini (2000), “o aumento de complexidade de seu conhecimento e de seu trato vem exigindo uma crescente contribuição interdisciplinar de variadas áreas de especialidade e colaboração cada vez mais ampla de inúmeros intervenientes”.

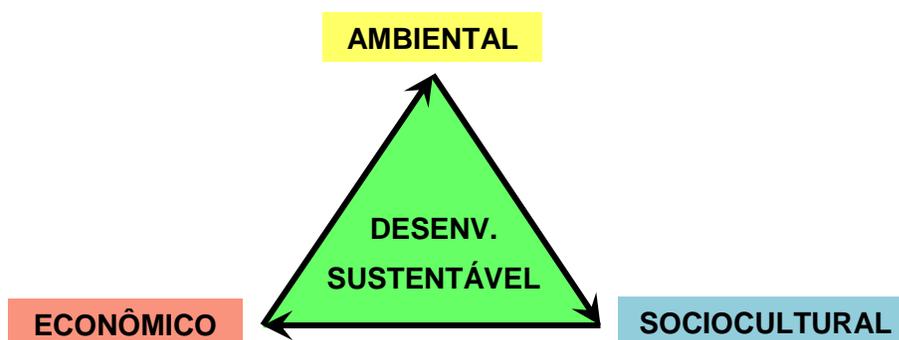
Da mesma forma que o termo *sustentabilidade*, o conceito para *arquitetura sustentável* faz-se bastante amplo e relativo; não existe uma definição conclusiva e absoluta para o termo. Utilizar-se de painéis fotovoltaicos, energias renováveis, sistemas para aquecimento de água, coletores solares, materiais reciclados, naturais, aproveitamento máximo de iluminação e ventilação natural, são fatores deveras importantes para o projeto de arquitetura, no entanto, não significa que a arquitetura possa ser considerada sustentável.

O projeto de arquitetura sustentável deve estar inserido no “tripé da sustentabilidade” – ou seja, levar em consideração as questões ambientais, econômicas e socioculturais (**Esquema 01**) - e apenas deve receber o selo sustentável após passar por rigorosas avaliações de desempenho ambiental, estes desenvolvidos especialmente para edificações. Algumas das certificações ambientais mais conhecidas mundialmente são o *LEED* e o *HQE*.

O *LEED* (*Leadership in Energy and Environmental Design* ou, em português, *Liderança em Energia e Desenho Ambiental*) é uma certificação americana para grandes edifícios comerciais, bastante utilizada no Brasil devido às semelhanças do mercado imobiliário americano com o mercado brasileiro.

O *HQE* (*Haute Qualité Environnementale* ou, em português, *Alta Qualidade Ambiental*), é uma certificação francesa para construção sustentável, adaptada no Brasil para *AQUA-HQE*, considerando a cultura, o clima, as normas técnicas e as regulamentações presentes no país.

Outras certificações são também bastante utilizadas pelo mundo, tais como: *BREEAM* (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*) – Inglaterra; *DGNB* (*Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen*) e *PASSIVHAUS* (Selo Habitação Passiva) – Alemanha; *MINERGIE* – Suíça; *World GBC* (*Green Building Council*), rede internacional para fomentar a certificação sustentável nas construções de diversos países do mundo.



Esquema 01 – Tripé da sustentabilidade: ambiental, econômico e sociocultural.  
Fonte: O Autor, 2015.

No esquema acima é possível observar o equilíbrio sistêmico do desenvolvimento sustentável; o mesmo em que a arquitetura deve estar inserida para ser considerada uma arquitetura sustentável, ou seja, estar de acordo com princípios ambientais e ecológicos (materiais naturais, renováveis, reciclados), favorecer a economia, tanto no processo construtivo imediato, quanto nos custos a longo prazo (gestão de recursos, energias renováveis) e beneficiar o meio sociocultural (comunidades locais, entorno urbano, respeito ao existente). Entretanto, ao atingir o espaço da arquitetura e urbanismo, o termo “sustentabilidade” começou a ser utilizado

constantemente, sem nenhum consenso, para o que mais for conveniente e diversas derivações do termo acabaram por ser incorporadas no vocabulário da arquitetura.

Para a presente pesquisa será fundamental a definição de cada uma dessas derivações, com o objetivo de evitar conflitos quanto aos termos utilizados durante a pesquisa. Assim, têm-se os seguintes termos: arquitetura sustentável, arquitetura ecológica, arquitetura bioclimática. Bem como: tecnologia sustentável, solução sustentável, processo sustentável (estes, voltados para a análise do projeto de arquitetura). Muitos autores e arquitetos acreditam que arquitetura sustentável é questão de bom-senso, isto é, toda arquitetura por princípio deve ser sustentável (conseqüentemente, ecológica e bioclimática). Assim, a arquitetura sustentável faz parte da arte do arquiteto; é obrigação a inserção das questões ambientais e bioclimáticas no projeto, independente do interesse pelo assunto. Deve estar implícito no desenvolvimento. **(Quadro 03)**

Quadro 03 – Conceitos de sustentabilidade na arquitetura. Fonte: O Autor.

<b>SUSTENTABILIDADE NA ARQUITETURA - CONCEITOS</b>	
<b>ARQUITETURA ECOLÓGICA</b>	“É aquela que utiliza os materiais respeitando a sua natureza e extraindo deles seu melhor comportamento. Um projeto ecológico se utiliza de fundamentos científicos para a obtenção de resultados práticos com simplicidade e baixo custo energético. Projetos ecológicos refletem a racionalidade, sem abrir mão de uma estética contextualizada no seu tempo e lugar. São sinônimos de arquitetura ecológica: arquitetura verde e arquitetura ambiental.” (GAUZIN-MÜLLER, 2010, p.10).
<b>ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA</b>	“A arquitetura bioclimática tem sido, à longa data, a forma de melhor definir a aplicação dos princípios climáticos às construções, visando ao equilíbrio higrotérmico no interior das edificações, a partir da utilização de formas, de materiais e de elementos arquitetônicos. Cada elemento arquitetônico desempenha um importante papel na busca do equilíbrio interno em relação às variações internas.” (FREITAS, 2008, p.52).
<b>ARQUITETURA SUSTENTÁVEL</b>	“Engloba tanto a arquitetura ecológica, quanto a arquitetura bioclimática. O termo “sustentável” deve ser aplicado ao processo todo, indicando um ciclo em que o tripé sustentável – meio ambiente, promoção sociocultural, promoção econômica – cumpra seu papel, gerando o menor impacto possível com o resultado mais eficiente. Neste caso, a “arquitetura ecológica” responde principalmente à questão ambiental desse tripé.” (GAUZIN-MÜLLER, 2010, p.10).

Porém, apesar desta pesquisa ter o enfoque na arquitetura, é preciso ressaltar que os edifícios geram impactos no meio urbano e, portanto, deve-se conceituar também: infraestrutura verde; cidades sustentáveis; urbanismo sustentável; planejamento ambiental. Todos estes conceitos encontram-se dentro de uma esfera maior chamada *desenvolvimento sustentável*. **(Quadros 04, 05)**

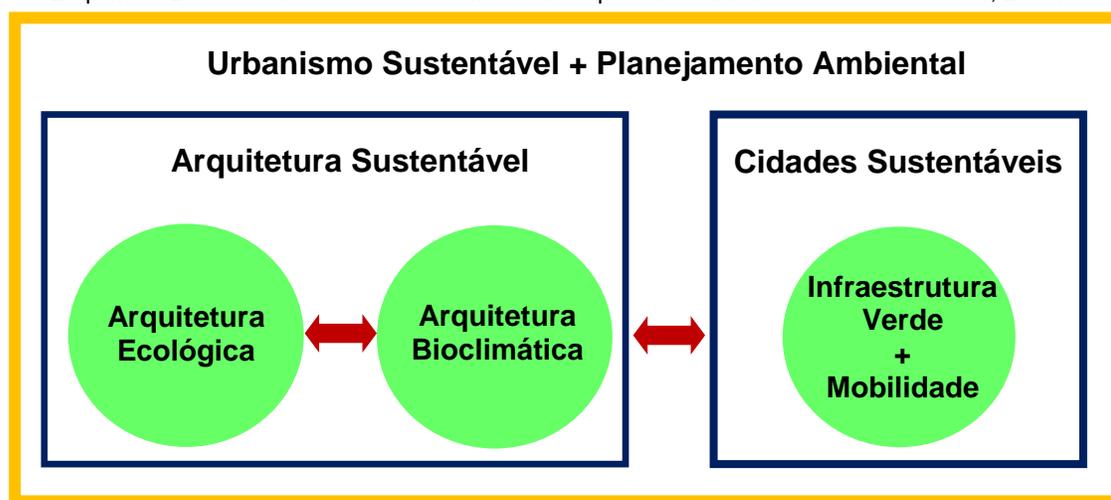
Quadro 04 – Conceitos de sustentabilidade no urbanismo: infraestrutura verde; cidades sustentáveis; urbanismo sustentável; planejamento ambiental. Fonte: O Autor.

<b>SUSTENTABILIDADE NO URBANISMO - CONCEITOS</b>	
<b>INFRAESTRUTURA VERDE</b>	“A infraestrutura verde refere-se à ideia de que a natureza nas cidades deve ser administrada de forma integrada da mesma maneira que a infraestrutura cinza. O planejamento da infraestrutura verde inclui: a identificação de elementos e funções; as necessidades existentes e os serviços desejados; um levantamento e monitoração adequados; a avaliação do custo/benefício; o planejamento estratégico das melhoras no capital natural.” (MASCARÓ, 2010, p.26)
<b>CIDADES SUSTENTÁVEIS</b>	“A cidade é uma matriz complexa e mutável de atividades humanas e efeitos ambientais. Planejar uma cidade sustentável exige uma ampla compreensão das relações entre cidadãos, serviços, políticas de transporte e geração de energia, bem como seu impacto total no meio ambiente local e numa esfera geográfica mais ampla. Se quisermos realmente criar essa noção de desenvolvimento sustentável, então todos esses fatores devem estar entrelaçados. Não haverá cidade sustentável, do ponto de vista ambiental, até que a ecologia urbana, a economia e a sociologia sejam fatores presentes no planejamento urbano.” (ROGERS, 2011, p.32)
<b>URBANISMO SUSTENTÁVEL</b>	“O estudo do urbanismo sustentável estabelece as ferramentas para que o projeto da arquitetura esteja integrado ao entorno e projeto da cidade, se relacione de forma eficaz com os recursos naturais e locais, facilitando, portanto, uma melhor qualidade de vida à população, ou seja, considera o conforto ambiental, as condições climáticas, infraestrutura urbana e estratégias de planejamento com objetivo de concretizar o planejamento urbano sustentável. Cidades compactas, com acesso humano à natureza, são pontos essenciais para o urbanismo sustentável.” (FARR, 2007, p.42)
<b>PLANEJAMENTO AMBIENTAL</b>	“É todo planejamento das ações humanas (da antropização) no espaço, levando em conta a capacidade de sustentação dos ecossistemas a nível local e regional, sem perder de vista as questões de equilíbrio das escalas maiores, tais como continental e planetária, visando à melhora da qualidade de vida humana, dentro de uma ética ecológica. O planejamento ambiental é, portanto, também um Planejamento Territorial-Estratégico, Econômico-ecológico, Sociocultural, Agrícola e paisagístico.” (FRANCO, 2001, p.36).

<b>SUSTENTABILIDADE – TECNOLOGIAS, SOLUÇÕES E PROCESSOS</b>	
<b>TECNOLOGIA SUSTENTÁVEL</b>	É o dispositivo sustentável, propriamente dito. Por exemplo, para o conceito da eficiência energética, ventilação e iluminação natural podem existir mais de uma tecnologia sustentável. As tecnologias sustentáveis devem levar em consideração os aspectos climáticos e geográficos locais, assim como, econômicos e sociais.
<b>SOLUÇÃO SUSTENTÁVEL</b>	É o funcionamento integrado do conjunto das tecnologias sustentáveis dentro de um determinado projeto. Edificações com soluções sustentáveis tendem a gerar menos impacto ambiental, porém nem sempre é uma arquitetura sustentável, uma vez que a solução deve estar em equilíbrio com os princípios econômicos e socioculturais da sustentabilidade.
<b>PROCESSO SUSTENTÁVEL</b>	São as soluções associadas ao entorno e ao desenvolvimento sustentável. É a concepção sustentável do arquiteto, os seus princípios que surgem desde a fase inicial do projeto e leva em consideração os aspectos ambientais, econômicos e socioculturais do local onde o projeto será inserido.

A partir dos quadros (03, 04 e 05) é possível analisar a existência de uma hierarquia dos conceitos relativos ao desenvolvimento sustentável na arquitetura e urbanismo. A arquitetura ecológica e bioclimática faz parte da arquitetura sustentável, isto é, toda arquitetura sustentável deve ser ecológica e bioclimática, porém nem toda arquitetura ecológica e bioclimática é sustentável. Estas, uma vez agregadas à infraestrutura verde e à mobilidade urbana de qualidade podem formar as cidades sustentáveis que, por sua vez, estão inseridas nos princípios do urbanismo sustentável e do planejamento ambiental.

Esquema 02 – Conceitos de sustentabilidade na arquitetura e urbanismo. Fonte: O Autor, 2016.



Em seguida, é válido enfatizar que tecnologias e soluções sustentáveis praticadas isoladamente não fazem o projeto arquitetônico ser sustentável. O mais importante a analisar são os processos sustentáveis, ou seja, a forma como as soluções se relacionam com os aspectos do tripé da sustentabilidade: ambiental, econômico, sociocultural.

Para a presente pesquisa foram também delimitadas quatro problemáticas, as quais são formadas por conceitos arquitetônicos, para realizar a avaliação dos estudos de caso. Em entrevista com a arquiteta e Prof. Dr. Dominique Gauzin-Müller – atualmente editora da revista francesa *Ecologik* e professora no curso de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade de Stuttgart - decidiu-se não utilizar como referência as tabelas de avaliação das certificações ambientais citadas anteriormente (*LEED, HQE, AQUA, BREEAM, MINERGIE*), visto que são certificações de alto caráter publicitário.

De acordo com a arquiteta, a valorização da sustentabilidade na arquitetura, propriamente dita, muitas vezes fica em segundo plano. O selo alemão Habitação Passiva é voltado apenas para a questão energética e, portanto, também foi descartado. Optou-se, assim, através da entrevista, por adotar a metodologia abordada na obra de Dominique, *Arquitetura Ecológica (2010)*, com alguns ajustes nas nomenclaturas, onde as problemáticas de análise são definidas em: contexto e lugar; morfologia e funcionalidade; tectônica e materialidade; tecnologia e conforto (**Quadro 06**). As edificações serão analisadas a partir dos respectivos conceitos, os quais serão intercalados com os princípios e aspectos da sustentabilidade explicados anteriormente no quadro 02 (ambiental, social, econômico e político).

Após a análise separadamente de cada uma das problemáticas arquitetônicas do edifício em questão, a pesquisa pretende avaliar o quanto as problemáticas estão envolvidas com os aspectos da sustentabilidade. Assim, é possível estabelecer aproximadamente o grau de sustentabilidade de cada edificação, a partir da tabela de avaliação, onde os aspectos e as problemáticas são intercalados. Para cada relação positiva entre problemáticas arquitetônicas e aspectos sustentáveis, é fornecida uma pontuação na tabela do edifício (variável entre 0% e 100%, por item, onde cada losango equivale a 20%), e por fim, através da média aritmética, é possível obter, em porcentagem, o grau de sustentabilidade da edificação (**Quadro 07**).

Quadro 06 – Problemáticas e conceitos arquitetônicos adotados na pesquisa para avaliação dos estudos de caso.

Fonte: Gauzin-Müller, 2010. Edição: O Autor, 2016.

<b>PROBLEMÁTICAS E CONCEITOS ARQUITETÔNICOS</b>	
<b>CONTEXTO E LUGAR</b>	Refere-se à integração do edifício às características do meio ambiente imediato, com objetivo de reduzir ao máximo o impacto da nova construção no local. Os conceitos abordados são: integração com o entorno; inserção na paisagem; orientação (insolação e ventilação); acessos (vias, transporte público, estacionamento).
<b>MORFOLOGIA E FUNCIONALIDADE</b>	Aborda o desenho arquitetônico e formas volumétricas do edifício em questão, com objetivo de trazer soluções ecológicas, bioclimáticas e sustentáveis desde a fase inicial do desenho. Aborda os seguintes conceitos: forma, elevação, superfície; relação entre cheios e vazios; conexão entre interior e exterior.
<b>TECTÔNICA E MATERIALIDADE</b>	Refere-se ao sistema construtivo e materiais utilizados para a construção do edifício. A escolha dos materiais deve ser realizada de acordo com critérios técnicos, econômicos e estéticos, aos quais se unem critérios ambientais. Os conceitos aqui analisados são: sistemas e materiais que economizem energia; uso e manutenção de materiais recicláveis e matérias-primas locais.
<b>TECNOLOGIA E CONFORTO</b>	Analisa o uso de tecnologias externas agregadas ao edifício, com objetivo de favorecer ao conforto dos ambientes internos, sem prejudicar o caráter ecológico, bioclimático e sustentável da arquitetura. Os conceitos abordados são: utilização de energias renováveis; gestão de águas (potáveis e não potáveis); sistemas de aquecimento e refrigeração; sistemas de iluminação e acústicos; gestão sanitária e gestão de resíduos (lixo e reciclagem).

Quadro 07 – Tabela de avaliação do nível de sustentabilidade do edifício. Fonte: O Autor,

<b>ASPECTOS</b>	<b>AMBIENTAL</b>	<b>SOCIAL</b>	<b>POLÍTICO</b>	<b>ECONÔMICO</b>	<b>RESULTADO</b>
<b>CONTEXTO E LUGAR</b>					
<b>MORFOLOGIA E FUNCIONALIDADE</b>					
<b>TECTÔNICA E MATERIALIDADE</b>					
<b>TECNOLOGIA E CONFORTO</b>					
<b>RESULTADO</b>					

# **3 > Política Sustentável Aplicada: o caso da Alemanha**

### 3.1. Soluções sustentáveis na Alemanha: contextos e diretrizes

Ao buscar compreender as soluções, os sistemas e os processos sustentáveis adotados pelos arquitetos para uma melhor arquitetura, é necessário conhecer o contexto climático no qual o projeto encontra-se, visto que as decisões tomadas na questão do conforto arquitetônico estão diretamente relacionadas à geografia local.

Localizada na Europa Central, a Alemanha é banhada pelo Mar do Norte (a noroeste) e Mar Báltico (a nordeste) e faz fronteira com outros nove países europeus: ao norte, Dinamarca; ao sul, Áustria e Suíça; a leste, França, Luxemburgo, Bélgica e Holanda; ao oeste, Polônia e República Tcheca. O país é dividido em 16 Estados, dentre os quais, três deles são cidades-estados - Berlin, Bremen e Hamburgo. Na região norte estão os Estados *Schleswig-Holstein*, *Mecklemburgo-Pomerânia Ocidental*, *Baixa Saxônia*, *Bremen* e *Hamburgo*; ao leste, *Saxônia-Anhalt*, *Saxônia*, *Brandemburgo* e *Berlim*; na região central localizam-se os Estados de *Hessen* e *Turingia*; ao oeste, *Renânia do Norte Vestfália*, *Renânia Palatinado* e *Sarre*. E ao sul, os Estados *Baden-Württemberg* e *Baviera*. **(Fig. 03)**



Figura 03 – Localização geográfica da Alemanha, na Europa.  
Fonte: Wikimedia Commons, 2015. Edição: O Autor, 2015.

De acordo com a definição climática de Köppen-Geiger, a Alemanha apresenta clima temperado predominantemente frio. Ao oeste, o país recebe influência marítima do Mar do Norte e o clima é caracterizado por temperado oceânico. A temperatura média anual encontra-se em torno de 7 °C e 10 °C, com invernos amenos e verões úmidos, onde se localiza a cidade de Hamburgo, Hanôver e Frankfurt (DWD, 2016). As temperaturas elevadas do clima temperado oceânico alcançam também a região sudoeste da Alemanha, onde se localiza a cidade de Freiburg e Stuttgart, devido à concentração das cordilheiras nas regiões sul e leste, que bloqueiam as camadas frias continentais. Ao leste, predomina a influência do clima temperado continental, caracterizado por temperatura média anual em torno de 4 °C e 7 °C, alta amplitude térmica, verões quentes e invernos rigorosos, onde se localiza a capital Berlim e o estado da Baviera (DWD, 2016). A Alemanha também apresenta regiões de Alpes, no extremo sul e em pontos centrais do país, onde o clima é chamado por Continental Frio e Clima de Tundra, caracterizados por temperatura média anual abaixo de 4 °C devido às altas altitudes. **(Fig. 04)**

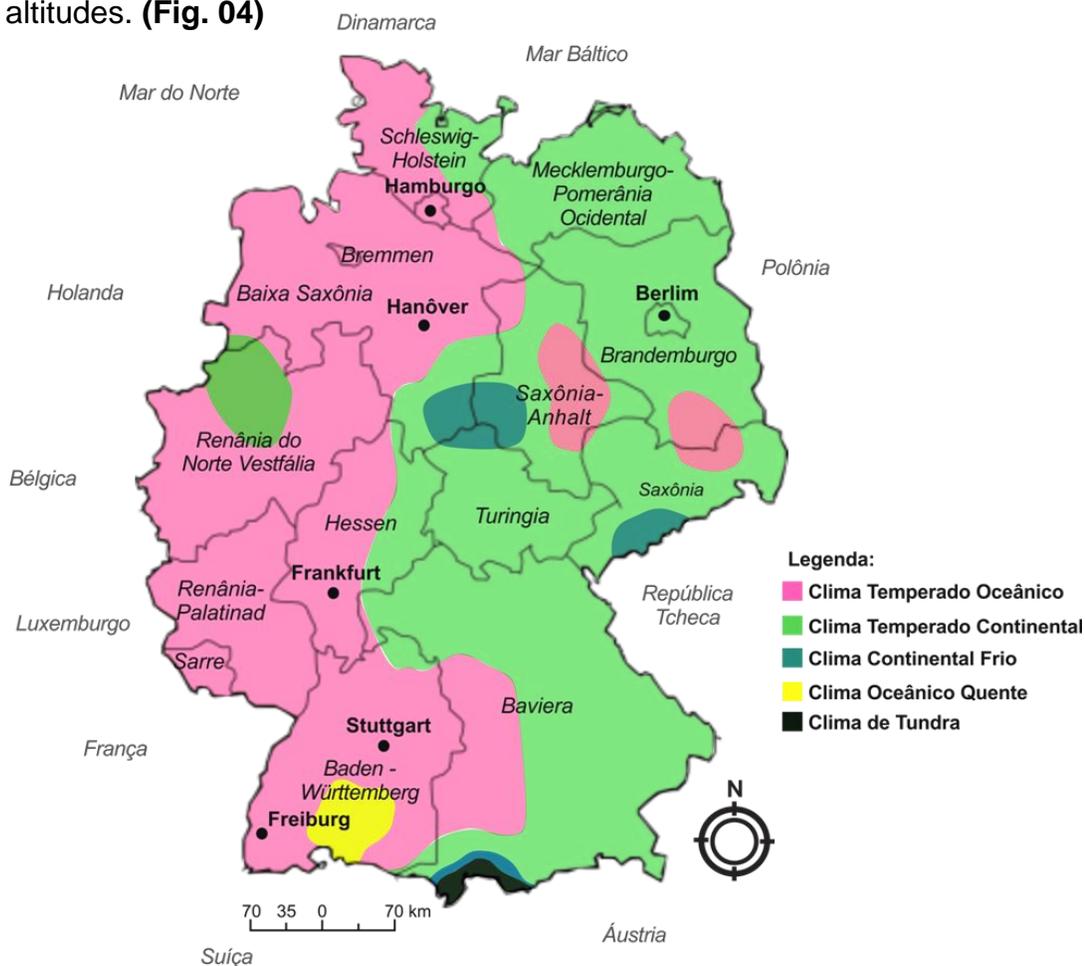


Figura 04 – Mapa de climas da Alemanha, de acordo com Köppen. Redesenho do Autor, 2016. Fonte: *Wikimedia Commons*, 2016.

Os edifícios arquitetônicos, apresentados na pesquisa, encontram-se em cidades de clima temperado predominantemente frio. No entanto, climas temperados também são marcados por meses quentes no verão (de junho à agosto), com temperaturas que podem ter picos de até 40 °C. A arquitetura ideal para climas temperados deve, portanto, apresentar materiais e soluções que forneçam conforto ambiental tanto nos dias quentes de verão, quanto no extremo frio de inverno.

A radiação solar é também um fator a ser considerado. O eixo de rotação da Terra não é perpendicular ao plano da órbita, apresentando uma inclinação de 23,5° em relação ao eixo longitudinal do planeta. Assim, os países próximos ao Trópico de Câncer (hemisfério norte) e ao Trópico de Capricórnio (hemisfério sul) têm os dias mais longos do que as noites, no verão (solstício de verão), e noites mais longas do que os dias, no inverno (solstício de Inverno). No caso da Alemanha (localizada acima do Trópico de Câncer), o aproveitamento solar durante os meses de verão é satisfatório. No entanto, entre os meses de setembro e maio (outono, inverno e primavera), temperaturas baixas são predominantes e, portanto, deve-se aproveitar ao máximo a escassa iluminação solar, que é prevalente no hemisfério sul. Ou seja, os edifícios obtêm um maior ganho de luz solar através da orientação sul.

Através do gráfico de insolação da cidade de Freiburg, por exemplo, observa-se que as fachadas voltadas para o norte, na Alemanha, só recebem radiação solar durante os meses de primavera e verão (de 21 de março até 23 de setembro). No solstício de verão (22 de junho), as fachadas norte recebem a maior quantidade de radiação solar, desde o nascer do sol (em torno das cinco horas) até às sete e meia, aproximadamente, e posteriormente, das dezesseis horas até o pôr do sol (em torno das vinte e uma horas). Por outro lado, as fachadas voltadas para o sul recebem radiação solar durante todos os meses do ano (**Fig. 05**).

Para as edificações faz-se importante também definir a exposição solar e o ângulo de incidência dos raios solares que determinam a intensidade da radiação. No Hemisfério Norte, durante o solstício de verão, a altura solar é mais elevada, a trajetória solar é mais longa e os raios solares têm incidência quase perpendicular ao topo das edificações. Durante o solstício de inverno, a altura solar é mais baixa, a trajetória solar

é mais curta e os raios solares não alcançam o topo das edificações, com predominância de incidência solar nas fachadas dos edifícios (Fig. 05, 06).

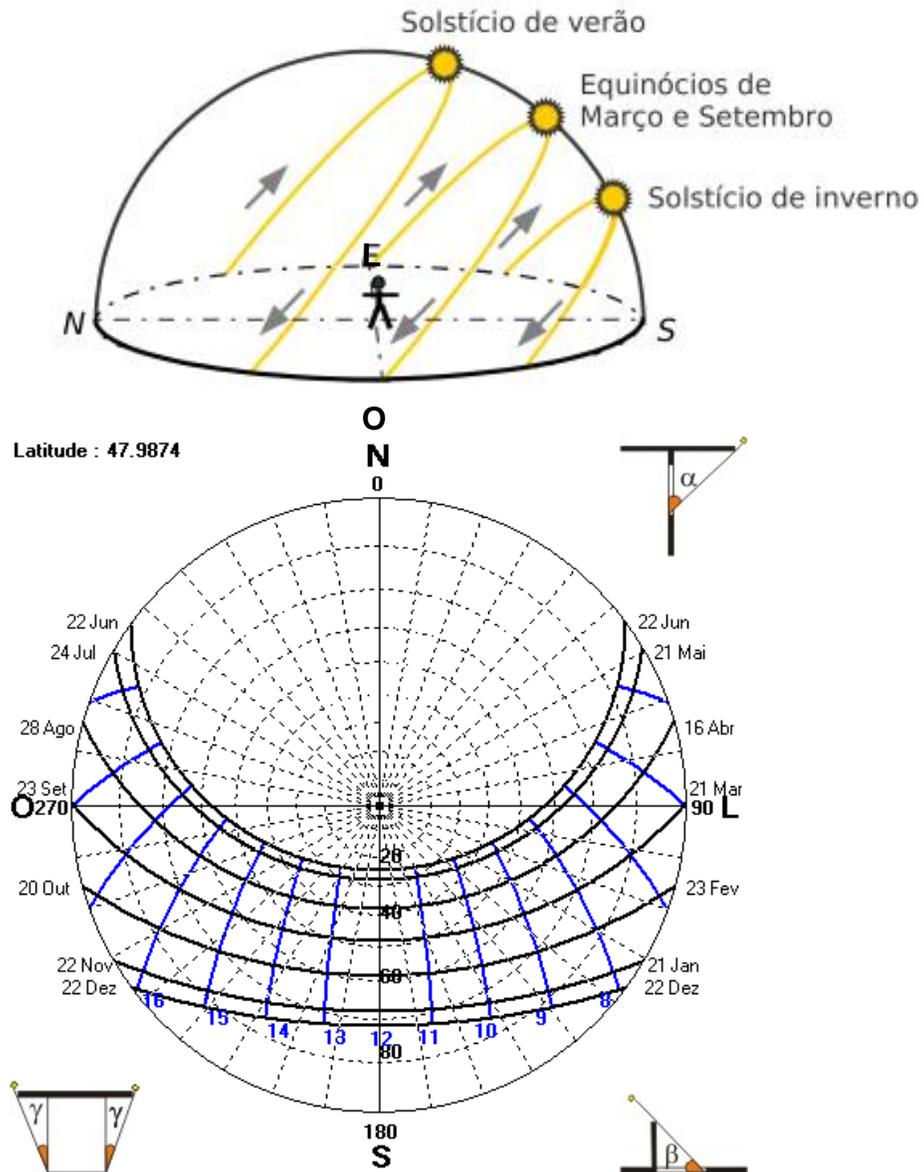


Figura 05 – Trajeto aparente do sol no hemisfério norte.  
Gráfico de insolação da cidade de Freiburg.  
Fontes: [cienciae.usp.br](http://cienciae.usp.br), acesso em 02.05.16.  
Analysis SOL-AR, 2016.

Diferentemente do clima tropical quente, a população do clima temperado não questiona o calor solar como indesejável ou incômodo, visto que a radiação é bastante escassa ao longo do ano. Durante o inverno, a radiação deve ser aproveitada para

manter os ambientes aquecidos com o mínimo uso de aquecedores e durante o verão, os raios solares amenizam o uso da iluminação artificial, além de, em alguns casos, serem aproveitados para transformação da energia solar em energia elétrica. Para o conforto na arquitetura em climas temperados é indispensável o uso de materiais translúcidos, de preferência nas fachadas sul e oeste – orientações que recebem maior quantidade de radiação solar ao longo do ano. Terraços, varandas e grandes esquadrias de vidros duplos ou triplos também devem ser preferencialmente voltados para sul e oeste, a fim de obter tanto conforto térmico, quanto economia energética. Os vidros devem ter baixa emissividade e alta transmissão. O calor deve ser armazenado, através da utilização de materiais acumuladores (concreto, terra, pedra) e o isolamento térmico e estanqueidade devem ser reforçados (MACGREGOR, 2005). Embora escassas, temperaturas altas extremas são possíveis em alguns dias do verão e, portanto, proteção solar, através de beirais, quebra-sóis, varandas, toldos, persianas e sombreamento vegetal, também são fundamentais (**Fig. 06**).

- 1 – Permitir entrada dos raios solares, no inverno
- 2 – Aproveitar a radiação através de coletores solares
- 3 – Vidros duplos ou triplos
- 4 – Armazenar o calor
- 5 – Isolamento térmico e estanqueidade reforçados
- 6 – Controle solar, no verão, através de beirais, quebra-sóis, varandas, etc.

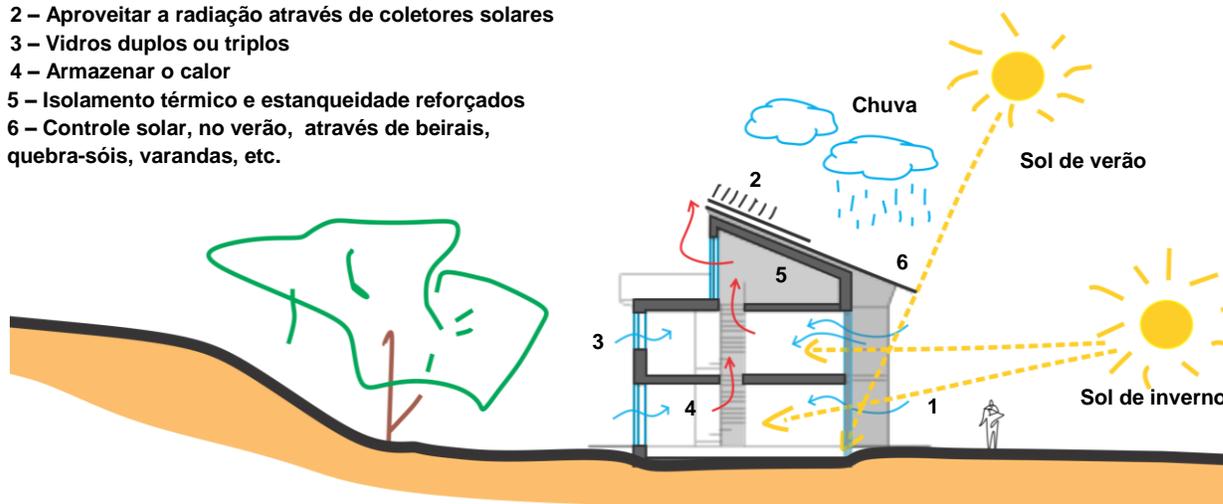


Figura 06 – Princípios bioclimáticos. Fonte: O Autor, 2016.

No contexto ecológico, materiais pré-moldados, modulados, estruturas metálicas e madeira favorecem construções secas e canteiros de obras limpos, com maior controle da poluição e dos resíduos. A construção em madeira de reflorestamento tornou-se um dos materiais de maior uso na Europa, pois além de ser ótimo isolante

térmico para climas frios, favorece ao desenvolvimento sustentável, já que permite minimizar as emissões do gás carbônico na atmosfera. De acordo com Gauzin-Müller (2010),

Segundo o Centro Nacional para o Desenvolvimento da Madeira (CNBD), da França, 1 tonelada de madeira usada na construção representa cerca de 1,6 toneladas de CO<sub>2</sub> a menos na atmosfera. Se a madeira é queimada no final do ciclo, o gás carbônico estocado pela árvore volta para atmosfera. Podemos então considerar que o peso da madeira em relação ao aquecimento global é nulo, enquanto o de outros materiais é positivo, pois sua produção necessita de muita energia e, portanto, libera gás carbônico. (GAUZIN-MÜLLER, 2010, p.18)

Apesar de desfavorecida quanto à iluminação natural, a política ecoindustrial alemã aproveita os raios solares ao máximo para redução do consumo energético, ao transformar energia solar em energia elétrica, com a utilização dos painéis fotovoltaicos. A energia elétrica é produzida através de semicondutores fabricados com compostos de silício. Os painéis podem ser instalados nas fachadas ou coberturas da edificação e produzem eletricidade para necessidades dos ambientes internos (chuveiro elétrico, iluminação, fogão, máquinas de lavar e outros aparelhos elétricos), além de poder fornecer energia para a rede pública. Os painéis ainda adéquam-se às respectivas composições arquitetônicas e servem de sombreamento dos terraços, varandas e janelas, como é o caso do Condomínio Solar em Freiburg.

Inicialmente caros, o sistema parecia inviável para arquitetura, no entanto, devido à alta produção de incentivo público, a Ação Nacional da Alemanha para Energias Renováveis (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG) reduziu os custos do sistema fotovoltaico, que chegaram a cair 50%, de 2000 até 2010 (HAGEMANN, 2007). O sistema fotovoltaico poderia ter implicações interessantes nos países em desenvolvimento ensolarados, de clima predominantemente quente, que carecem de fontes de energia.

Além das diretrizes bioclimáticas, a Alemanha dispõe de duas importantes certificações ambientais para construção, que servem de roteiro para o planejamento de uma arquitetura mais sustentável no país: o selo Habitação de Baixa Energia e o selo Habitação Passiva.

O selo Habitação de Baixa Energia, concretizado em 1999, é concebido para edifícios com um consumo de calefação inferior a 65kWh/m<sup>2</sup>/ano, 25kWh/m<sup>2</sup>/ano para a água quente e 30kWh/m<sup>2</sup>/ano para iluminação, equipamentos domésticos e ventilação mecânica. A habitação de baixa energia consome aproximadamente 57% menos energia do que uma edificação dos anos 1980 e 35% em relação às habitações dos anos 1990, visto que a regulamentação alemã de 1982 estipulava um valor máximo de 150kWh/m<sup>2</sup>/ano e após novas exigências, em 1995, o valor foi reduzido para 100kWh/m<sup>2</sup>/ano. De acordo com Gauzin-Müller (2010), os princípios de projeto para obtenção do selo Habitação de Baixa Energia são: integração do conceito energético desde o início do projeto; forma compacta; isolamento térmico reforçado; redução das pontes térmicas; estanqueidade do ar; utilização eficiente da energia solar passiva; instalações técnicas eficientes e de fácil utilização; aparelhos sanitários de baixo consumo de água; equipamentos elétricos eficientes; escolha de materiais de construção recicláveis, que demandem pouca energia desde produção até a utilização.

Globalmente, a habitação de baixa energia é mais econômica do que uma habitação convencional. Desde 1992, a cidade de Freiburg decretou que todas as habitações construídas no município deveriam atender aos princípios do selo Habitação de Baixa Energia (GAUZIN-MÜLLER, 2010). Em Stuttgart, a Residência Schlude, apresentado na pesquisa, por exemplo, também atende às exigências do selo Habitação de Baixa Energia (**Fig. 07**).



Figura 07 – Residência Schlude.  
Fonte: schlude.de, acesso em 26.06.16

O selo Habitação Passiva (em alemão, *Passivhaus*) é um selo europeu, que surgiu em Hesse, região centro-oeste da Alemanha, por iniciativa de Wolfgang Feist engenheiro e diretor do *Institut für Passivhaus* (Instituto para Habitação Passiva), no final da década de 1980. As primeiras residências a obterem o selo foram construídas em 1991, na cidade de Darmstadt-Kranichstein, casas geminadas, desenhadas em geometria simples e compacta, com alto isolamento térmico. As residências ainda eram compostas por um sistema de ventilação mecânica de fluxo duplo com trocador de calor e coletores solares para produção de água quente (**Fig. 08**). O projeto das residências foi realizado por Wolfgang Feist, juntamente aos arquitetos Bott, Ridder e Westermeyer.



Figura 08 – Residência em Darmstadt-Kranichstein.  
Fonte: [passiv.de](http://passiv.de), acesso em 18.07.16

Visto que o selo Habitação Passiva é relacionado diretamente ao consumo energético, independente da questão climática, diversos edifícios pela Europa e pelo mundo já receberam o selo, assim como várias edificações que fizeram parte da Exposição Universal de Hanôver, em 2000. Em Freiburg, cerca de cinquenta residências, em uso, tem o selo Habitação Passiva, das quais dezesseis fazem parte do edifício *Habitação e Trabalho*, em Vauban (GAUZIN-MÜLLER, 2010) – projeto apresentado no segundo capítulo da pesquisa.

De acordo com Wolfgang Feist (2015), um edifício para ser considerado uma habitação passiva deve seguir os seguintes critérios: o consumo de calefação anual não deve ultrapassar 15kWh/m<sup>2</sup>; o consumo energético total de todas as necessidades domésticas não deve exceder 120kWh/m<sup>2</sup>/ano; o edifício deve manter a estanqueidade do ar e conforto térmico em todos os ambientes, no inverno e no verão, com

temperatura em torno de 25 °C. Todos os critérios são adquiridos através de um planejamento inteligente e implementação dos cinco princípios da habitação passiva:

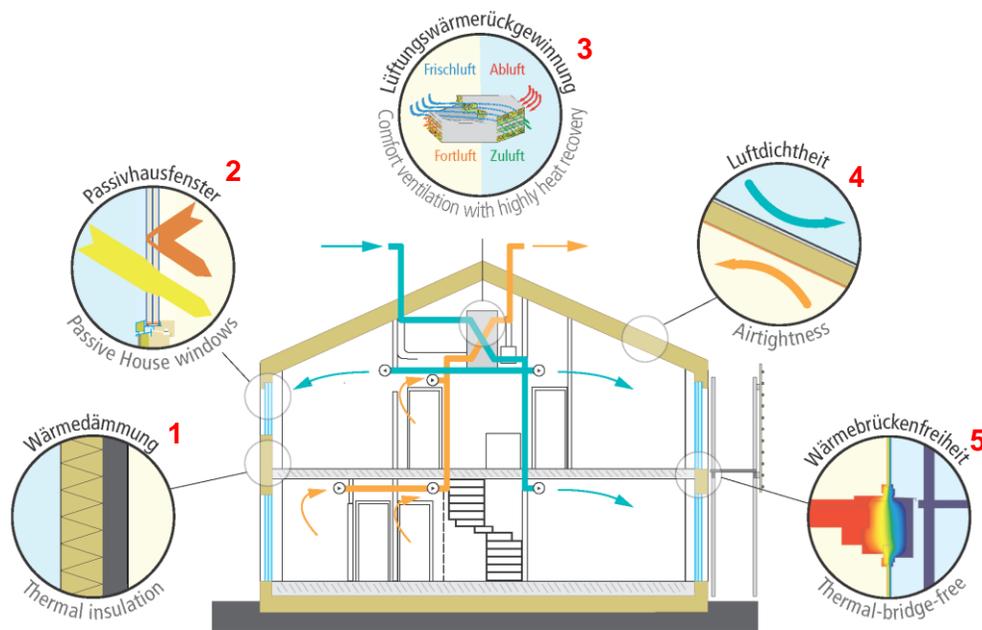
1 - eficiente isolamento térmico (geralmente de 35 a 40cm de lã mineral ou poliuretano expandido);

2 – janelas em vidro triplo (permitem a entrada de luz solar, aquecem os ambientes internos e evitam a saída do ar quente);

3 – ventilação com recuperação do calor (em habitações passivas, 75% do calor do ar aquecido é fornecido como ar fresco novamente para os ambientes, através de um trocador de calor);

4 – estanqueidade do ar do edifício;

5 – eliminação das pontes térmicas (todas as margens, esquinas, conexões e penetrações devem ser detalhadas e executadas de forma que pontes térmicas sejam evitadas ou minimizadas ao máximo (**Fig. 09**).



1 – Isolamento Térmico 2 – Janelas em vidro triplo 3 – Recuperação do calor  
4 – Estanqueidade do ar 5 – Eliminação das pontes térmicas

Figura 09 – Habitação Passiva - critérios  
Fonte: Passivhaus Institut, 2015

### 3.2 Sustentabilidade em edificações de alto custo (*high-tech*)

Arquitetura e desenvolvimento urbano sustentável sempre se desenvolveram juntamente a diversas tecnologias. Muito esforço foi investido para projetar edifícios com temperaturas confortáveis no interior com ajuda dos sistemas de aquecimento, ventilação e refrigeração, em consideração aos fatores climáticos externos.

De acordo com Drexler e El Khouli (2012), uma vez que os edifícios não conseguem utilizar os recursos naturais disponíveis no ambiente imediato (ventilação e insolação), os mesmos só podem ser construídos a partir de soluções tecnológicas. Em zonas de clima frio e temperadas, edifícios mal isolados consomem energia desnecessária para o aquecimento, enquanto que em zonas de clima quente e tropical, edifícios insuficientemente protegidos da radiação solar devem ser constantemente refrigerados.

A arquitetura sustentável tem encontrado na tecnologia diferentes abordagens, conhecidas como arquitetura de alto custo tecnológico (*high-tech*) e de baixo custo tecnológico (*low-tech*). A primeira utiliza-se cada vez mais de soluções altamente sofisticadas e industrializadas; enquanto a segunda explora o potencial de construção da madeira combinado com outros materiais e preocupações sobre o conforto ambiental, por meio de soluções arquitetônicas.

Durante as últimas décadas, a arquitetura de alto custo em tecnologia tem se tornado mais desejável e também o requisito mais comum para projetos de diversas edificações, tais como edifícios de escritórios e aeroportos, já que esta atitude é suportada por um pensamento positivista, o qual assume que todos os problemas podem ser resolvidos através da implementação de determinada tecnologia.

Soluções de alto custo tecnológico são normalmente utilizadas no final do processo, no entanto, é melhor desenvolver soluções ecológicas para obter o melhor aproveitamento de iluminação natural desde a primeira fase do projeto, ao invés de instalar e utilizar, futuramente, um sistema de iluminação altamente eficiente. (DERXLER E EL KHOULI, 2012).

### 3.2.1 Frankfurt e o Edifício Commerzbank.

De acordo com Friederich e Langer (2012), estatisticamente, Frankfurt é a quinta cidade mais populosa da Alemanha, com 670.000 habitantes, no entanto, a cidade é uma aglomeração econômica com mais de 44.000 empresas e 490.000 empregos. Ademais, aproximadamente 320.000 trabalhadores adicionais viajam para a cidade diariamente, número muito maior do que qualquer outra cidade alemã.

Por conta da localização privilegiada, no centro da Europa Central (**Fig. 10**), Frankfurt apresenta um intenso tráfico aéreo, assim como grande fluxo nos transportes ferroviários e rodoviários. Com área de 248.31 km<sup>2</sup>, a cidade é cortada pelo Rio Main, além de apresentar ao norte a Cordilheira *Taunus* e ao sul a Floresta da Cidade de Frankfurt, fatores que influenciam diretamente no contexto climático da cidade.

O clima predominante é o temperado oceânico, com temperaturas médias de 24.5 °C no verão e -1.0 °C no inverno.

Apesar da grande concentração de edifícios altos - todos praticamente no clássico modelo europeu contemporâneo de estrutura metálica e fachadas com fechamentos em vidro – Frankfurt impressiona por ser também uma cidade predominantemente horizontal, com rios, parques verdes e grande massa arbórea entre as edificações (**Fig. 11, 12, 13**).



Fig. 11 – Cidade de Frankfurt cortada pelo Rio Main.  
Fonte: Friederich & Langer, 2012.

Fig. 10 – Localização de Frankfurt.  
Fonte: O Autor, 2016 (a partir de um mapa base).



Fig. 12 – Vista panorâmica de Frankfurt – Predominância de edifícios baixos. Foto: O Autor, 2015.



Fig. 13 – Cidade de Frankfurt – Edifícios Verticais. Foto: O Autor, 2015.

O consumo energético e emissões de gás carbono são, de fato, uma problemática pertinente na cidade, uma vez que é comparativamente alto em relação às outras grandes cidades europeias. No entanto, as edificações em Frankfurt estão cada vez mais desenvolvidas em eficiência energética e a cidade, atualmente, apresenta o maior número europeu de projetos construídos com o selo Habitação Passiva, onde estão incluídas mil residências, escolas, creches, ginásios esportivos e edifícios comerciais.

Em termos de arquitetura sustentável, destacam-se o Commerzbank (apresentado aqui como estudo de caso), o complexo residencial e empresarial *Sophienhof* (**fig. 14**), finalizado em 2006. Este é, atualmente, o maior complexo arquitetônico da Alemanha construído no padrão de Habitação Passiva. A cada dois anos, a cidade de Frankfurt também premia arquitetos e empreendedores com a premiação de arquitetura “Green Building Frankfurt”, especialmente para edificações inovadoras e sustentáveis, residenciais e não residenciais.

O sistema de transporte de Frankfurt é bem eficiente, com uma extensa rede pública de ônibus, metrô e trens. Diferentemente de outras cidades alemãs (Hamburgo, por exemplo), grande parte dos moradores (64%) locomove-se da casa para o trabalho sem carro, onde 32% dos residentes utilizam-se do transporte público e o restante faz o trajeto de bicicleta ou andando. A rede de transporte público local de Frankfurt chega a 3.1 km, por quilometro quadrado, enquanto que a média europeia é de 2.4km (**fig. 15**) (FRIEDERICH e LANGER, 2014).



Fig. 14 – Sophienhof, Frankfurt.  
 Fonte: sika.com, acesso em 28.09.15



Fig. 15 – “Trams” – Um dos tipos de transporte público de Frankfurt. Foto: O Autor, 2015.

O governo de Frankfurt é também bastante engajado em políticas sustentáveis de uso do solo, tendo por objetivo preservar as áreas verdes existentes, assim como expandi-las. Nos próximos anos, uma nova “rota verde” está para ser estabelecida na zona leste da cidade, entre o *Ostpark* e o *Mainufer* (margem do Rio Main). Atualmente, as duas áreas são separadas por linhas de trens desativadas e a principal rota (661) que conecta os espaços ainda é bastante precária para quem deseja andar a pé ou de bicicleta, uma vez que é utilizada como uma artéria de tráfico intenso, porém com a nova “conexão verde” espera-se que esta lacuna na paisagem seja superada (**Fig. 16**).



Fig. 16 – Localização do *Ostpark* e Rio Main.  
 Fonte: Google maps, 2015.

## Edifício Commerzbank

*Foster + Partners, 1992-1998.*

Aparentemente, este edifício é apenas mais um belo arranha-céu que impacta pela verticalidade e fachadas marcantes. O então mais recente projeto para o Commerzbank em Frankfurt, no entanto, é um edifício único: recebe luz solar e ventilação natural em grandes volumes, apresenta um átrio interno que compreende toda a torre e cada escritório ou ponto de trabalho tem uma vista particular para o exterior. Ademais, jardins são distribuídos verticalmente ao longo da torre e transformam, assim, o ambiente de trabalho de toda edificação. **(Fig. 17)**



Fig. 17 – Edifício Commerzbank, em Frankfurt.  
Fonte: O Autor, 2015.

### ▪ Contexto e Lugar

Uma vez que grandiosos edifícios são reflexos muito mais das prioridades sociais, políticas e econômicas do que das ambições arquitetônicas ou comerciais, o Commerzbank é, a princípio, um arranha-céu de caráter humano e social. É a personificação física das constantes negociações entre os frequentes interesses conflitantes dos seus clientes, usuários, assim como, da sociedade em torno do edifício.

O Commerzbank é um edifício urbano. Poderia ter sido apenas mais um edifício na paisagem, porém o mesmo contribui positivamente para o desenvolvimento da cidade e acomoda-se à malha urbana existente, assim como à “família” de edifícios altos que fazem parte da linha do horizonte da cidade de Frankfurt. Visto que se encontra nas proximidades de edifícios históricos, a base da torre é quase completamente escondida por edifícios baixos, os quais mantêm a continuidade e a escala do entorno imediato. Ao sul e à leste, os edifícios existentes foram conservados, entretanto, as construções voltadas para norte e oeste foram demolidas. **(Fig. 18)**



Fig. 18 – Área do Commerzbank antes do início da construção. Edificações históricas a sul e leste (lado esquerdo) foram mantidas. Fonte: Davies & Lambot, 1997

Localizado em uma quadra formada por ruas de pequeno porte - *Kirchnerstrasse*, *Neue Mainzerstrasse*, *Grosse Gallustrasse* (voltada para fachada da entrada principal) e *Kaiserstrasse* (rua de tráfico mais intenso, porém voltada para a fachada posterior do edifício) - o edifício já ganha destaque por não ter sido projetado em função do automóvel. Devido à privilegiada localização, próximo a estações de metrô, ônibus e trams, além da possibilidade de caminhar até o edifício a partir da estação central, foram disponibilizadas apenas 300 vagas para automóveis e 200 vagas para bicicletas (Fig. 19).

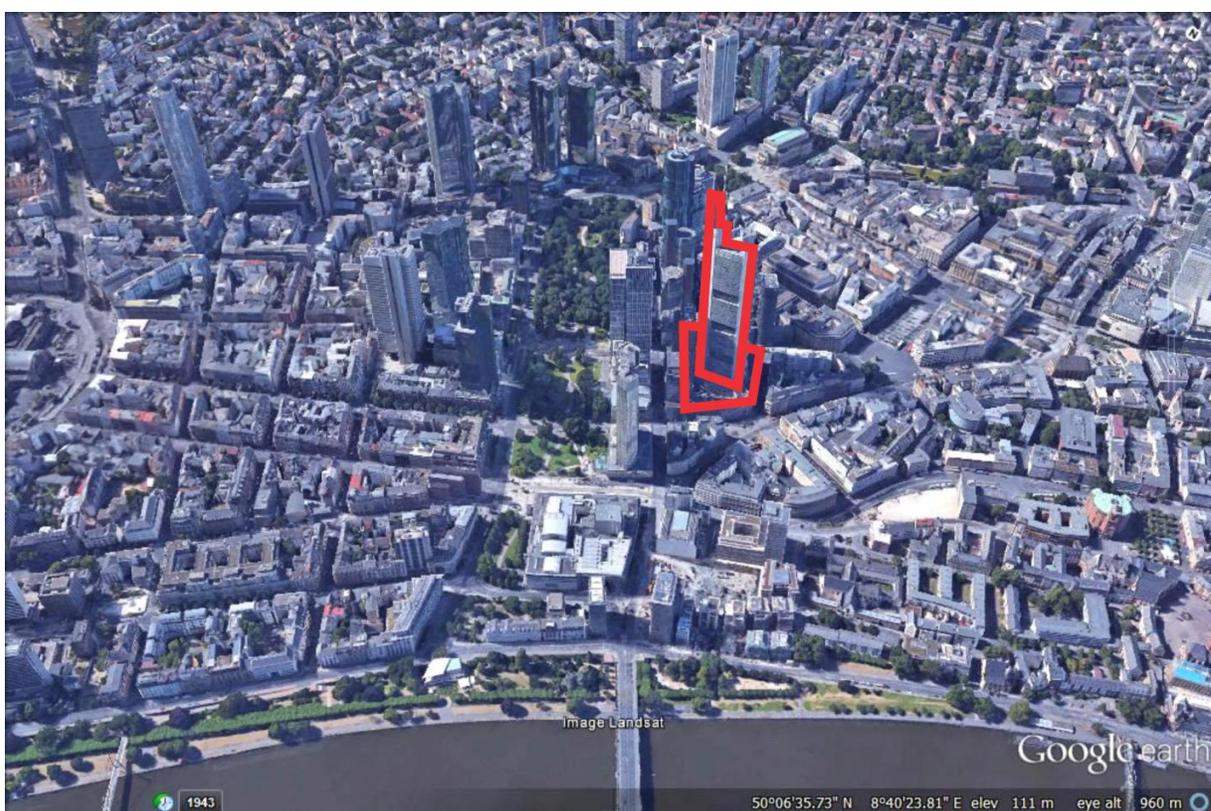


Fig. 19 – Edifício do Commerzbank e entorno imediato.  
Fonte: Google Earth, acesso em 06.06.2016.

O edifício Commerzbank pertence também a uma área provida de infraestrutura verde, com ampla massa vegetativa que, juntamente ao Rio Main, contribui para equilibrar o microclima ocasionado pela concentração de edifícios altos.

Na **figura 20**, os triângulos em amarelo representam a localização das estações de metrô, trem e tram, onde ao se conectarem formam um polígono estratégico para o transporte público, no qual o edifício esta inserido. Em laranja, estão marcados os edifícios altos de mesmo porte do Commerzbank, enquanto que o restante são edificações baixas e, em grande parte, históricas. A concentração de massa vegetativa está marcada em verde e também é possível encontrar vegetação à beira do rio. Este, em azul, apresenta forte conexão com o Commerzbank, uma vez que os lotes que seguem o rio são formados por edificações baixas, ou seja, sem construção de barreiras entre o corpo d'água e o edifício.



Legenda:

Edifício Commerzbank   Edifícios altos   Edifícios baixos   Área verde   Rio   Estações de metro, trem e tram

Fig. 20 – Análise do Edifício do Commerzbank no entorno imediato.  
Fonte: Google Earth. Edição: O Autor, 2016.

### ▪ **Morfologia e Funcionalidade**

No final da década de 1980, os negócios bancários do Commerzbank passaram a crescer e transformar-se aceleradamente. Novos produtos financeiros eram desenvolvidos e vendidos, enquanto ao mesmo tempo novas tecnologias reduziam a necessidade de empregados. O banco não precisava de mais espaço, porém necessitava de um espaço diferente: escritórios que facilitassem a comunicação interna e incentivasse a criatividade dos trabalhadores.

As condições iniciais para o edifício do Commerzbank definiam que o arranha-céu deveria, primeiramente, ser um projeto arquitetônico de estatura internacional, assim como fornecer algo para a cidade, em forma de espaço público. Em seguida, e mais importante, uma ampla variedade de aspectos ecológicos deveria ser inserida no projeto antes da aprovação ser concedida (DAVIES & LAMBOT, 1997).

Na Alemanha, a eficiência energética das edificações é uma questão política. A insistência no mínimo gasto energético, por exemplo, tem se tornado um recurso padrão para todos os edifícios públicos, de grande ou pequeno porte. Tal fato, portanto, foi o principal desafio para os arquitetos participantes da competição: projetar um dos primeiros arranha-céus do mundo com ventilação e iluminação natural. Porém, outras ideias importantes foram consideradas.

À parte dos habituais dados quantitativos – superfície construída útil de 70.000 m<sup>2</sup>, estacionamento para 300 automóveis e uma altura antecipada de 260 metros – houve um requisito para fornecer uma nova área pública no local e a sugestão de que tetos-jardins poderiam ser usados para compensar a inevitável perda dos espaços abertos. Sugeriu-se também que áreas comuns poderiam ser distribuídas ao longo do edifício, onde cada uma serviria a um número limitado de pavimentos de escritórios. Tais ideias, por fim, foram consideradas as mais importantes para definir o projeto vencedor (DAVIES & LAMBOT, 1997).

As limitações prévias foram fundamentais para o desenvolvimento da forma e estrutura do Commerzbank. Inicialmente, um bloco vertical monolítico foi estabelecido, no entanto, uma torre delgada, plana e superficial com núcleo estrutural central seria inflexível em uso e ineficiente em termos de proporção entre parede e piso da área externa. Neste contexto, os arquitetos optaram por outra solução: introduzir um átrio

central o qual forneceria vistas para as áreas internas de escritórios e em seguida, começaram a experimentar uma variedade de formas para as plantas-baixas de acordo com a forma do terreno. A proximidade com a torre retangular existente foi o ponto principal do partido, uma vez que outro edifício de base retangular resultaria, com um edifício de frente ao outro, uma estreita lacuna visualmente desconfortável. Assim, uma torre de base triangular estabeleceria uma relação menos conflituosa entre as duas edificações (DAVIES & LAMBOT, 1997). **(Fig. 21 e 22).**



Fig. 21 – Contraste entre o Commerzbank Novo e antigo, este em forma retangular, delgado e menor altura. Fonte: [commerzbank.de](http://commerzbank.de), acesso em 29.02.2016



Fig. 22 – Átrio central da Torre – iluminação e ventilação natural. Foto: O autor, 2015.

A partir dos comentários sugeridos no resumo da competição, sobre tetos-jardins e áreas comuns, definiu-se que, ao edifício de forma aerodinâmica, seriam incorporados jardins de pé-direito quádruplo distribuídos verticalmente, a cada nove pés-direitos (**Fig. 23**). A princípio, os jardins entraram em conflito com a estrutura, já que esta, necessariamente composta por robustos e pesados membros estruturais (colunas, vigas e possíveis contraventamentos), afetaria nos princípios básicos de abertura e transparência de toda e qualquer área verde.

Após uma série de estudos morfológicos e estruturais, o desencontro entre os aspectos foi solucionado: os jardins – ao invés de postos apenas na fachada sul, como previsto – seriam alternados nas três fachadas, rotacionados da maneira a formar um padrão helicoidal em torno do perímetro da edificação. Assim, grande parte da estrutura ficaria concentrada nas três esquinas, conectados aos escritórios e jardins.

Não apenas a solução estrutural tinha sido resolvida, mas também o projeto do Commerzbank apresentava, assim, um diagrama espacial lúcido: espaços internos foram desmembrados e abertos para o exterior em todas as direções; iluminação natural penetrava o átrio por todos os ângulos, criando um poço luminoso e vivo. Em qualquer lugar do edifício que se estivesse, até mesmo nos escritórios internos, existiria uma vista para a paisagem externa através dos jardins; as janelas das paredes envidraçadas dos jardins poderiam ser abertas para permitir a chegada do ar natural até o átrio, com ventilação cruzada independentemente da direção do vento. Ademais, o perfil externo da torre também foi aprimorado, onde os três lados do triângulo apresentam alturas diferentes e criam, assim, uma elegante silhueta.

O *design* do Commerzbank estava pronto. A última decisão a ser tomada foi quanto ao bloco de circulação vertical, o chamado “rabo de peixe”, conectado ao leste do novo edifício, próximo ao existente. No entanto, devido a questões financeiras quanto à racionalização do aquecimento e eficiência energética, os elevadores e escadas foram redistribuídos internamente nos três vértices da torre principal, com escritórios e jardins intercalados entre os espaços de circulação vertical e átrio de ventilação no centro (**Fig. 24, 25**).

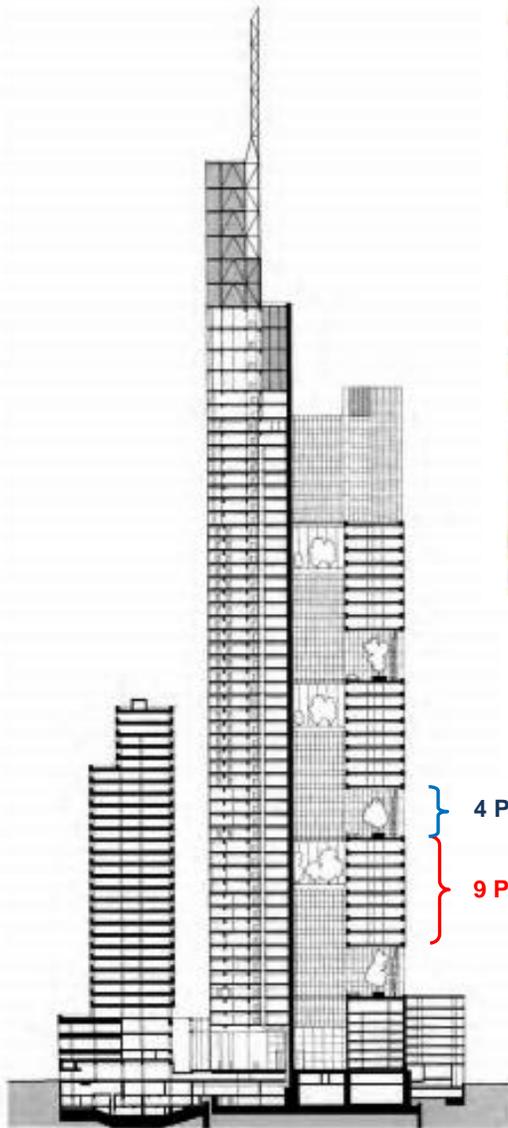
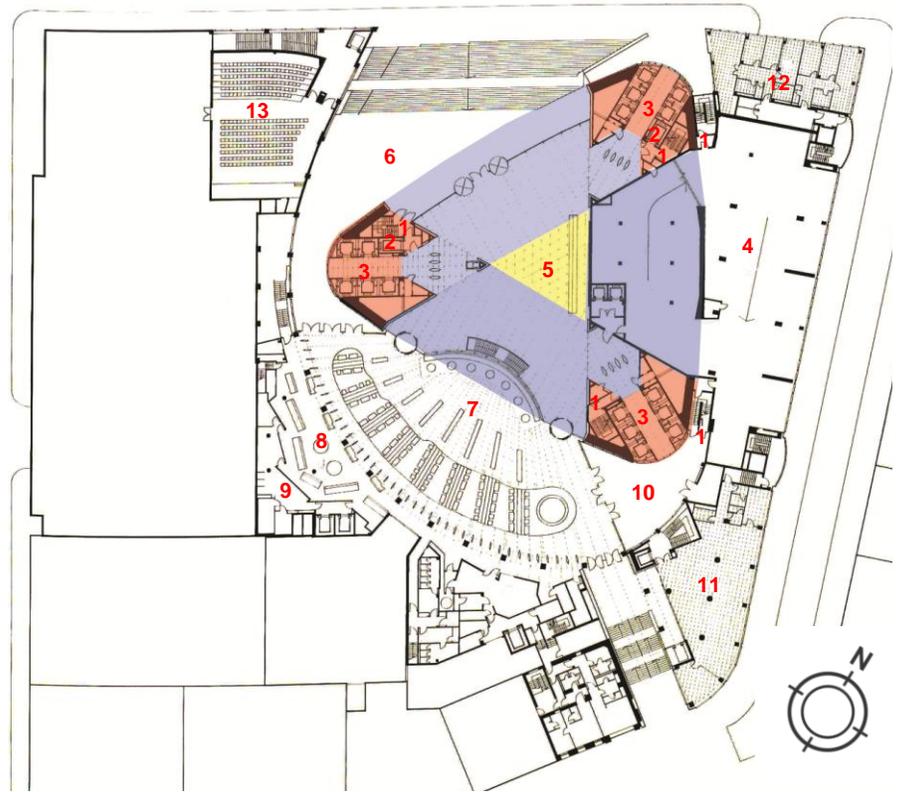


Fig. 23 – Disposição de jardins nas três fachadas.  
Fonte: Davies, 2002.



- |                         |                         |                           |
|-------------------------|-------------------------|---------------------------|
| 1 – Escadas de escape   | 5 – Hall de Entrada     | 9 – Cozinha               |
| 2 – Elevador de Serviço | 6 – Entrada Noroeste    | 10 – Pátio das Esculturas |
| 3 – Elevador Social     | 7 – Praça / Restaurante | 11 – Agência do Banco     |
| 4 – Estacionamento      | 8 - Serviço             | 12 – Apartamentos         |
|                         |                         | 13 - Auditório            |

Fig. 24 – Planta baixa – Piso de entrada principal.  
Fonte: Davies & Lambot, 1997.  
Edição: O Autor, 2016.

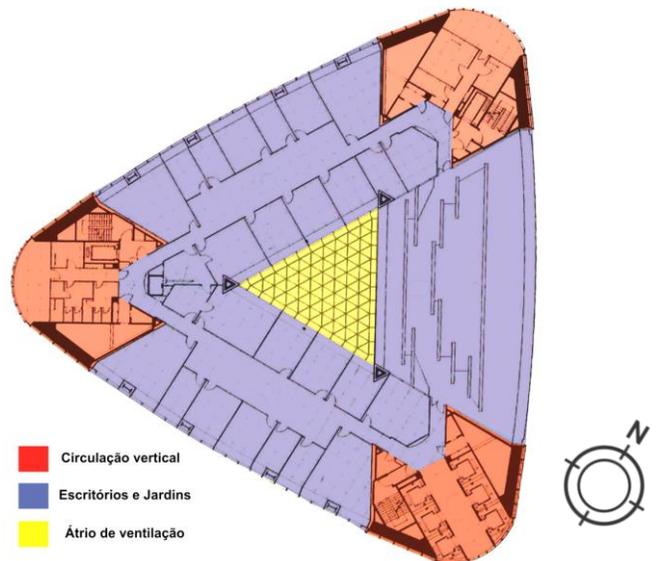


Fig. 25 – Planta de Pavimento Tipo - Disposição das principais funções do edifício.  
Fonte: Davies, 2002.  
Editado pelo Autor, 2016.

- Circulação vertical
- Escritórios e Jardins
- Átrio de ventilação

### ▪ Tectônica e Materialidade

Apesar de todo tamanho e imponência na cidade de Frankfurt, o Commerzbank é um arranha-céu esteticamente agradável. A forma básica do edifício, um monólito triangular curvo, é simples, porém, os diversos elementos funcionais agregados à edificação – as colunas centrais, as esquinas curvas, os jardins e pavimentos de escritórios – são todos claramente articulados através de mudanças na cor e texturas dos revestimentos externos. Cada revestimento apresenta uma função particular e, portanto, emprega diferentes tecnologias.

O revestimento das colunas centrais é o mais simples. Painéis de vidro branco, sem armação e com altura do pé-direito, são fixados através de parafusos a uma armação de alumínio isolada e escondida e, assim, a superfície torna-se plana e lisa ao longo de toda altura do pavimento. O material que reveste as esquinas curvas do edifício tem um trabalho mais complicado a ser feito, uma vez que o revestimento tem que servir uma variedade de diferentes funções e condições: o salão e o poço dos elevadores, assim como, nos pavimentos superiores, os escritórios, lavatórios e casa de máquinas. A estratégia é juntar as diferentes funções em um único sistema de revestimento, o qual se constitui de uma grelha regular metálica – formada por travessas verticais e horizontais - preenchida com diversos tipos de painéis: transparentes ou opacos, lisos ou vazados, isolados ou não isolados. A partir de certa distância, as diferenças são dificilmente percebidas e a unidade visual das esquinas arredondadas é mantida (**Fig. 26 e 27**).



Fig. 26 – Estudo virtual do revestimento da fachada.  
Fonte: Davies & Lambot, 1997



Fig. 27 – Revestimentos em grelha regular metálica das esquinas curvas do edifício.  
Foto: O autor, 2015.

Mais do que um elemento espacial, são os nove jardins de pé-direito quádruplo que dão ao edifício seu caráter humano; estão presentes nas três fachadas e compõem o edifício formando uma helicoidal. Uma vez que ocupam diferentes faces da edificação, cada jardim apresenta distinta orientação solar. Os jardins são orientados para o sul, nordeste e noroeste e, portanto, os arquitetos planejaram uma vegetação variada para responder aos diferentes níveis de exposição solar.

O jardim da fachada sul é o que recebe a maior quantidade de radiação solar durante o ano e consiste principalmente de vegetação mediterrânea. **(Fig. 28, 29)**. A fachada noroeste, que recebe significativa quantidade de radiação solar ao longo do ano, é composta por vegetações norte-americanas, como azinheiras e gramíneas decorativas **(Fig. 30, 31)**. Já a fachada nordeste, que recebe muito pouca radiação solar durante o ano, é formada por vegetação asiática, que se desenvolve bem em ambientes sombreados, como por exemplo, o bambu **(Fig. 32)**. Para assegurar que todas as plantas se mantenham vivas, os jardins são sempre naturalmente ventilados, mesmo quando os interiores estão em modo de ventilação por condicionadores de ar (DAVIES, 2002). Entretanto, os jardins não são espaços completamente abertos para o exterior. Apesar de servirem muito mais como abrigo de caráter externo, do que interno, os mesmos são bastante frios em épocas de outono e inverno e, assim, apresentam também uma fachada protetora, em vidro, quase que imperceptível para os usuários que olham o edifício de longe.

A área dos jardins apresenta revestimentos diferenciados em relação ao resto do edifício. Integrar os espaços verdes ao sistema uniforme de revestimento da edificação seria uma negação a todo conceito arquitetônico e, assim, os jardins apresentam um sistema de revestimento próprio: uma divisória envidraçada, recuada da superfície do monólito e levemente inclinada para o exterior. Tal quebra no plano vertical é um evidente sinal de importância desses espaços comunitários, já que criam um terraço externo e interrompem o ritmo de reflexões nas fachadas, e tornam o interior mais visível **(Fig. 33)**.

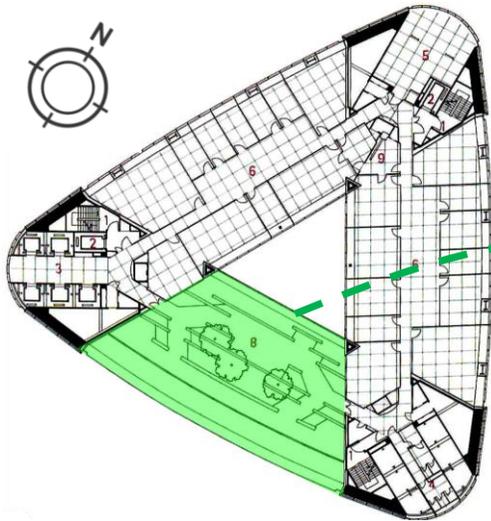


Fig. 28 – Planta baixa - Jardins voltados para o sul. Fonte: Davies & Lambot, 1997. Editado pelo Autor, 2016.

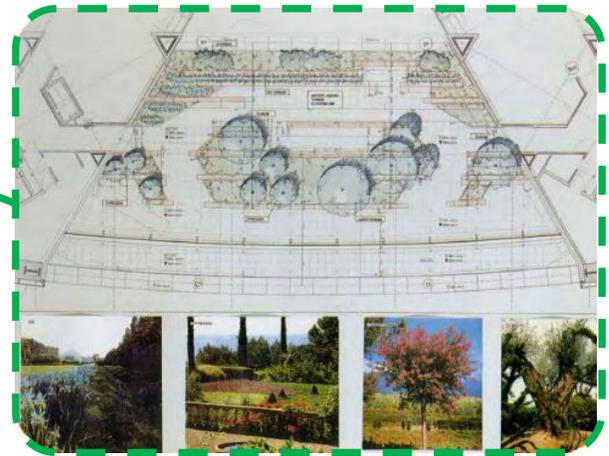


Fig. 29 – Jardim da fachada sul – vegetação mediterrânea. Fonte: Davies & Lambot, 1997

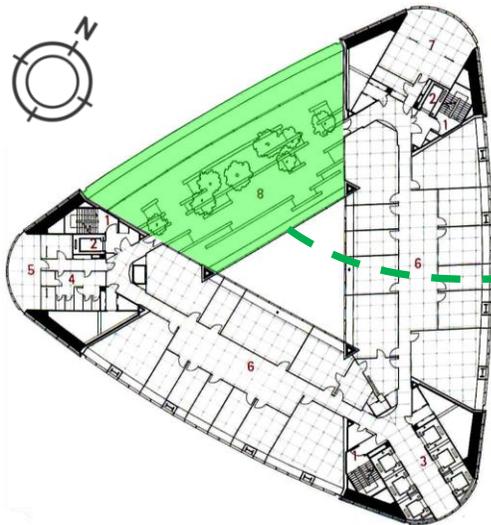


Fig. 30 – Planta baixa – Jardins voltados para o noroeste. Fonte: Davies & Lambot, 1997. Editado pelo Autor, 2016.



Fig. 31 – Jardim da fachada noroeste – vegetação norte americana. Fonte: Davies & Lambot, 1997

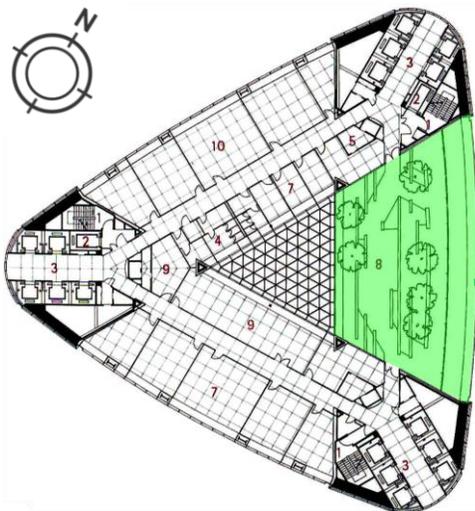


Fig. 32 – Planta baixa – Jardins voltados para o nordeste. Fonte: Davies & Lambot, 1997. Editado pelo Autor, 2016.



Fig. 33 – Jardim do Commerzbank – vista interna. Fonte: [commerzbank.de](http://commerzbank.de), acesso em 29.02.2016

O sistema de revestimento mais sofisticado é aquele dos pavimentos de escritórios, onde as paredes externas não são simplesmente barreiras contra fatores climáticos, é também parte integrada do sistema de controle ambiental do edifício. O típico painel de revestimento apresenta dois principais componentes, um painel fixo de vidro cinza isolante e janelas de abrir, as quais são equipamentos mecânicos que se dividem entre o meio externo e interno, além de otimizarem o balanço entre conforto e consumo de energia através do controle da ventilação, perda de calor, ganho de aquecimento solar e iluminação natural. As janelas em vidro duplo, tipo basculante, ainda apresentam uma cavidade de ventilação a qual transforma todo o seu desempenho no edifício. O ar é recolhido através da cavidade na altura da soleira e exaustado por uma aba interna superior. Agregada à cavidade, encontra-se uma veneziana cega, que não apenas filtra a luminosidade e o ofuscamento durante o dia, mas também desvia a radiação solar direta antes que a mesma atinja os espaços de trabalho interno, o que ameniza, portanto, o aquecimento no interior da edificação **(Fig. 34 e 35)**.

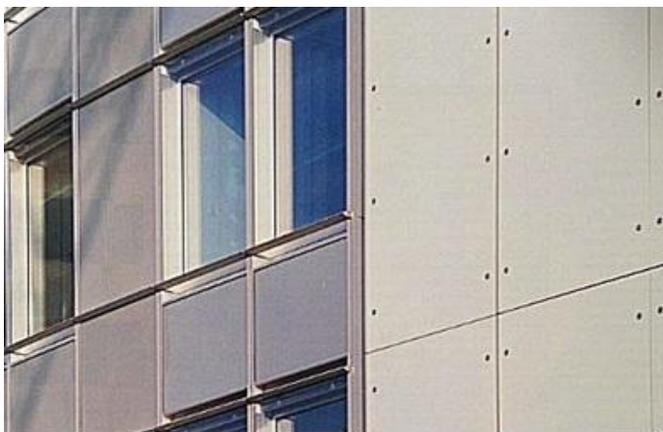


Fig. 34 – Revestimentos voltados para os escritórios  
– Painéis fixos e janelas de abrir.  
Fonte: Davies & Lambot, 1997



Fig. 35 – Montagem da esquadria principal na  
fachada do edifício.  
Fonte: Davies & Lambot, 1997

- **Tecnologia e Conforto**

Edifícios altos e naturalmente ventilados, embora não sejam completamente desconhecidos, são raros. A razão para tal tem menos a ver com a dificuldade de lidar com ventos em altura ou risco de segurança das janelas do que com o planejamento convencional dos próprios edifícios. O projeto do Commerzbank com seu átrio central e jardins de pé-direito quádruplo com vistas para o interior, inteligentemente combina vantagens estruturais com vantagens ecológicas, fato que possibilitou o uso da ventilação natural, reduziu os custos do projeto e, conseqüentemente, aderiu aos requisitos do projeto em relação ao caráter ambiental e estratégias de eficiência energética.

Conforto foi o fator crítico do projeto, visto que manter todo edifício em condições confortáveis, durante todo o ano, confiando apenas na ventilação natural seria impossível. Assim, ainda no processo inicial da concepção decidiu-se que o edifício alternaria entre os modos de ventilação natural e artificial de acordo com as condições climáticas. Inicialmente, foi proposta para as janelas uma unidade fixa de vidro triplo, formado por duas lâminas de vidro no lado externo, uma cavidade mecanicamente ventilada e um vidro isolado no interior da unidade. Apenas uma aba superior abriria diretamente e manualmente para o exterior, a qual seria protegida por *brises* externos que serviriam como quebra-sol e quebra-vento. A central de ventilação forneceria e receberia o ar mecanicamente através da cavidade entre as laminas de vidro, enquanto a ventilação natural seria possível apenas através da abertura superior **(Fig. 36)**.

Entretanto, a partir de análises e desenvolvimento do projeto, o banco decidiu por uma modificação climática nas fachadas. As novas janelas apresentam vidro externo isolado, uma cavidade naturalmente ventilada e vidro duplo no interior da edificação, estes não mais fixos, e sim com possibilidade de abertura para o exterior. Em geral, as novas unidades podem ser consideradas como simples janelas de abrir em vidro duplo, protegido por um painel fixo de vidro **(Fig. 37)**

A eficiência energética geral de ambas as janelas é basicamente a mesma, no entanto, os parâmetros operacionais que definem quando as janelas podem ser abertas são diferentes. O sistema escolhido é mais fácil de manter com as quatro funções da janela – admitir iluminação solar, permitir o ar, fornecer vista para o exterior e sombrear

o interior da radiação direta. O novo sistema torna-se, assim, mais viável economicamente. Percebe-se que, mesmo em edifícios de alto padrão tecnológico, soluções mais simples para conforto térmico ainda se destacam como preferência.

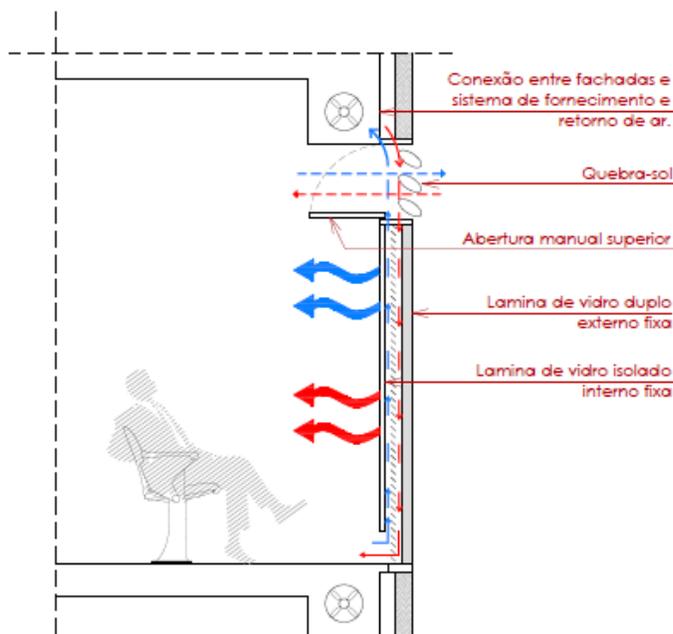


Fig. 36 – Solução inicial para conforto térmico através das esquadrias. Fonte: O Autor, 2016.

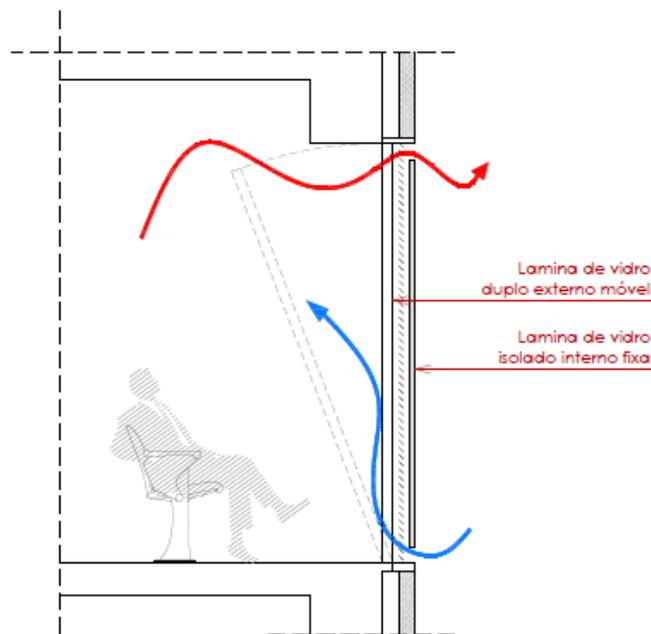


Fig. 37 – Solução final escolhida para conforto térmico através das esquadrias. Fonte: O Autor, 2016.

Os escritórios internos com vista para o átrio são naturalmente ventilados com o ar que flui através do mesmo. Para fazer o ar fluir de forma mais flexível e controlável, o átrio foi dividido em secções de 12 andares por “pisos” triangulares de vidro. Cada secção ou “vila” inclui três jardins, um em cada face do edifício, ou seja, um arranjo quase perfeito para eficiência através da ventilação. Existe sempre um “jardim barlavento” para receber o ar e um “jardim sotavento” para exaustão e, portanto, o ar corre através do átrio tanto de cima para baixo, quanto no sentido contrário, e o espaço torna-se quase externo, onde os escritórios voltados para o mesmo podem ser ventilados por janelas de forma natural.

Na **Figura 38**, o átrio é representado pelo eixo em amarelo e as cores vermelho, azul e verde são as “secções” compostas cada uma pelos três jardins, que se conectam com cada trecho de 12 andares do átrio (**Fig. 39**).

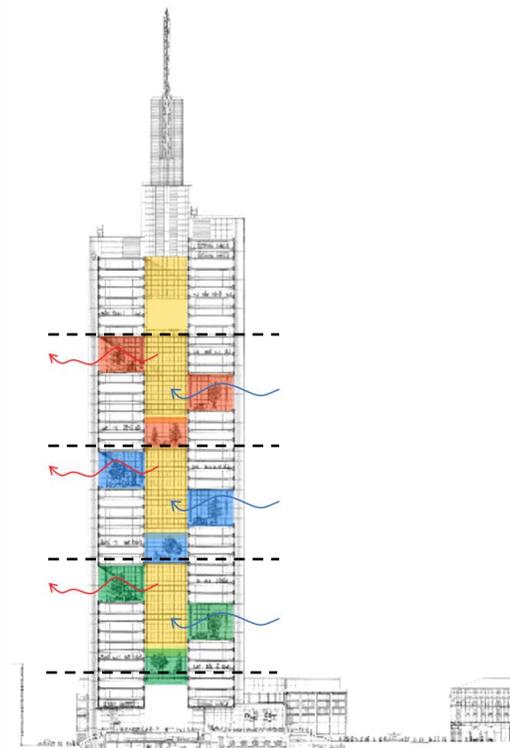


Fig. 38 – Ventilação a partir do átrio.  
 Fonte: Davies & Lambot, 1997. Editado pelo Autor, 2016.

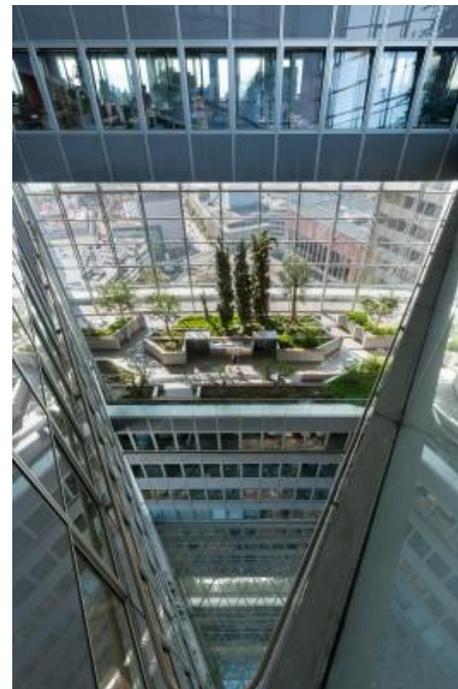


Fig. 39 – Conexão do átrio com o jardim.  
 Fonte:commerzbank.de, acesso em 11.06.2016

A direção e velocidade do movimento do ar em grandes escalas são difíceis de considerar e para ajudar tal análise os engenheiros usaram uma técnica conhecida como “dinâmica fluida computacional”, ou CFD (do inglês *computational fluid dynamics*). O espaço é primeiramente modelado no computador e então submetido a diversas simulações climáticas e o resultado é uma sequência de diagramas em cores, o qual ilustra não apenas o movimento do ar através dos jardins e átrio, mas também o efeito do ar na temperatura dos espaços e superfícies circundantes (**Fig. 40 e 41**) (DAVIES & LAMBOT, 1997).

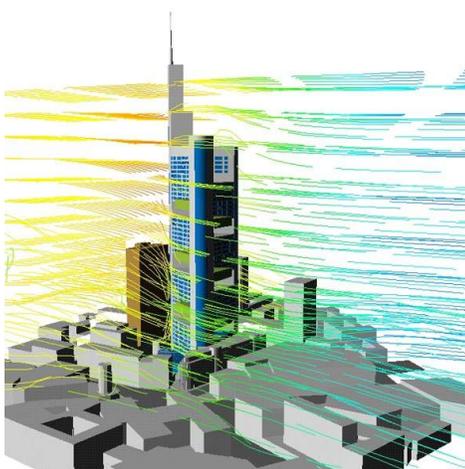


Fig. 40 –Diagrama gerado através do sistema CFD. Fonte: Davies & Lambot, 1997

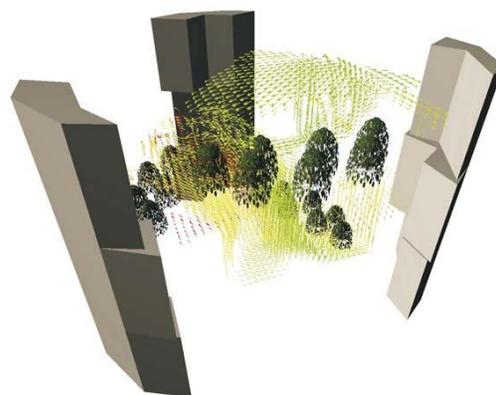


Fig. 41 –Diagrama gerado através do sistema CFD. Fonte: Davies & Lambot, 1997

Quando o edifício encontra-se em modo de ventilação natural, os próprios ocupantes controlam a temperatura e ventilação dos ambientes por simplesmente abrir ou fechar as janelas. A capacidade de controlar o meio ambiente local tem um importante benefício fisiológico, isto é, quando os ocupantes sabem que uma janela próxima pode ser aberta, o mesmo está geralmente disposto a tolerar ligeiramente temperaturas mais altas ou baixas, do que se a ventilação estivesse fora de controle.

Na Alemanha, temperatura do ar abaixo de 18 °C é considerada como “levemente fria” e acima de 23 °C como “levemente quente”, ou seja, a zona de conforto fisiológico encontra-se entre 18 °C e 23 °C, para um fator de vestimenta de 0,9 Clo. (MATZARAKIS & MAYER, 1996). No entanto, a norma alemã permite o máximo de 26°C para ambientes de trabalho (SMITH, 2010), com a finalidade de que os limites normais de conforto podem ser estendidos para uma consequente economia de energia.

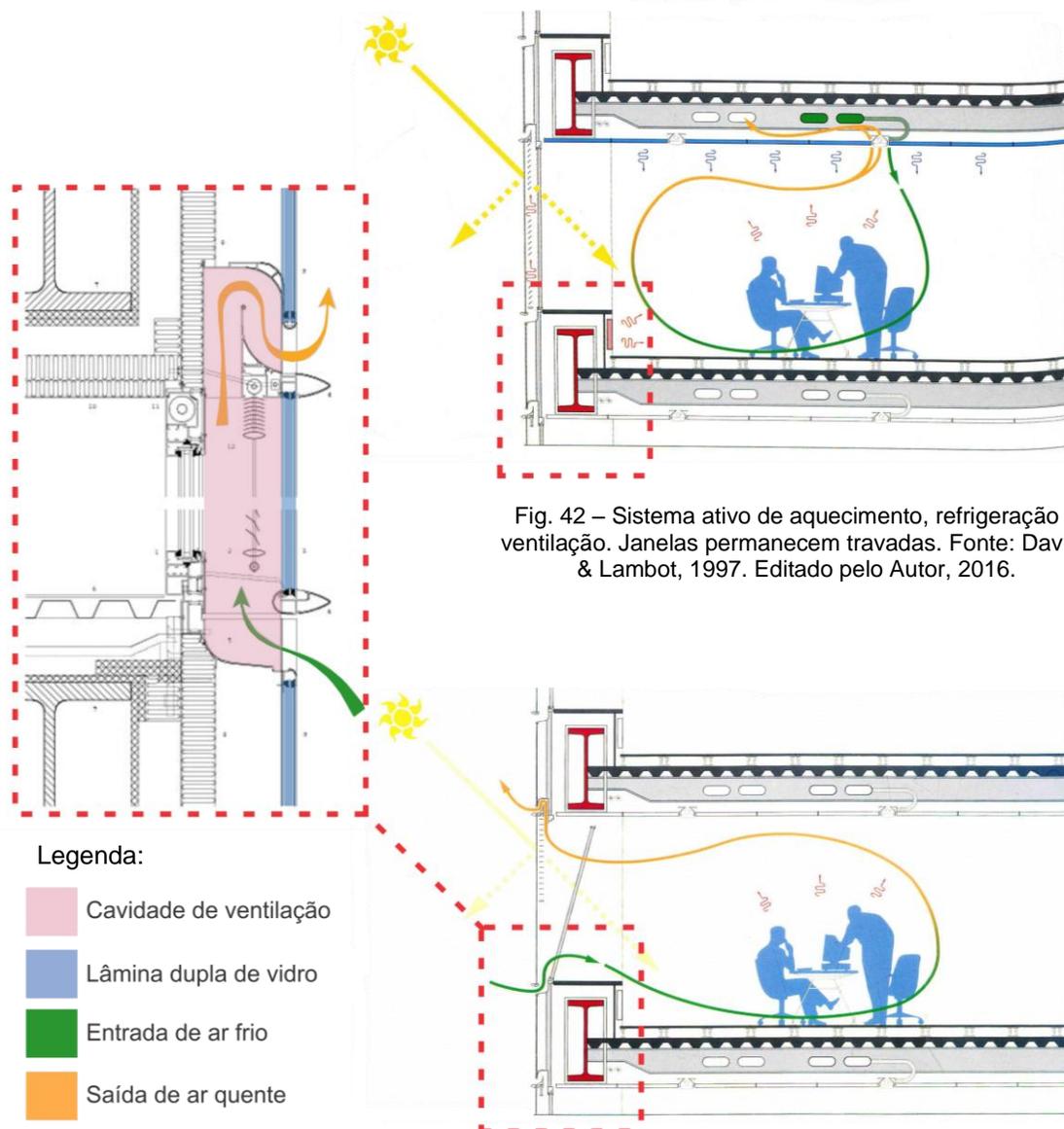
O aquecimento do edifício é fornecido por aquecedores comuns localizados abaixo das janelas e controlados termoestaticamente. Porém, há momentos em que o calor das máquinas juntamente ao aquecimento solar e dos próprios usuários aumentam a temperatura além dos limites do conforto padrão e faz-se necessária a introdução do resfriamento artificial, o qual pode ser realizado através do ar ou da água. Para o Commerzbank decidiu-se por refrigeração à água, uma vez que a água tem uma capacidade térmica específica superior e o bombeamento para o edifício utiliza menos energia do que distribuir o ar para os ambientes ocupados.

Neste contexto, o sistema adotado pelo Commerzbank foi o de tetos refrigerados, onde a inteira superfície age como um radiador negativo e puxa o calor do espaço inferior. O meio de refrigeração é, assim, separado do sistema de ventilação.

Cada seção do edifício deve funcionar ou no modo de ventilação natural ou ventilação mecânica com os tetos refrigerados, visto que abrir a janela com o teto em resfriamento poderia causar condensação. Desta maneira, o sistema administrativo do edifício decide quando trocar de um modo para o outro, ao receber automaticamente informações das estações de tempo distribuídas ao longo do edifício, a qual mede radiação solar, temperatura e pressão do ar, velocidade e direção do vento.

Os tetos refrigerados, sistemas de ventilação mecânica e janelas motorizadas são todos controlados automaticamente pelo computador central, o qual para melhorar eficiência funciona de acordo com um algoritmo inteligente. Através de testes e erros computacionais, o sistema “aprende” quando trocar os modos para um ótimo balanço entre conforto e economia de energia (DAVIES & LAMBOT, 1997).

Os trabalhadores do Commerzbank são informados da situação através de um simples indicador luminoso em cada sala de escritório: quando a luz está vermelha, a ventilação mecânica está em operação e as janelas permanecem travadas; no momento em que a luz está verde, o sistema encontra-se em modo de ventilação natural e os usuários estão livres para abrir as janelas (**Fig. 42 e 43**).



- **Avaliação**

O edifício Commerzbank, apesar de muito bem inserido no contexto vertical da cidade de Frankfurt, apresentou um conflito com as lotes locais, que se sacrificaram, em parte, com a demolição de alguns edifícios históricos para possibilitar a construção do edifício. No entanto, o edifício oferece áreas verdes e de uso público, que intensificam o diálogo com o meio urbano, além de ter sido projetado com participação ativa, tanto dos usuários do edifício quanto da população da cidade.

Em *Morfologia e Funcionalidade*, o edifício apresenta excelência em todos os aspectos. Os aspectos sociais e políticos, ou seja, fornecer espaços públicos para a cidade, foram condições iniciais para definição do projeto.

O aspecto econômico é evidenciado a partir do desenho em função da ventilação e iluminação natural, além do número reduzido das vagas de estacionamento. Já o aspecto ambiental é bastante positivo através dos jardins que compõem a edificação. Os materiais levam em consideração aspectos ambientais e econômicos, uma vez que otimiza o consumo energético e conforto dos ambientes.

Em *Tecnologia e Conforto*, o edifício destaca-se por equilibrar o funcionamento entre modo de ventilação natural e mecânica, além de dar liberdade aos usuários de controlarem as janelas (no modo ventilação natural) e controlar o meio ambiente local. Por fim, o edifício apresenta ótimo rendimento, com grau de sustentabilidade em 82,5%.

ASPECTOS PROBLEM.	AMBIENTAL	SOCIAL	POLÍTICO	ECONÔMICO	RESULTADO
CONTEXTO E LUGAR	◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆◆◆	80%
MORFOLOGIA E FUNCIONALIDADE	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	100%
TECTÔNICA E MATERIALIDADE	◆◆◆◆◆	◆◆	◆◆◆	◆◆◆◆◆	75%
TECNOLOGIA E CONFORTO	◆◆◆◆◆	◆◆	◆◆◆	◆◆◆◆◆	75%
RESULTADO	90%	70%	80%	90%	82,5%

### 3.2.2 Hannover e o Edifício Nord/LB

Localizada às margens do Rio Leine, Hannover tem população de 518.000 habitantes e é capital do estado da Baixa Saxônia (*Niedersachsen*), situado na região noroeste da Alemanha. Neste contexto, a cidade recebe grande influência do mar do Norte e Báltico, o que faz do clima ser caracterizado como temperado oceânico, ou seja, chuvas abundantes e bem distribuídas ao longo do ano, com temperaturas médias de 22,5 °C no verão e -1,6 °C no inverno (**Fig. 44 e 45**).



Fig. 45 – Cidade de Hannover.  
Fonte: Friederich & Langer, 2012

Fig. 44 – Localização de Hannover.  
Fonte: O Autor, 2015 (a partir de um mapa base).

Mais de 60 feiras e exposições nacionais e internacionais acontecem na cidade por ano, e tal fato intensifica consideravelmente a movimentação urbana da cidade de Hannover. Assim, a capital da Baixa Saxônia apresenta diversas medidas para o controle do consumo de energia e emissões de gás carbono.

O “*Hanover 2020 Climate Alliance*” é um programa de proteção climática estabelecido pelo governo, o qual espera diminuir significativamente as emissões de gás carbono, através da renovação de todos os sistemas de aquecimentos dos edifícios

da cidade para tornar os mesmos mais eficientes energeticamente; outra contribuição, para um melhor fornecimento de energia, é a expansão da combinação entre calor e energia, com o objetivo de aumentar o compartilhamento de eletricidade a partir das usinas que geram calor e energia ao mesmo tempo, assim como fontes renováveis, para um total de 30% até 2020. (FRIEDERICH & LANGER, 2012).

Quanto às edificações, Hannover apresenta ótimo desempenho com edifícios de baixo consumo energético; os edifícios residenciais de Hannover consomem apenas 560 megajoules por metro quadrado, enquanto os edifícios da maioria das cidades europeias apresentam, em média, um consumo de 857 megajoules por metro quadrado. De fato, é o quarto menor consumo na Europa, depois de Stuttgart, Berlim e Copenhague.

Outro fator positivo é o programa chamado *proKlima*, o qual oferece sugestões e fundos para desenvolvimento de projetos de proteção climática nas construções e modernização dos edifícios, assim como promove construções em eficiência energética, consultas para poupar energia e instalação de sistemas de aquecimento solar. O *proKlima* foi fundado pela empresa municipal *Stadtwerke Hannover*, como a primeira assistência em proteção climática da Europa.

O governo de Hannover pretende que todas as novas instalações sejam construídas dentro dos padrões do selo “Habitação Passiva”. Uma edificação passiva apresenta características como tecnologias eficientes de aquecimento e isolamento térmico, janelas em vidro triplo com esquadrias super isoladas, e sistema de ventilação mecânica com recuperação do calor. Quando combinada com outros dispositivos, uma edificação passiva pode diminuir o consumo energético médio em até 90%.

Nos últimos anos, Hannover desenvolveu extensivamente o sistema de transporte público, assim como as ciclovias. As linhas de ônibus e metrô chegam a medir 3.6km por quilômetro quadrado (comparado com a média de 2,4km das outras cidades europeias), enquanto as ciclovias medem cerca de 2,6km por quilômetro quadrado – quase duas vezes mais do que a média da maioria das cidades europeias. No entanto, apenas 19% da população utilizavam-se do transporte público e ciclovias. Para mudar o quadro, portanto, Hannover adotou em 2010 o chamado “Plano de Mobilidade para 2015”, com o objetivo de aumentar o número de usuários do transporte

público e, conseqüentemente, diminuir o número de carros das ruas. A estratégia visa expandir, ainda mais, as ciclovias e melhorar a infraestrutura para os ciclistas, onde se espera aumentar o número de usuários de bicicletas para 25% até 2025, assim, pode-se diminuir a quantidade de emissões de gás carbono gerados por carros, ônibus e trens (FRIEDERICH e LANGER, 2012). Além de incentivar novos meios de transportes alternativos, que ajudam também a diminuir o excesso de automóveis das ruas e melhorar a qualidade do meio ambiente, é o caso dos *FahrradTaxis* (Eco-Taxis), que são taxis em formato de bicicleta, geralmente encontrados em grandes cidades, como atração turística e em eventos com grandes multidões (Fig. 46, 47).



Fig. 46 – Hannover – Conexão entre metrô, calçada, ciclovia e rua. Foto: O Autor, 2015.



Fig. 47 – Eco-Traxis. Foto: O Autor, 2015.

## Edifício Nord/LB

*Behnisch Architekten, 1997-2002.*

Localizado no quadrilátero da “Aegi” (*Aegidientorplatz*), o mais recente edifício para o Nord/LB (*Norddeutsche Landsbank*) tornou-se um grande marco arquitetônico para a capital da Baixa Saxônia. O projeto foi resultado de uma competição internacional, na qual doze renomados escritórios participaram: *BKSP Bahlo Köhnke Stotsberg & Partner* (Hannover); *Behnisch Architekten* (Stuttgart); *Mario Botta* (Lugano), *Walter Brune* (Düsseldorf); *Von Gerkan, Marg und Partner* (Hamburgo); *KSP Engel Kraemer Schmiedecke Zimmermann* (Colônia); *Kuhn-Pramann-Steinweg* (Brunswick); *Leonhardt, Schimer, Meyer* (Hannover); *Murphy/Jahn Inc. Architects* (Chicago); *PSP Pysall, Stahrenberg & Partner* (Brunswick); *Schweger + Partner* (Hannover); *Storch und Ehlers* (Hannover). Foi necessário levar em consideração o planejamento urbano do entorno imediato, fazer justiça à posição de destaque no coração da cidade, próximo ao edifício da prefeitura, e criar espaços para 1.500 trabalhadores. **(Fig. 48)**



Fig. 48 - Nord/LB – Behnisch Architekten, Hannover, 1997-2002.  
Fonte: Behnisch, Behnisch & Partner, 2002.

### ▪ Contexto e Lugar

O projeto apresentado por *Behnisch Architekten* atende às exigências e ao programa apresentado pelo Nord/LB com particular criatividade. A arquitetura contemporânea, que compreende todo o perímetro do terreno, assume uma relação com os edifícios locais (históricos, modernos e contemporâneos), uma vez que o existente não foi destruído – pelo contrário, foi até mesmo acentuado – e a torre central com seus planos flutuantes forma um novo ponto focal e, portanto, o edifício encontra-se muito bem inserido na paisagem junto ao seu entorno imediato. É possível notar o respeito às alturas circundantes, na medida em que o edifício apresenta alturas individuais para cada direção. Na Avenida Friedrichswall e no sentido do Largo *Aegidientorplatz*, o edifício tem seis pavimentos para realçar melhor a esquina. Em direção aos baixos edifícios da Rua *Bleichenstrasse*, a altura tem sido reduzida para quatro pavimentos e na Avenida Willy Brandt, em direção ao edifício da prefeitura, a altura do NORD/LB aumenta para cinco pavimentos (**Fig. 49**).

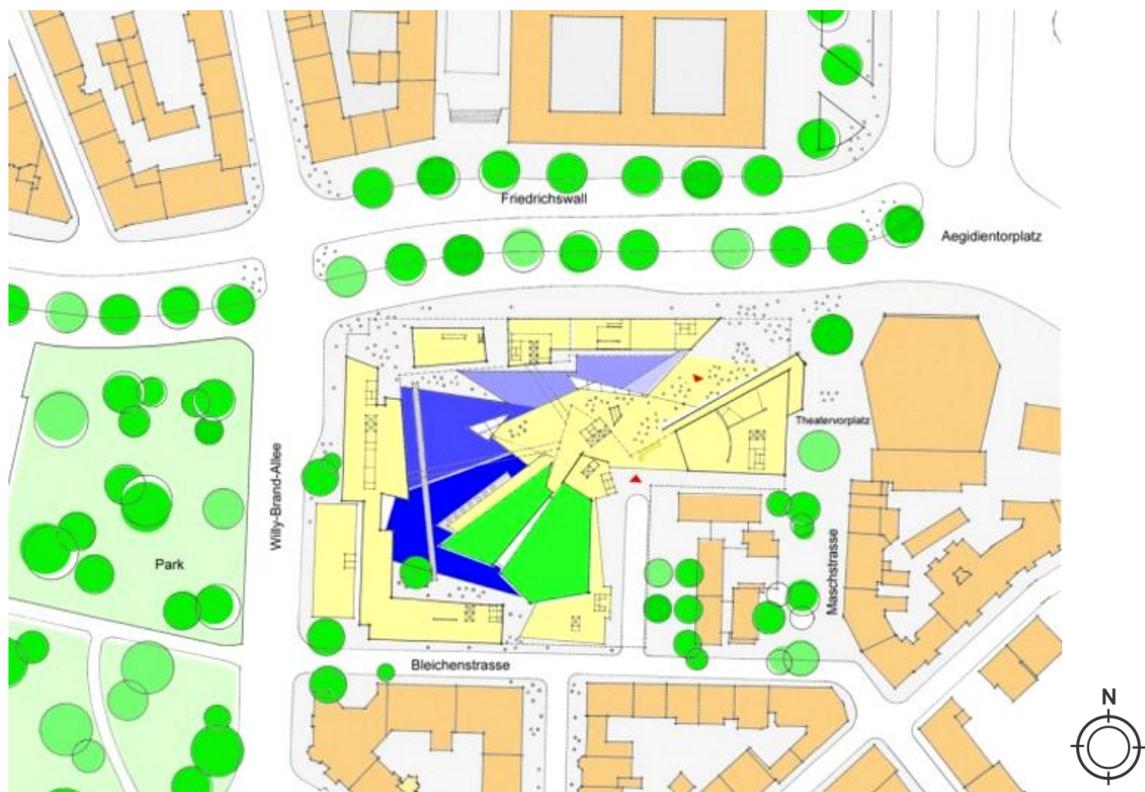


Fig. 49 – Nord/LB – Planta de situação.  
Fonte: Behnisch, Behnisch & Partner, 2002.

O Nord/LB está localizado na Friedrichswall, avenida de fluxo intenso, em sentido duplo, não apenas de automóveis, mas também de bicicletas e pedestres; ademais, é possível ter acesso ao Banco através do transporte público (estações de ônibus e metrô localizam-se próximas a edificação e apresentam linhas diretas para todas as regiões da cidade). A maior parte do entorno do Nord/LB é formada por edificações de caráter histórico (incluindo o edifício da prefeitura), representados em laranja na **Figura 50**. No entanto, as quadras voltadas para a Avenida Friedrichswall são compostas por poucos edifícios históricos, com predominância de edifícios modernos e contemporâneos. As quadras são bastante arborizadas e elementos naturais também estão presentes ao redor do Nord/LB, como o Lago Maschsee e a massa vegetativa pertencente ao terreno da prefeitura e com continuidade ao longo do lago (**Fig. 50 e 51**).

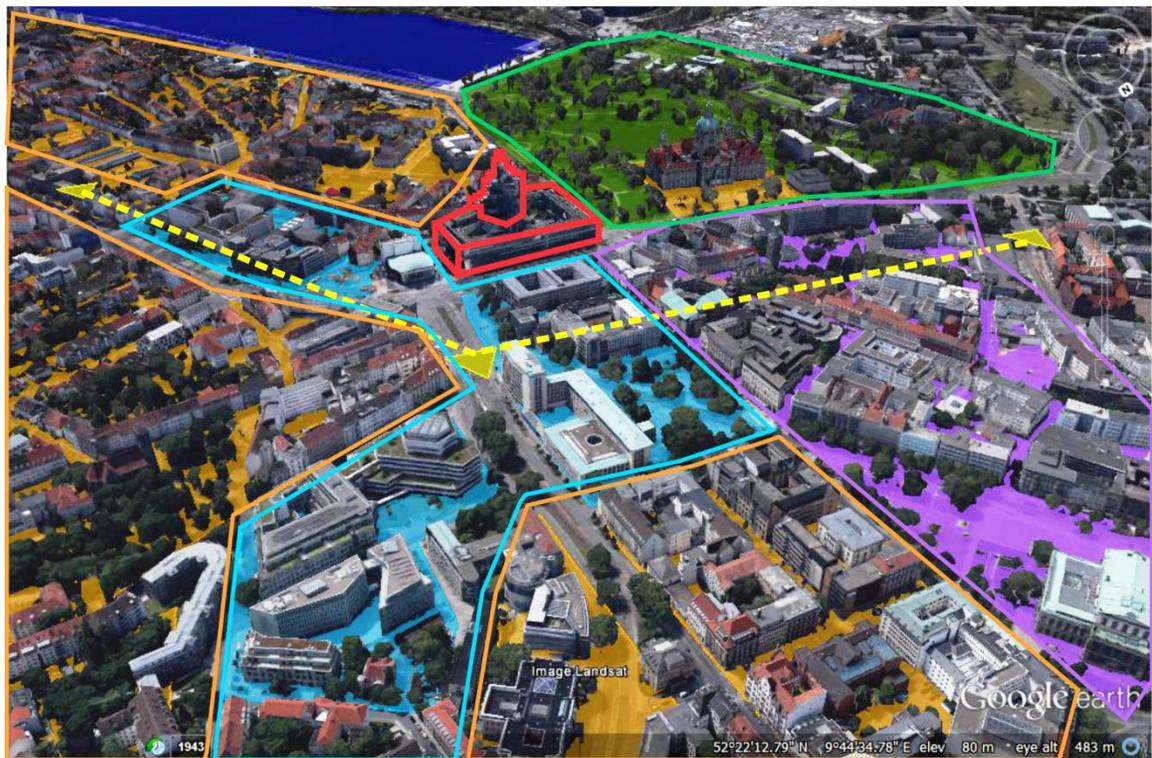
Com o edifício firmado ao redor do jardim interno, os arquitetos sensibilizaram-se com a arquitetura existente no entorno e, portanto, reestruturaram a área originalmente marcada por diferentes tipologias arquitetônicas, reorganizaram o sistema viário imediato e, por fim, claramente melhoraram a área com respeito ao planejamento urbano da cidade. De acordo com Behnisch, Behnisch & Partner (2002):

Uma vida urbana surgiu novamente nos arredores do “Aegi” e nosso novo edifício exerce uma função bastante especial para a região, uma vez que se tornou um ponto de conexão entre as variadas funções urbanas existentes no local: empresariais, residenciais, culturais, shoppings, esportes e atividades recreativas.

Neste contexto, o Nord/LB é mais do que um edifício com funções bancárias, administrativas e atrativas condições de trabalho. Além do jardim interno bastante convidativo ao público que transita pela avenida e estabelecimentos comerciais no térreo (lojas e restaurantes), os quais favorecem uma ambiência mais agradável para a Friedrichswall e para a cidade de Hannover.



Fig. 50 – Edifício Nord/LB e entorno imediato. Fonte: Google Earth, acesso em 06.06.2016.



Legenda:  
 ■ Edifício Nord/LB ■ Edf. históricos ■ Edf. Contemporâneos ■ Tipologia mista ■ Área verde ■ Lago ■ Estações de metro e ônibus

Fig. 51 – Análise do Edifício Nord/LB no entorno imediato.  
 Fonte: Google Earth, acesso em 06.06.2016. Edição: O Autor, 2016.

- **Morfologia e Funcionalidade**

O Nord/LB é um edifício constituído basicamente por dois blocos, um horizontal e outro vertical, conectados através de um jardim interno no térreo e por passarelas nos pavimentos superiores. O pátio interno tornou-se, portanto, o ponto inicial da concepção do projeto e serve como entrada principal para o edifício, induzindo o público a sentir a edificação não apenas pelo exterior, porém vivenciar a mesma um pouco mais a partir de outros ângulos. A conexão entre interno e externo dá-se de forma tão sutil que se torna até mesmo imperceptível à transição da pavimentação pública para o jardim do edifício (**Fig. 52 e 53**). O Jardim, no térreo, é cercado por restaurantes, lojas comerciais, café e uma galeria de exposição do Nord/LB e, assim, toda a base do edifício exerce uma comunicação com o público transeunte.

O jardim interno funciona como uma “compensação arquitetônica”. Uma vez que o edifício irá ocupar uma parte da cidade, os arquitetos criaram em compensação um atrativo pátio interno público, como um “presente” para a população (BEHNISCH, BEHNISCH & PARTNER, 2002).

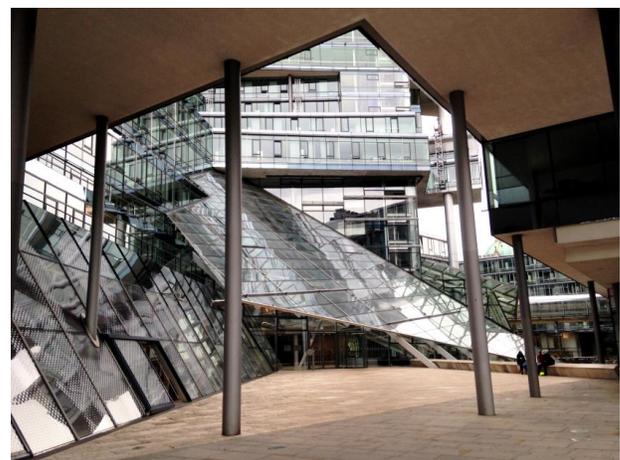
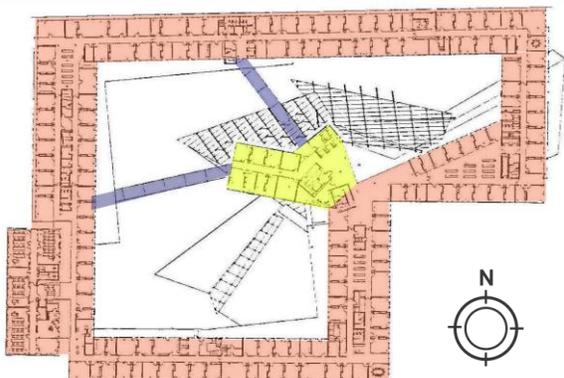


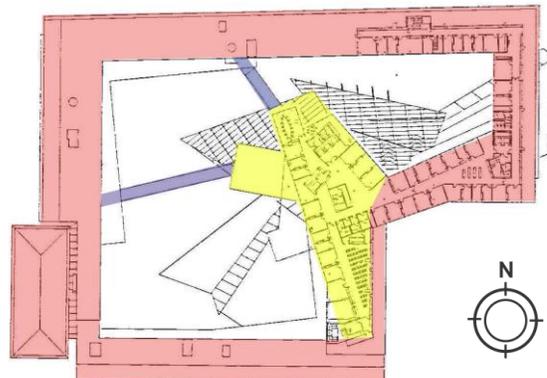
Fig. 53 – Pátio interno. Fonte: O Autor, 2015.

Fig. 52 – Entrada para o Nord/LB - Relação da base do edifício com público transeunte. Fonte: O Autor, 2015.

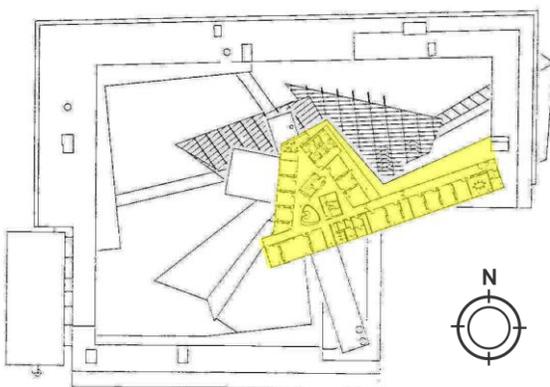
O bloco horizontal, que demarca o perímetro do terreno, é composto por seis pavimentos preenchidos com os serviços de entretenimento (pavimento térreo) e as salas de escritórios do banco (pavimentos superiores). Diretamente conectado com as vias públicas, o bloco apresenta traços simples, fazendo o edifício aparentar-se reservado e funcional a depender da direção do observador, em contraste imediato com o jardim interno (**Fig. 54 e 55**). Este, de geometria livre, tem o seu desenho refletido no desenvolvimento livre do bloco vertical, formado por planos em balanços e distorcidos (**Fig. 56 e 57**). A torre do Nord/LB, portanto, surpreende o observador na medida em que o mesmo é cativado para o interior da caixa poligonal. Também no edifício vertical está localizado o Hall principal do Nord/LB, em posição estratégica para possibilitar o acesso às áreas comerciais e pavimentos de escritórios, através da menor e mais econômica rota possível (**Fig. 58 e 59**).



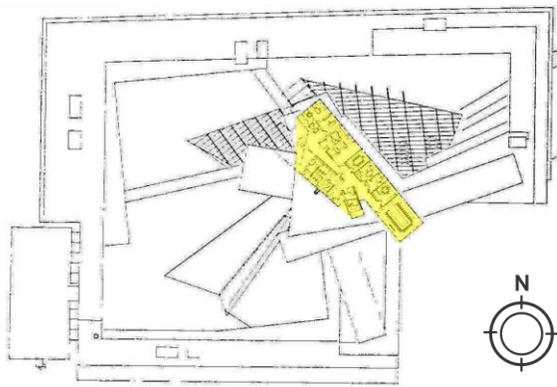
Planta Baixa – 3º Pavimento



Planta Baixa – 6º Pavimento

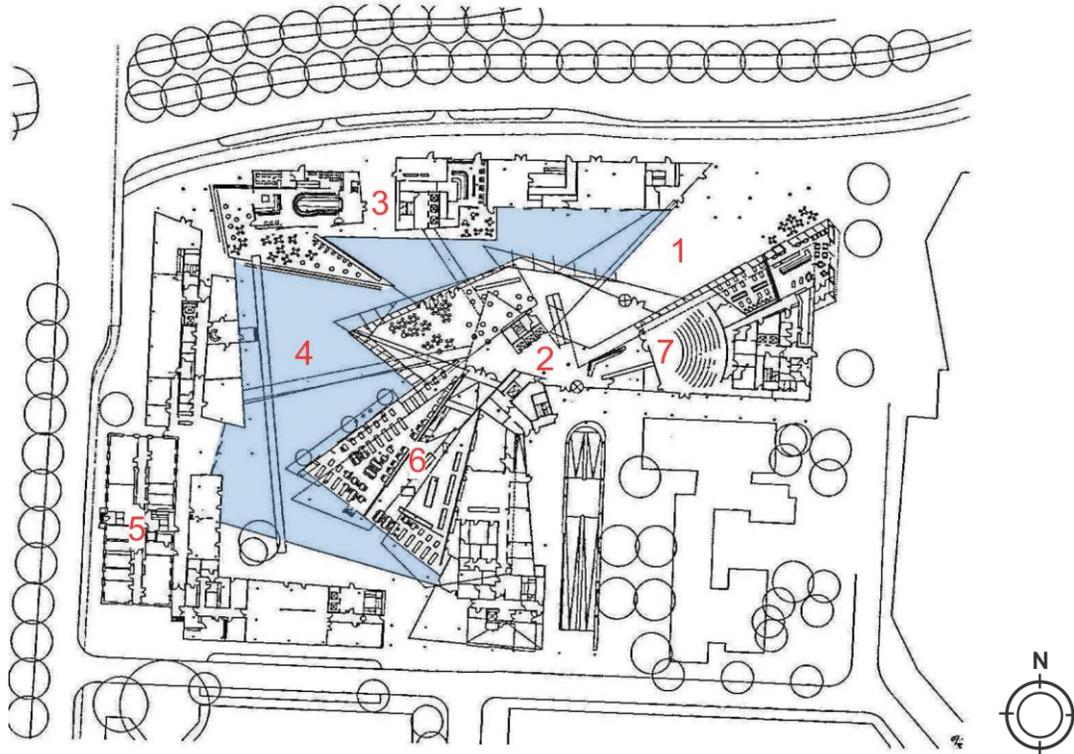


Planta Baixa – 8º Pavimento



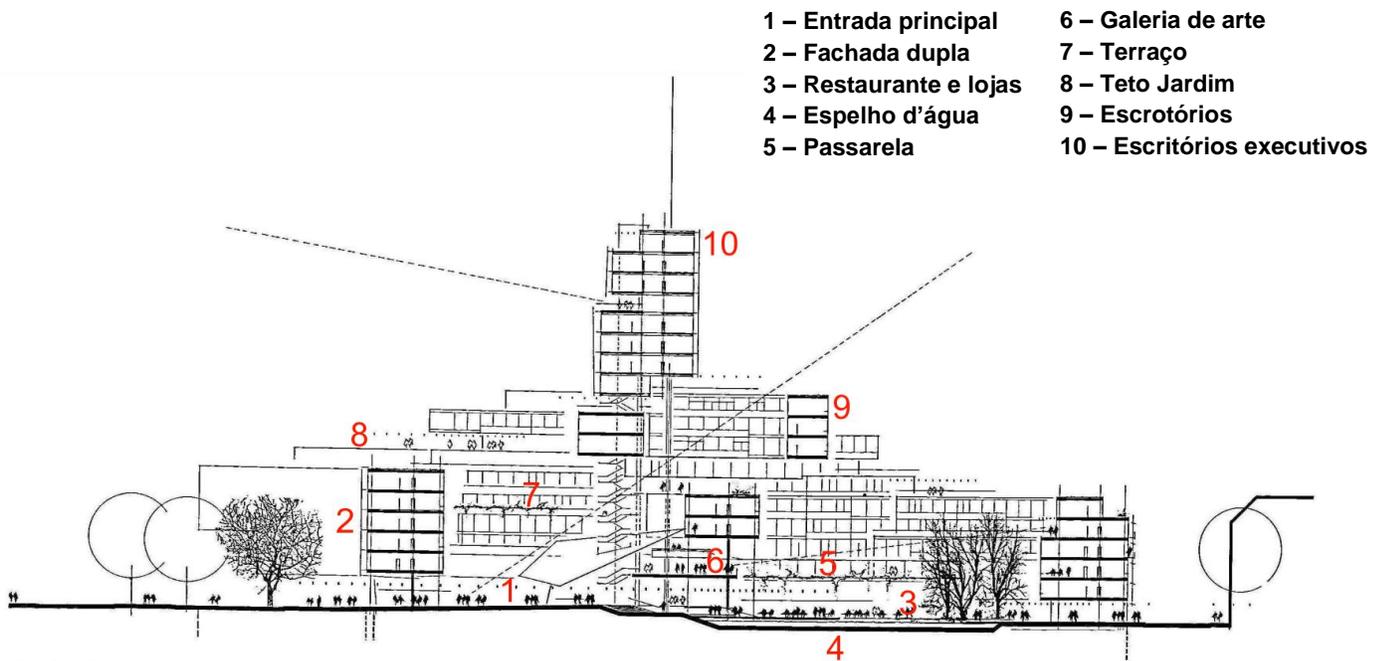
Planta Baixa – 10º Pavimento





- |                                           |                                                 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| <b>1 – Entrada principal</b>              | <b>5 – Edifício histórico preservado</b>        |
| <b>2 – Recepção e Hall de Elevadores</b>  | <b>6 – Salão / Restaurante dos funcionários</b> |
| <b>3 – Restaurante e lojas</b>            | <b>7 - Auditório</b>                            |
| <b>4 – Espelho d’água – pátio interno</b> |                                                 |

Fig. 58 – Planta baixa – Pavimento Térreo.  
 Fonte: Behnisch, Behnisch & Partners. Edição: O Autor, 2016.



- |                                |                                    |
|--------------------------------|------------------------------------|
| <b>1 – Entrada principal</b>   | <b>6 – Galeria de arte</b>         |
| <b>2 – Fachada dupla</b>       | <b>7 – Terraço</b>                 |
| <b>3 – Restaurante e lojas</b> | <b>8 – Teto Jardim</b>             |
| <b>4 – Espelho d’água</b>      | <b>9 – Escrotórios</b>             |
| <b>5 – Passarela</b>           | <b>10 – Escritórios executivos</b> |

Fig. 59 – Corte transversal  
 Fonte: Behnisch, Behnisch & Partners. Edição: O Autor, 2016.

### ▪ Tectônica e Materialidade

A arquitetura do Nord/LB, através das incomuns formas geométricas e materiais utilizados, mostra-se deveras convidativo ao público em geral, com estruturas metálicas e extensivas áreas em vidro bastante marcantes em toda edificação. Todas as fachadas podem ser consideradas interessantes e convidativas, não apenas a fachada comercial com abertura para o jardim interno, visto que os arquitetos fizeram questão de evidenciar uma arquitetura trabalhada em cheios e vazios, assim como em transparência. Películas em vidro translúcido, fixas e móveis, englobam toda a grade metálica desconstrutivista do Nord/LB e, assim, o edifício permite atraentes vistas do interior para o exterior e vice-versa. Além do vidro e estruturas metálicas, o edifício é formado por uma base em concreto armado e tem a água também como elemento material, uma vez que reflete no plano horizontal parte da composição translúcida da edificação (**Fig. 60, 61, 62, 63, 64**).

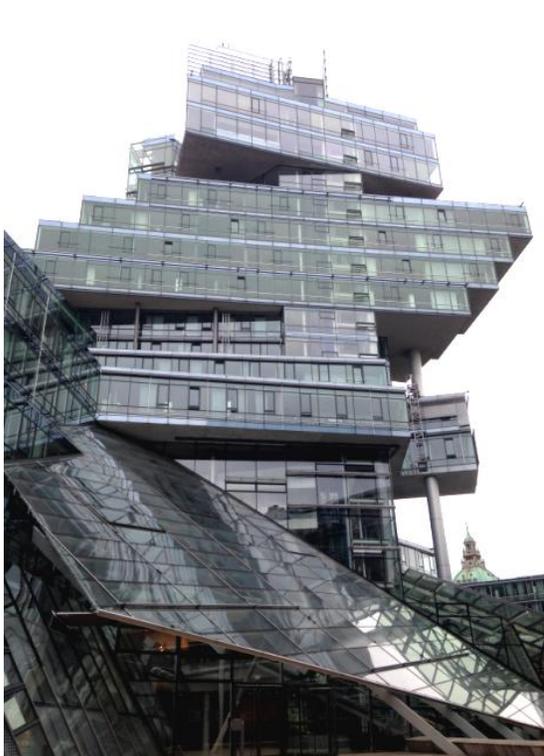


Fig. 60 – Nord/LB – Fachadas translúcidas e estruturas metálicas. Fonte: O Autor, 2015.



Fig. 61 – Nord/LB – Fachadas translúcidas e estruturas metálicas. Fonte: O Autor, 2015.



Fig. 62, 63 e 64 – Nord/LB – Fachadas translúcidas e estruturas metálicas, base em concreto e água como materialidade. Fonte: O Autor, 2015.

As fachadas dos escritórios, de acordo com o direcionamento dos mesmos (e necessidades da área circundante), foram construídas em diferentes formas: aquelas voltadas para a *Friedrichswall*, *Willy-Brandt-Alle* e para o teatro na *Aegi* são fachadas duplas as quais exercem função tanto de isolamento térmico quanto acústico. Uma vez que o jardim interno não apresenta os mesmos incômodos das áreas externas das avenidas (poluição, ruídos, odores desagradáveis), não houve necessidade de fachadas duplas nesta área e são, portanto, mais contidas e menos técnicas. O mesmo serve para as fachadas voltadas para as áreas residenciais.

As fachadas do bloco vertical, no entanto, apresentam demandas particulares, onde fortes ventanias e intenso aquecimento solar tiveram que ser levados em consideração. Neste caso, a torre também em estrutura metálica e vidro, é formada por fachadas duplas e brises móveis metálicos para proteção solar adequada. É válido ressaltar que as janelas podem ser abertas em todas as salas do Nord/LB, fator este que seria examinado futuramente no contexto do planejamento para ventilação e energia (BEHNISCH, BEHNISCH & PARTNER, 2002).

A extensa transparência das fachadas dada pelo vidro traz uma poética ímpar para a edificação, que oferece vistas diferenciadas a depender de onde o observador está posicionado, assim como de acordo com a hora do dia e estação do ano, uma vez que a paisagem e edifícios opostos ao Nord/LB são refletidos na sua respectiva película de vidro. Na medida em que a iluminação natural é alterada durante o dia, as impressões sobre as fachadas, conseqüentemente, também se transformam. Ademais, os interiores tornam-se visíveis e, portanto, as cores e decorações das áreas internas de trabalho podem também ser vivenciadas do exterior.

## ▪ Tecnologia e Conforto

A partir de meados de 1990, tornou-se comum que edifícios pudessem ser reconhecidos como tal imediatamente pelo exterior. Os arquitetos do Nord/LB, entretanto, conscientemente tentaram não criar uma arquitetura que fosse duvidosa e, assim, com o objetivo de alcançar sensíveis soluções sustentáveis para edificação, os especialistas do escritório *Transolar Energietechnik*, foram também envolvidos no projeto desde a fase inicial.

Nos ramos do planejamento sustentável e da eficiência energética na arquitetura existem diversos e diferentes métodos de abordagem. No caso do *Behnisch Architekten*, os arquitetos escolheram as medidas mais eficientes possíveis para que não houvesse posteriores aumentos no orçamento construtivo e pudessem ser integradas no projeto arquitetônico com melhores vantagens.

Assim, optou-se por um equilíbrio entre “arquitetura ecológica” e “arquitetura tecnológica”, com a criação das melhores condições para os trabalhadores e visitantes – por exemplo, os tetos-jardim e espelhos d’água no pátio interno do edifício criam um microclima mais agradável no verão quente característico do clima temperado, além de favorecer ao aspecto sustentável da arquitetura em questão (JAEGER, 2009).

Nos princípios da competição para o novo edifício do Nord/LB foram estabelecidas diversas diretrizes para a concepção do projeto, entre as quais estava o uso de tecnologia moderna e sustentável. Ademais, fatores para o projeto arquitetônico, de acordo com o clima temperado, foram também estabelecidos: fachadas duplas (para melhor desempenho térmico), materiais translúcidos principalmente nas fachadas sul e oeste (para melhor aproveitamento solar), *brises* solares móveis para o verão, janelas fixas e móveis, as quais têm as aberturas determinadas pelos gráficos de simulação das sombras e correntes de ar.

Para o Nord/LB não apenas foram reduzidos os orçamentos para então nova regulamentação de isolamento, mas também foram elaboradas medidas ecológicas dentro de limites economicamente viáveis. A priori, não houve interesse em alcançar os requisitos de baixo aquecimento, conforme os padrões do selo Habitação Passiva, entretanto em explorar da melhor maneira possível recursos naturais como luz solar, ventilação externa e solo natural. Desta forma, uma agradável temperatura interna pode

ser criada em todo edifício, ao mesmo tempo em que os custos para ventilação, refrigeração, aquecimento e iluminação são diminuídos. Tal conceito torna-se bastante claro nas salas internas do banco, uma vez que é possível dispensar o uso do ar-condicionado e permanecer no ambiente com ventilação natural através das janelas. Neste contexto, com simples estratégia térmica, o alto potencial de refrigeração do ar natural externo é adquirido, em apenas 5% do ano, que de acordo com estatísticas em Hannover, está acima de 22 °C, ou seja, em todo resto do ano é excelente para refrigeração interna (BEHNISCH, BEHNISCH & PARTNER, 2002).

Para que os escritórios recebam permanentemente o ar fresco natural, este, acumulado entre as lamina de vidro da fachada dupla, é conduzido para toda edificação através das janelas tipo maximar. Ao abrir a janela, o ar natural flui para os escritórios e, através de uma aba, o mesmo ar alcança o corredor. O ar usado é então conduzido para fora através dos poços de ventilação com a ajuda do chamado efeito chaminé.

Outra importante solução para redução de energia foi a utilização de proteção solar em conexão com o uso da iluminação natural. A técnica funciona de tal forma em que os elementos solares ao funcionarem em sua total capacidade, não deixam os ambientes tão escuros e, portanto, ao serem instaladas as persianas metálicas, os *brises* superiores são estabelecidos horizontalmente, para entrada de luz solar, enquanto o restante das lâminas são postas inclinadas para que a iluminação possa ser refletida (Fig. 65).

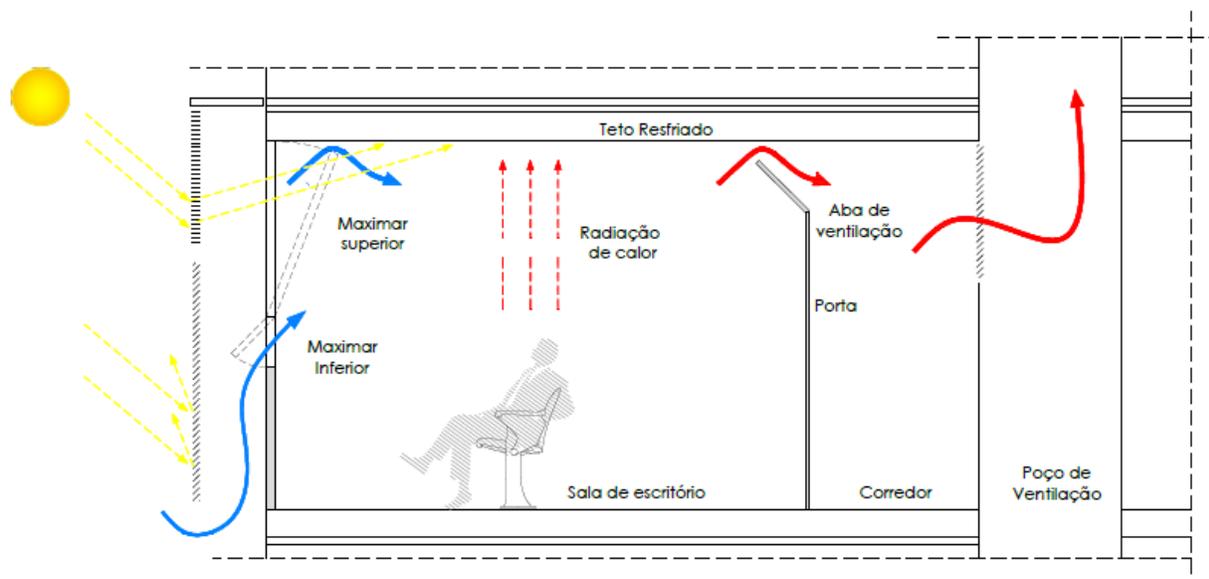


Fig. 65 – Nord/LB - Esquema de Ventilação Passiva.  
Fonte: Behnisch, Behnisch & Partner, 2002. Redesenho do Autor, 2015.

Os funcionários também podem abrir as janelas, acender as luzes ou ajustar os protetores solares, quando e da maneira como quiserem. Caso algum funcionário esqueça as luzes ligadas, o desligamento é feito através de um sensor, que reconhece quando tem iluminação bastante no exterior, portanto, sem necessidade da iluminação artificial.

Para estabelecer as qualidades dos protetores solares e envidraçamento, estudos digitais de sombra foram levados em consideração. Tal estudo mostrou, por exemplo, que o teto do hall de entrada raramente recebe iluminação solar direta (**Fig. 66**). Apenas em torno do dia 21 de junho, dia mais longo do ano, na Alemanha, a luz solar alcança a fachada do hall e, devido ao agudo ângulo de incidência, a quantidade de radiação ainda é escassa. Assim, estas áreas e outras da edificação recebem iluminação solar suplementar através de um condutor de luz especial, o chamado helióstato. Para os ambientes do pavimento térreo houve similarmente um estudo digital de ventilação para estabelecer o número de janelas necessárias e analisar o aquecimento das fachadas (**Fig. 67**).

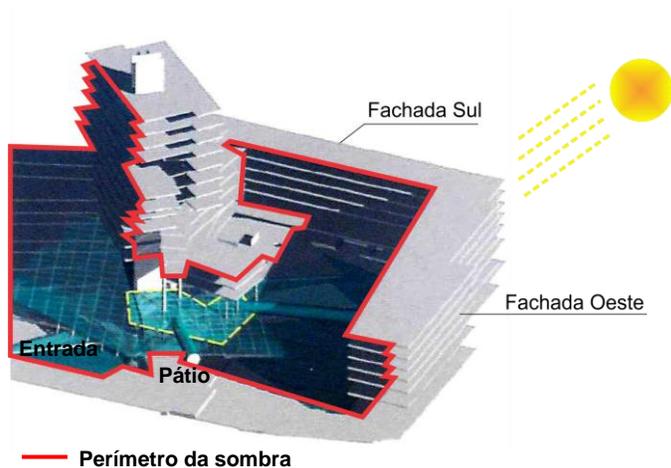


Fig. 66 - Nord/LB – Estudo de sombreamento.  
Fonte: Behnisch, Behnisch & Partner, 2002.  
Edição: O Autor, 2015.

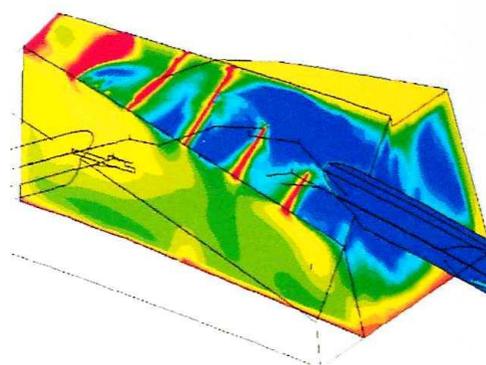


Fig. 67 - Nord/LB – Estudo de ventilação – Pavimento Térreo. Fonte: Behnisch, Behnisch & Partner, 2002.

Nas áreas com vidros inclinados, há pouca ventilação mecânica. Quando a temperatura ultrapassa, os 24°C no verão, abas de ventilação são abertas automaticamente na região do teto, as quais são geralmente suficientes, uma vez que o restaurante dos funcionários também é provido de vidros com proteção solar. Apenas

em casos com grande número de pessoas presentes, as abas são mantidas fechadas e o sistema de ventilação artificial é ligado. No inverno, os ambientes do térreo apresentam piso com aquecimento subterrâneo e, além disso, os vidros inclinados também têm bordas aquecidas. Os escritórios são amplamente equipados com radiadores, no qual o aquecimento é executado inteiramente dentro do sistema de aquecimento urbano de baixo custo. O uso de aquecimento fotovoltaico ou de uma estação elétrica no edifício foi rejeitado devido ao baixo potencial econômico dos mesmos. Apenas a água quente da cozinha do restaurante dos funcionários é produzida por painéis solares, localizados na laje plana do bloco horizontal.

Além do sistema de ventilação, elementos de refrigeração foram também utilizados como um importante método no Nord/LB para a refrigeração ativa dos escritórios. Ainda na fase inicial do planejamento, entre 1997 e 1998, tal técnica era completamente desconhecida para muitos dos participantes do projeto, no entanto, os especialistas para o planejamento energético do edifício mostraram argumentos persuasivos sobre o novo sistema de refrigeração e por fim, tiveram a aprovação pelos profissionais do Nord/LB (BEHNISCH, BEHNISCH & PARTNER, 2002).

Para o elemento de refrigeração, tubos sintéticos de polietileno são instalados dentro da áspera laje suspendida em concreto, onde água fria, em torno de 18 °C, flui através dos tubos sintéticos. A água é geralmente preparada à noite através de mecanismos de armazenamento de ar frio, sem o uso de máquinas de refrigeração. Normalmente, a técnica é suficiente se a laje em concreto armazena o ar frio coletado à noite e libera o mesmo vagarosamente para os escritórios durante o dia ou, em termos físicos, extrai o calor dos escritórios. Em dias extremamente quentes de verão, o teto é resfriado com água fria mesmo durante o dia. Neste caso, a água fria é produzida através de um trocador de calor do solo, o qual é instalado nas fundações sob a torre do edifício.

- **Avaliação**

Em *Contexto e Lugar*, o Edifício Nord/LB apresenta pontos positivos quanto aos aspectos *ambiental* e *político*, visto que acomoda-se satisfatoriamente à paisagem natural existente, além de oferecer espaços (abertos e fechados) de livre acesso ao público. Favorece o uso do transporte público e bicicleta, para se chegar ao edifício, o que gera economia para os usuários. Porém, contrasta com a predominância de edifícios históricos locais. Quanto à forma e função, o Nord/LB destaca-se por soluções econômicas no desenho do projeto, que também valorizam o aspecto social, político e ambiental, já que teve o jardim interno público como principal elemento do edifício e ponto de partida para a disposição dos outros ambientes.

Em *Tectônica e Materialidade*, o edifício relaciona-se bem com as edificações contemporâneas do entorno e é formado por materiais que priorizam a economia da construção e o meio ambiente. No entanto, a alta tecnologia dos materiais apresenta um forte impacto em relação aos materiais das edificações históricas e, portanto, os aspectos *social* e *político* tornaram-se mais desvalorizados. Por outro lado, o edifício destaca-se com tecnologias sustentáveis que geram maior economia e conforto aos usuários, sem muito impacto negativo ao meio ambiente. Os aspectos *social* e *político* também são evidenciados, uma vez que os usuários têm controle sobre seu próprio conforto interno, já que podem ajustar janelas, iluminação, protetores solares quando e da maneira que quiserem.

ASPECTOS PROBLEM.	AMBIENTAL	SOCIAL	POLÍTICO	ECONÔMICO	RESULTADO
CONTEXTO E LUGAR	◆◆◆◆	◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆	80%
MORFOLOGIA E FUNCIONALIDADE	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆	80%
TECTÔNICA E MATERIALIDADE	◆◆◆◆	◆◆	◆◆	◆◆◆◆	60%
TECNOLOGIA E CONFORTO	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	90%
RESULTADO	80%	65%	80%	85%	77,5%

### 3.2.3 Hamburgo e o Edifício Unilever

A região metropolitana de Hamburgo é composta por 4,3 milhões de habitantes, onde 1,8 vivem na região central da cidade. Ademais, mais de 300.000 habitantes se locomovem pelas ruas para ir trabalhar diariamente. A cidade hospeda mais de 500 empresas industriais, além do terceiro maior porto europeu, de extrema importância econômica para a região; o que faz de Hamburgo uma “encruzilhada de transportações”, centro tecnológico, destino turístico, assim como uma cidade com constante crescimento populacional (EUROPEAN COMMISSION, 2012). Desta forma, como centro industrial e população crescente, Hamburgo passa a enfrentar diversos desafios ambientais, porém, o uso racional de recursos naturais e política de “crescimento responsável” tem tornado a cidade exemplo de boas práticas ambientais.

Uma vez que está localizada na região Norte da Alemanha, às margens do Rio Elba, Hamburgo é caracterizada pelo clima oceânico, com temperaturas médias de 18.1°C no verão e 1.6°C, no inverno. Com administração feita pelo Senado e formada por sete distritos urbanos, a cidade-estado de Hamburgo apresenta uma malha urbana não ortogonal, onde as ruas e becos se confundem com os diversos canais que adentram pela cidade. Cerca de 40% da área de Hamburgo é formado por parques, praças e espaços livres verdes (**Fig. 68 e 69**).



Fig. 69 – Cidade de Hamburgo, vista aérea.  
Foto: Michael Zapf, 2011

Fig. 68 – Localização de Hamburgo.  
Fonte: O Autor, 2016 (a partir de um mapa base).

Ao longo da última década, Hamburgo tornou-se um excelente exemplo em termos de desenvolvimento sustentável, onde houve fortes incentivos para a construção de edificações menos agressivas ao meio ambiente, como o Edifício Unilever, além da implementação de políticas sustentáveis como princípio orientador para todos os objetivos e ações fundamentais em todos os domínios de políticas da cidade-estado. Nesse contexto, a cidade ganhou o prêmio de Capital Verde da Europa, em 2011; prêmio este, que promove uma melhor mobilidade sustentável, moderna administração de gastos públicos, uso sustentável do solo urbano e soluções verdes. Olaf Scholz, primeiro prefeito da cidade de Hamburgo, afirma que:

Como Capital Verde da Europa, o principal objetivo é servir como um modelo para outras cidades europeias no que diz respeito à sustentabilidade e ao meio ambiente. Na Europa, a união de forças para proteger o meio ambiente é de suma importância, uma vez que os problemas ambientais não terminam nas fronteiras de um país ou cidade. (EUROPEAN COMMISSION, 2012).

Não apenas um exemplo europeu, Hamburgo mostra às diversas cidades do mundo que é possível uma transformação urbana, mesmo quando o caso parece não ter mais solução. Nos últimos trinta anos, Hamburgo tinha sua política de expansão longe de um planejamento sustentável, com longas estradas, tráfego intenso e desmatamento de áreas naturais. Apenas recentemente, a cidade adentrou-se nos princípios do desenvolvimento sustentável, por exemplo, com a reestruturação de áreas abandonadas, as quais atualmente são espaços urbanos renovados (**Fig. 70, 71**).



Fig. 70 – Hamburgo - Bairro Hafencity  
Foto: O Autor, 2015.

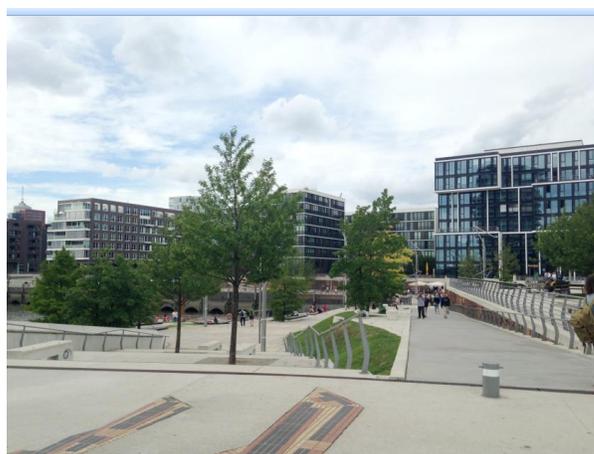


Fig. 71 – Hamburgo - Bairro Hafencity  
Foto: O Autor, 2015.

O bairro de *HafenCity* é considerado um dos maiores exemplos, na Europa, de planejamento urbano com boas práticas sustentáveis. A antiga área industrial foi transformada em um novo tipo de “centro da cidade”, com estrutura urbana de uso misto, 12 mil habitantes e 45 mil postos de trabalho, além de polos comerciais, gastronômicos, culturais e espaços de lazer (**Fig. 72, 73, 74**). A mobilidade é dada através de uma nova linha de metrô que atende ao novo bairro e as edificações apresentam alta eficiência energética, com energias renováveis e baixa emissão de gás carbono. Assim, a grande maioria dos projetos de *HafenCity* são conhecidos internacionalmente pela aquisição de prêmios e certificações ambientais, além do excelente desempenho urbano ao longo do tempo.



Fig. 72 – Bairro HafenCity – Área em expansão.  
Fonte: O Autor, 2015.



Fig. 73 – Hamburgo - Bairro HafenCity:  
vias e infraestrutura urbana.  
Fonte: O Autor, 2015.



Fig. 74 – Hamburgo - Bairro HafenCity  
Fonte: O Autor, 2015.

## Edifício Unilever

*Behnisch Architekten, 2007-2009*

Com objetivo de criar espaços para 1.200 trabalhadores, o Edifício Unilever, projeto do escritório alemão Behnisch Architekten, foi concebido com função de ser um edifício corporativo de multiusos (escritórios, centro de conferências, cafés, restaurante e espaço comercial). O edifício é parte também do projeto de expansão urbana da cidade de Hamburgo, que teve áreas portuárias abandonadas revitalizadas, como no caso do bairro Hafencity.

O Edifício Unilever apresenta-se muito bem inserido no entorno imediato, com respeito às linhas diagonais e à altura das edificações existentes e se destaca devido às características arquitetônicas relacionadas ao desenho excêntrico (que faz alusão ao caráter marítimo da cidade) e tecnologias de baixo impacto ambiental. **(Fig. 75).**



Fig. 75 – Edifício Unilever, Hamburgo. Fonte: O Autor, 2015.

- **Contexto e Lugar**

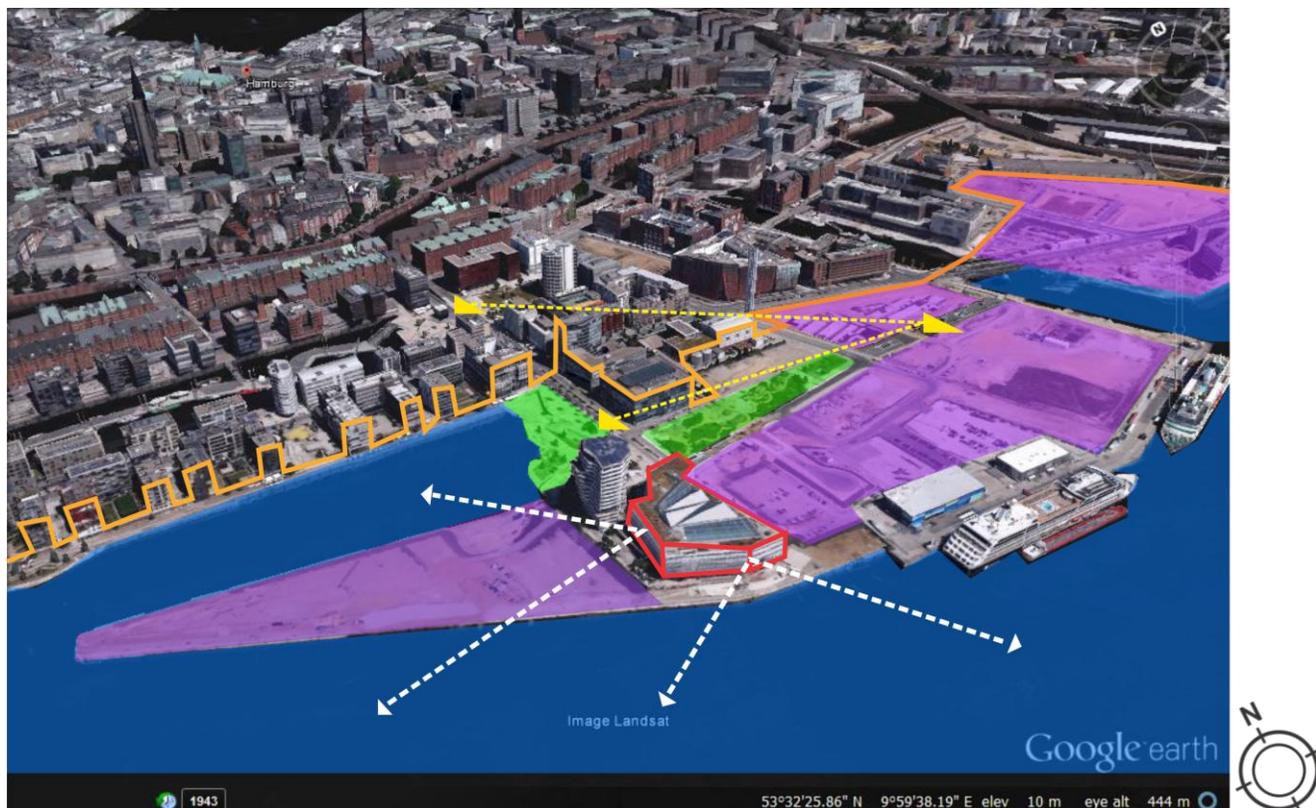
A localização do terreno, às margens do rio Elbe, foi determinante para elaboração do projeto e bastante desafiadora. O edifício, além de respeitar os aspectos ambientais existentes e paisagem local, deveria ainda cumprir com as diretrizes da legislação para planejamento no bairro, ou seja, apresentar forma horizontal, afastamentos mínimos, fornecer espaço público, cobertura vegetal e sistemas de racionalização de energia (DURAN & HERRERO, 2010). O edifício Unilever encontra-se numa área de expansão urbana, circundado por terrenos ainda vazios e conjunto arquitetônico contemporâneo, que enfatiza a importância do rio, através do caráter horizontal. Três, das quatro fachadas do edifício, são isentas de barreiras visuais e duas fachadas apresentam vistas diretas para o rio, que foi partido principal para a elaboração do projeto arquitetônico. (Fig. 76, 77).



Fig. 76 – Edifício Unilever e entorno imediato. Fonte: Google Earth, 2016.

O pavimento térreo do Unilever é inteiramente aberto ao público e o terreno não apresenta barreiras físicas (paredes, muros ou divisórias) entre o espaço público e o privado. Na parte posterior (fachada sul), a escadaria também exerce função urbana,

uma vez que está disponível aos visitantes para simples contemplação da paisagem (**Fig. 78**). O edifício consta com 400 vagas para automóveis, bicicletários e estação para aluguel de bicicletas (**Fig. 79**). No entanto, apesar do grande suporte à mobilidade, as ruas que margeiam a edificação não apresentam fluxo intenso. O transporte público supre toda região do edifício através de linhas de ônibus e da estação de metrô *Hafencity*, conectada a toda cidade de Hamburgo.



Legenda:

■ Edifício Unilever ■ Altura do entorno ■ Área em expansão ■ Área verde ■ Rio Elbe ■ Estações de metro e ônibus

Fig. 77 – Edifício Unilever e entorno imediato. Fonte: Google Earth, 2016. Edição: O Autor, 2016.

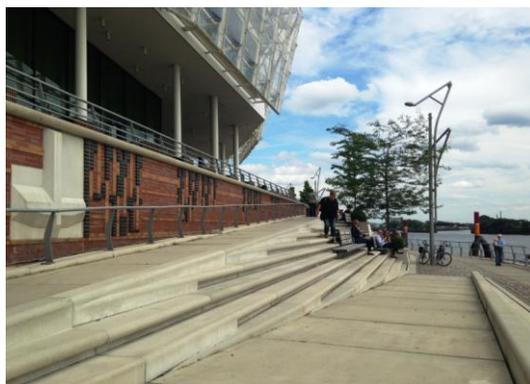


Fig. 78 – Escadaria na Fachada sul.  
Fonte: O Autor, 2015.



Fig. 79 – Aluguel de bicicletas no edifício.  
Fonte: O Autor, 2015.

- **Morfologia e Funcionalidade**

O fator principal da concepção do projeto está no átrio central, o qual permite acesso ao público e recebe amplamente a iluminação natural. O vazio central também articula quase todos os espaços internos e determina a fluidez tridimensional da edificação, além de conectar os eixos de entrada norte e sul, os quais integram o exterior com os espaços internos. A conexão entre interior e exterior é dada de tal sutileza que as áreas externas pertencentes ao edifício se confundem com o espaço urbano: a entrada é uma continuidade da rua e vice-versa.

A partir da água como elemento principal, os arquitetos elaboraram um edifício de baixa altura, linhas diagonais e ângulos variados, onde as vistas para rio, no interior do edifício, estão sempre presentes. No programa do projeto, foi requerido que parte da edificação fosse aberta ao público, fator que condicionou a uma disposição dinâmica, rara de ser encontrada em edifícios de escritórios. O pavimento térreo é formado principalmente por serviços de uso público: espaço de estética, café, supermercado, restaurante, cozinhas e salas para estocagem de mercadorias, além do salão central – cada um em forma de um polígono diferente (característica marcante na arquitetura desconstrutivista). Os espaços de uso permanente e aberto aos visitantes (café e restaurante) dispõem-se na fachada sul e têm seus respectivos fechamentos em vidro translúcido, já que esta é a fachada com maior ganho de luz solar ao longo do ano, além de estabelecerem forte ligação com a paisagem do rio Elbe. A recepção principal do edifício encontra-se no primeiro pavimento, que engloba ainda consultórios médicos, academia, um cassino e salas de conferência. Os andares superiores compõem os escritórios e salas de reunião (**Fig. 80, 81, 82**).

Todos os pavimentos são conectados por um único espaço: o átrio central. Iluminado naturalmente através de claraboias, o átrio é rodeado pelas fachadas interiores com janelas operáveis e atravessado por passarelas, escadas, elevadores – elementos de transição que dão movimento e enfatizam a dinamicidade do projeto arquitetônico (**Fig. 83, 84, 85**).



- 1 – Espaço de estética
- 2 – Supermercado
- 3 – Café
- 4 – Cozinha 1
- 5 – Estocagem
- 6 – Cozinha 2
- 7 – Restaurante
- 8 – Escadaria

Fig. 80 – Planta Baixa – Pavimento Térreo.  
 Fonte: behnisch.com, acesso em 18.06.16. Edição: O Autor, 2016.



Fig. 83 – Átrio Central iluminado. Fonte: behnisch.com, acesso em 18.06.16.

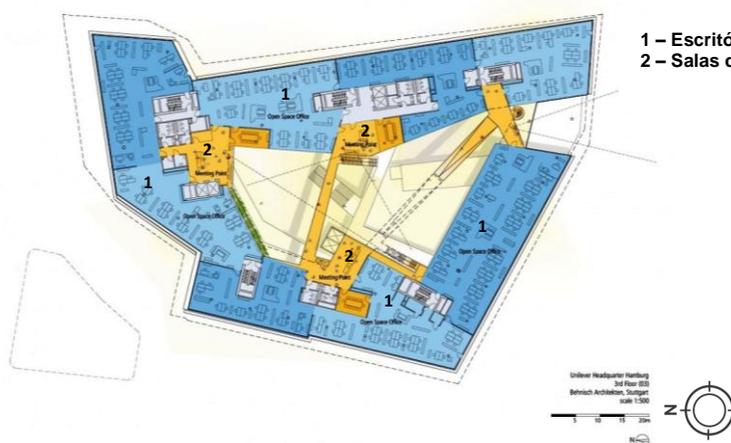


- 1 – Consultórios
- 2 – Academia
- 3 – Recepção
- 4 – Cassino
- 5 – Conferências
- 6 – Centro FM
- 7 – Reprodução

Fig. 81 – Planta Baixa – 1º Pavimento.  
 Fonte: behnisch.com, acesso em 18.06.16. Edição: O Autor, 2016.



Fig. 84 – Escada, passarelas e elevador. Fonte: O Autor, 2015.



- 1 – Escritórios
- 2 – Salas de Reunião

Fig. 82 – Planta Baixa – 3º Pavimento.  
 Fonte: behnisch.com, acesso em 18.06.16. Edição: O Autor, 2016.



Fig. 85 – Pavimentos superiores.  
 Fonte: behnisch.com, acesso em 18.06.16.

- **Tectônica e Materialidade**

Apesar da forma rebuscada, que se assemelha a um casco de um navio (sendo assim, uma possível referência ao local de implantação), o Edifício Unilever tem sua composição de fachada como elemento fundamental no que diz respeito à essência arquitetônica do edifício. O tema da fachada como representação primordial na tectônica ainda é bastante polêmico. De acordo com Moreira (2008, p.83),

Remete a uma questão mais complexa e imanente na arquitetura: o conflito entre representação e produção, ou seja, o conflito entre aquilo que uma determinada sociedade espera de um edifício e as novas expressões arquitetônicas possibilitadas pelos novos materiais e técnicas construtivas. Tal conflito pode ser observado nos primeiros arranha-céus norte-americanos (MOREIRA, 2008, p.83).

Após o incêndio de Chicago, em 1871, arquitetos como Dankmar Adler e Louis Sullivan, destacaram-se através de uma construção moderna e avançada, com ampla utilização do ferro e estrutura de aço antiincêndio; materiais que, juntamente à invenção do elevador, na década de 1950, possibilitaram a construção de altos edifícios com vários pavimentos de espaços rentáveis. A popularização das estruturas em aço fundiu-se com o princípio moderno corbusiano das fachadas livres - da estrutura - e deu origem às múltiplas edificações em aço e vidro norte-americanas, destacando-se obras como o *Crown Hall-IIT* (Chicago, 1952-56), de Mies Van der Rohe e o Edifício Seagram (Nova York, 1958), de Mies Van der Rohe e Philip Johnson. Como bem ilustrou Colin Rowe, a estrutura em aço, com o aumento das superfícies envidraçadas e diminuição dos suportes, liberou as fachadas de expressarem as estruturas e as tradicionais analogias antropomórficas. A “pele” do edifício tornou-se independente da estrutura, implicando em uma maior liberdade de criação para as superfícies do volume (MOREIRA, 2008).

A “pele” do Edifício Unilever é totalmente independente. A superfície em ETFE (etileno tetrafluoretileno - polímero isolado a base de plástico, de alta resistência à corrosão e temperaturas elevadas) veste, de fato, a edificação como uma membrana protetora e translúcida, estruturada em aço e alumínio; juntamente a uma película de vidro forma um sistema de fachada dupla que permite a ventilação dos espaços por

meio da circulação do ar entre as duas películas (**Fig. 86, 87, 88**). A transparência é essencial para a edificação, uma vez que se utiliza ao máximo da iluminação natural, que por sua vez já é escassa no norte da Alemanha. E para efetivar a luminosidade, foram utilizadas as placas isoladas de ETFE, ao invés das placas com chapa dupla, estas mais comuns.

O edifício não deixa de ser uma “caixa” com diversos recortes, em que a película “protetora” exerce papel fundamental na concepção arquitetônica: sem a superfície translúcida que compõe a fachada, o edifício da Unilever não seria o mesmo e perderia bastante de sua materialidade e intenção arquitetônica. Percebe-se, assim, que tal membrana não é meramente cenográfica, além de exercer importante função para o desempenho ambiental da edificação no meio urbano.

Nas palavras de Kenneth Frampton, em *Rappel à l'ordre, argumentos em favor da tectônica* (2006), os painéis em etileno do Unilever, conectado a partir de um mesmo tipo de junção seria a “unidade estrutural como essência irreduzível da forma arquitetônica”, onde a junção é “o nexa em torno do qual o edifício começa a existir e se articula como presença”.



Fig. 86, 87, 88 – Edifício Unilever - fachada dupla com película em ETFE.  
Fonte: O Autor, 2016.

## ▪ Tecnologia e Conforto

Cada área do Edifício Unilever com distinta e essencial particularidade, em especial o átrio central, foi submetida a análises para se obter o máximo nível de conforto térmico e acústico. Para tal, o edifício é composto por radiadores controláveis manualmente, persianas ajustáveis e proteção ao ofuscamento, além dos funcionários poderem decidir quando abrir ou fechar as janelas, tanto para o exterior quanto para o átrio interno, participando ativamente, assim, da busca pelo conforto do respectivo meio ambiente de trabalho.

O conceito energético engloba componentes ativos, assim como medidas passivas. Devido à localização próxima ao terminal marítimo de Hamburgo, o edifício encontra-se exposto às emissões de diesel geradas pelos navios ancorados na margem e assim, para proteção contra os gases, um sistema híbrido foi introduzido para ventilação mecânica do edifício. Ventilação primária é fornecida para os escritórios, e em seguida para o átrio, através de ar comprimido e filtrado no pavimento. Ademais, os escritórios também são refrigerados através dos tetos de concreto armado ativados termicamente. Trocadores de calor são localizados no teto para que o ar aquecido interno seja recuperado e não haja perda de energia (**Fig. 89**).

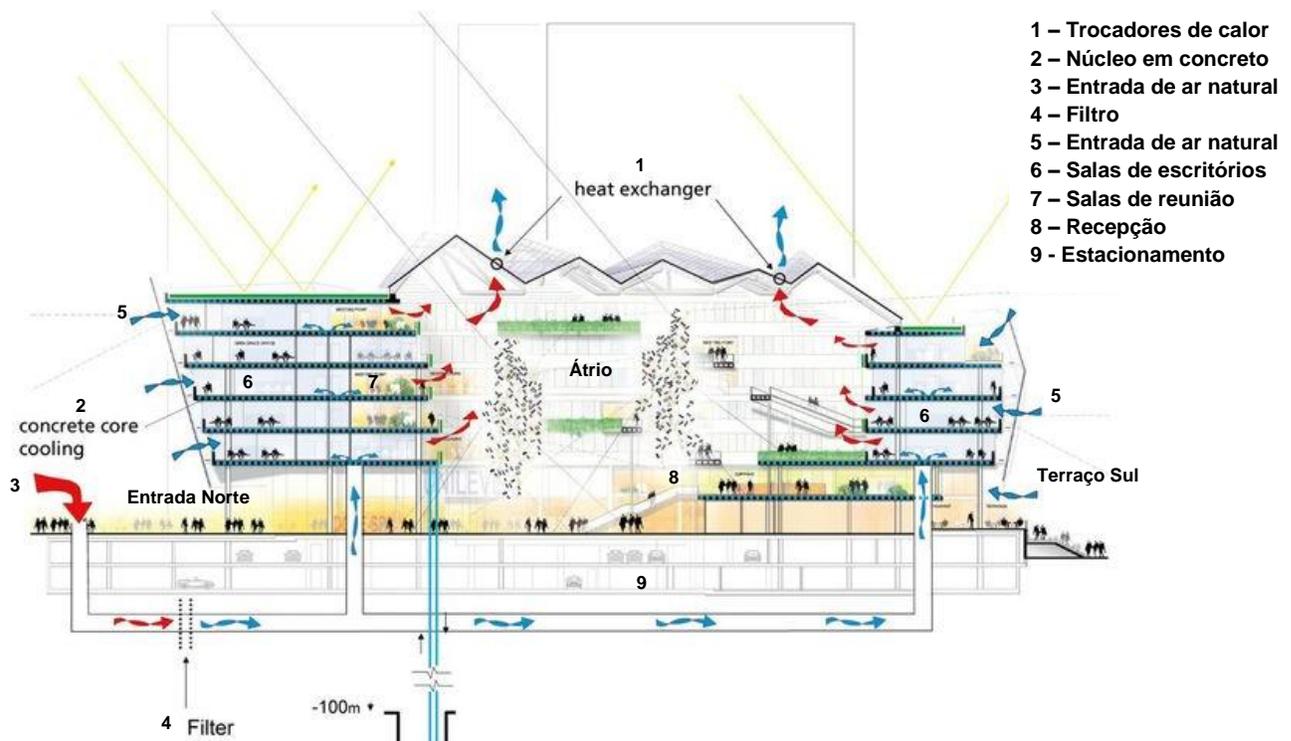


Fig. 89 – Edifício Unilever – Corte longitudinal bioclimático.  
Fonte: Duran & Herrero, 2010. Edição: O Autor, 2015.

Não apenas a superfície em ETFE - que envolve e protege toda a edificação contra alta velocidade do vento, em decorrência da ausência de barreiras, e contra a forte insolação do verão -, as divisórias em vidro que compõem as fachadas do Unilever foram também essenciais para o aspecto bioclimático do projeto.

No pavimento térreo, as lâminas de vidro não recebem total proteção da película em ETFE e, portanto, favorecem mais a passagem da radiação solar para o interior na edificação, o que gera, conseqüentemente, maior aquecimento e maior luminosidade. Assim, optou-se pelo tipo de vidro *ipasol neutral 50/27*, que fornece 50% de transmissão de luz solar para os espaços internos, possibilitando menor uso de iluminação artificial, principalmente nos meses de inverno, além de reduzir os custos operacionais (EVERLING & SCHMID, 2016).

A partir do primeiro pavimento, a fachada em vidro é protegida pela película plástica, que apesar da alta transparência, diminui a transmissão de luminosidade natural e, assim, o escritório optou pelo uso do *ipasol neutral 70/39*, já que apresenta alto nível de transmissão solar (70%) (**Fig. 90**). Todas as divisórias são em vidro duplo com espessura total de 26mm e, juntamente à película, garantem efetivo isolamento térmico aos ambientes durante o inverno. O conforto acústico de todo edifício é tido a partir do uso de folhas de vidro laminado (EVERLING & SCHMID, 2016).



Fig. 90 – Janelas superiores protegidas pela superfície em ETFE. Fonte: behnisch.com, acesso em 21.06.16

O sistema de iluminação dos espaços é um novo sistema SMD-LED, que é 70% mais eficiente que um sistema de lâmpadas halógenas. O projeto foi planejado para que o edifício pudesse sofrer alterações futuras, dispondo os espaços de forma conveniente e favoreceu a iluminação natural em todas as áreas. Nos espaços internos foram utilizados materiais isentos de halógenos, de partículas voláteis e de biocidas e a madeira usada é certificada (DURAN & HERRERO, 2010).

▪ **Avaliação**

O Edifício Unilever apresenta 90,62% de rendimento final quanto ao desempenho sustentável, com pontuação máxima tanto em *Contexto e Lugar*, quanto em *Morfologia e Funcionalidade*. O edifício encontra-se perfeitamente inserido na paisagem local, em acordo não apenas com os edifícios existentes, mas também com a paisagem natural, além de forte conexão com o rio e o porto, elementos de influência principal para qualquer projeto no local. O edifício apresenta baixa altura, pavimento térreo aberto ao público e espaços de estar de uso público para contemplação no rio, o que enfatiza o conceito de que a paisagem natural pertence à população inteira da cidade, não apenas aos usuários do edifício.

Os materiais também são reflexos do contexto e paisagem local, no entanto, a película em ETFE pode gerar uma sensação claustrofóbica, visto que é fixa e envolve toda edificação, sem flexibilidade. Nos pavimentos superiores, os usuários não têm, portanto, acesso direto ao exterior pelas janelas manuseáveis.

Em *Tecnologia e Conforto*, o edifício apresenta um equilíbrio entre tecnologias de alto custo (sistema para proteger os ambientes internos dos gases gerados pelos navios) e simples soluções para aproveitamento de iluminação e ventilação natural (criação de um átrio central com claraboias e fluxos sem barreiras no pavimento térreo. Além de utilizar um sistema de iluminação que traz benefícios econômicos no futuro e deixar a critério dos usuários o controle das janelas, radiadores e venezianas móveis.

ASPECTOS PROBLEM.	AMBIENTAL	SOCIAL	POLÍTICO	ECONÔMICO	RESULTADO
CONTEXTO E LUGAR	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆	100%
MORFOLOGIA E FUNCIONALIDADE	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆	100%
TECTÔNICA E MATERIALIDADE	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆	◆◆◆◆	75%
TECNOLOGIA E CONFORTO	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆	85%
RESULTADO	95%	90%	85%	95%	90,62%

### 3.3 Sustentabilidade em edificações de baixo custo (*low-tech*)

A técnica oposta à política de alta tecnologia (*high-tech*) é o da otimização do edifício através de soluções passivas. A abordagem das edificações de baixo custo (*low-tech*) segue um caminho diferente com o uso de materiais construtivos locais, renováveis e recicláveis, e encontra seus conceitos sob o lema “mais com menos”.

Se os edifícios são construídos em alvenaria, madeira, cimento ou com materiais reciclados, as obras desta “arquitetura responsável” atende não apenas os critérios ecológicos e econômicos, mas também os padrões sociais e culturais (DREXLER & KHOULI, 2012). Normalmente, os edifícios de baixo custo em tecnologia não são construídos para o público, porém, muitas vezes com a população em processo participativo, e tal fato torna a arquitetura mais próxima dos princípios básicos sustentáveis.

As soluções de baixo custo em tecnologia apresentam diversas vantagens: energia passiva no local é gratuita e confiável para o futuro; falhas técnicas podem sempre acontecer, entretanto são menos frequentes; ideias e conceitos eficazes para volumes, fachadas, detalhes construtivos, quando pensados desde o início, fazem uma melhor economia nos custos finais do projeto com menos tecnologia, energia e consumo de água.

A grande diferença entre os dois lados encontra-se na acessibilidade e alienação causada pelo método de produção. A alta tecnologia tende a concentrar em poucos a sua produção, e por maior que seja a escala produzida, ela será pouco acessível à maioria da população e, certamente, exigirá enorme demanda de energia no processo. Em contraste, o sistema de baixo custo permite uma democratização mais ampla de tecnologia e da acessibilidade, elementos fundamentais para a obtenção de um equilibrado tripé sustentável.

Não é possível excluir completamente o uso da tecnologia. Uma arquitetura sem a mesma resulta em condições de conforto insuficientes. No entanto, a tecnologia não deve ser a principal solução para os edifícios.

### 3.3.1 Freiburg – Condomínio Solar + Habitação Imóvel e Trabalho

Fundada em 1120 como cidade mercantil, Freiburg é um distrito urbano independente que pertence à região de Breisgau, no extremo sul ocidental da Alemanha, localizada no coração da Floresta Negra, é cercada pelas montanhas Roskopf e Bromberg a leste e Schönberg, Tuniberg e Kaiserstuhl, ao sul e oeste. Com aproximadamente 220 mil habitantes e área de 155 km<sup>2</sup>, situa-se exatamente a 47°59'43" norte e 7°51'11" leste (**Fig. 91, 92**). É reconhecida mundialmente por ser grande acolhedora àqueles que buscam por alto padrão educacional e diversidade cultural, assim como qualidade de vida, uma vez que é considerada capital verde da Alemanha e, por muitos, cidade mais sustentável do planeta.



Figura 92 – Vista aérea de Freiburg, cercada por montanhas e pela Floresta Negra.  
Fonte: Kunkel, 2014.

Fig. 91 – Localização de Freiburg.  
Fonte: O Autor, 2016.

No entanto, não apenas pelo alto padrão de vida e práticas ambientais Freiburg é destacada, a cidade também é conhecida pela imponente catedral gótica *Freiburg Münster*, e antigo centro universitário, que atrai estudantes de todo mundo pela qualidade do ensino, pesquisa e também por conta do agradável ambiente social proporcionado. (**Fig.93, 94, 95**)



Figura 93 – Cidade de Freiburg,  
Foto: O Autor, 2015.



Figura 94 – Cidade de Freiburg.  
Foto: O Autor, 2015.

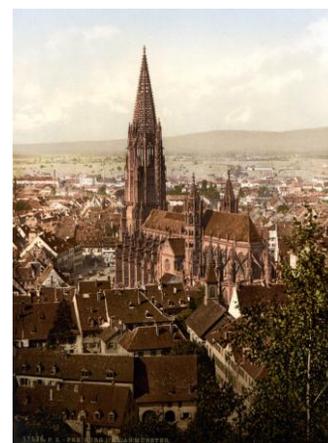


Figura 95 – Freiburg – Vista aérea da  
Catedral. Fonte: <http://tinyurl.com/pkufk6l>  
Acesso em 12.10.15

Freiburg encontra-se no extremo sudoeste do país, porém a região montanhosa que circunda o município bloqueia a corrente continental leste e, assim, a cidade recebe mais influência das correntes marítimas e tem clima predominantemente temperado oceânico. No verão a temperatura média é em torno de 21°C, e pode atingir picos um pouco acima dos 30°C, enquanto no inverno a média é aproximadamente 3°C, com mínimas em torno de -10°C. A temperatura média anual da cidade é 11,8°C, no período que se refere aos últimos vinte anos. Natural de climas oceânicos, os índices de precipitação de Freiburg são elevados e distribuídos em todas as estações, com máximas de 97mm, no mês de maio. As temperaturas médias da cidade, na maioria dos meses, encontram-se acima das médias da Alemanha, já a umidade relativa do ar é um pouco abaixo à média do país (78%), em torno de 62%.

Responsável por uma beleza arquitetônica ímpar, por dias ensolarados e fácil acesso à Floresta Negra, Freiburg tornou-se um dos principais polos turísticos alemães. A cidade também alia riqueza cultural a uma intensa e sincera política sustentável que fez a mesma ser intitulada capital verde da Alemanha. Princípios de sustentabilidade surgiram em Freiburg após a Segunda Guerra Mundial, quando o estado de Baden-Württemberg precisou ser reconstruído e implantou medidas de conservação ecológica e preservação de recursos naturais. Em seguida, ocorreu uma manifestação dos habitantes quando o governo decidiu implantar uma usina nuclear na região, no entanto, devido ao desastre de Chernobyl e insatisfação dos moradores, o governo em

parceria com a população começou a estudar alternativas ecológicas para energia, o que transformou Freiburg em um grande exemplo de consciência sustentável atual.

De acordo com o prefeito da cidade, Dieter Salomon, ideias sustentáveis apenas tornam-se realidade quando os habitantes estão também inseridos na participação da política ambiental. Em Freiburg, o novo plano de uso do solo "*Land Plan Use 2020*", adotou objetivos definidos por um grupo da população, como condições estruturais básicas para o novo regime de uso do solo (DALLMANN, 2014).

Neste contexto, é possível ter compatibilidade ecológica, justiça social e viabilidade econômica, integrados, uma vez que há diálogo entre o governo e uma população. É claramente notável temperaturas mais elevadas em Freiburg do que no resto da Alemanha e, portanto, o governo procura, ao máximo, utilizar a energia solar em substituição da energia elétrica. Inovações no ramo na engenharia solar fizeram Freiburg receber o Prêmio Solar Alemão e o escritório da arquitetura da cidade "Rolf Disch" foi honrado com o Prêmio Europeu de Meio Ambiente, devido aos projetos e concepções voltados para a arquitetura solar.

Pedestres e ciclistas são, de fato, os membros da cadeia populacional em que a capital verde está interessada. A questão do transporte público não é problema para a cidade, que solucionou o tráfego intenso com a mais simples lei da mobilidade urbana: proíbe a circulação de automóveis no centro da cidade. O sucesso se deu, também, devido à implantação do conceito de cidade compacta na prática, que prioriza o crescimento dos bairros centrais sobre os periféricos, investe na eficiência do transporte público e pode ser atravessada rapidamente. Segundo Richard Rogers (2011), "cidades compactas são sustentáveis".

O conceito de cidade compacta deve ser pensado de acordo com a realidade de cada metrópole. Portanto, é preciso pensar em espaços multifuncionais e bairros com alta diversidade de funções: residenciais, comércio e serviços, o que favorece menor deslocamento e possibilita oportunidades de emprego perto de casa. As cidades compactas investem em infraestrutura verde, proporcionam qualidade de vida no centro, assim como o uso de transportes públicos alternativos.

Automóveis em Freiburg devem atingir até 30 km/h e vagas para estacionamento de carros podem custar até 50 mil reais, enquanto a cidade apresenta 500 km de

ciclovias (na década de 70 não havia nenhuma), nove mil pontos para estacionar bicicletas e 220 mil bicicletas, para 100 mil automóveis. Entre 1982 e 1999, o número de ciclistas, medidos a partir do volume total de tráfego do centro da cidade, cresceu de 15% para 27% e o uso de transporte público também aumentou, de 11% para 18%. Durante o mesmo período, o volume de carros diminuiu cerca de 6% e em comparação aos outros municípios alemães, a densidade de automóveis em Freiburg (423 veículos para cada mil pessoas) está bastante abaixo da média do país (Fig. 96, 97, 98).



Figura 96 – Bicicletários em frente à Estação Central de Freiburg. Foto: O Autor, 2015.



Figura 97 – Freiburg – Ruas arborizadas. Foto: O Autor, 2015.



Figura 98 – Freiburg – Rua para pedestres e ciclistas; marcada pelo famoso “bächle”, valetas com água corrente que cortam quase toda a cidade. Foto: O Autor, 2015.

## Condomínio Solar

Rolf Disch SolarArchitecture, 1994-2006

O complexo residencial projetado pelo escritório Rolf Disch, localizado em Freiburg, tornou-se um grande exemplo às novas gerações de arquitetos devido a eficientes soluções sustentáveis e estratégias quanto à racionalização de energia. O projeto recebeu o prêmio Öko 2000, pelo Ministério alemão do Meio Ambiente e Conservação da Natureza, e foi também edifício emblemático da energia solar na EXPO 2000 de Hanôver.

O condomínio solar (**Fig. 99**) apresenta 59 habitações, um edifício comercial e escritórios, que os próprios arquitetos consideram como *Plusenergiehaus*, termo alemão que significa “habitação com energia positiva” e demonstra que o complexo gera mais energia do que necessita. Os edifícios que fazem parte do condomínio apresentam as mesmas técnicas construtivas, materiais, soluções arquitetônicas e as tecnologias sustentáveis são também iguais para todos.



Figura 99 – Entrada do Condomínio Solar, através do bloco comercial. Fonte: O Autor, 2015.

- **Contexto e Lugar**

O condomínio encontra-se em Vauban, distrito localizado na zona sul de Freiburg, que abrange uma área de 40 hectares e é popularmente conhecido como o “bairro ecológico” da cidade. Tranquilo e aconchegante, o bairro é composto por aproximadamente 5.500 habitantes e se desenvolveu a partir de habitações coletivas e consciência ecológica. Edifícios de baixo consumo energético são obrigatórios no bairro, onde 170 unidades foram construídas nas diretrizes do selo Habitação Passiva e outros 70 edifícios são considerados “habitações com energia positiva” (DALLMANN, 2014).

A reserva natural de vegetação existente foi preservada e áreas verdes que compõem os espaçamentos entre as casas garantem excelentes condições climáticas e servem também como área recreativa. A infraestrutura do bairro ainda é composta por escola, jardins de infância, hotéis, bares, mercados, áreas de lazer e locais para as reuniões cívicas (**Fig. 100**).



Figura 100 –Localização do Condomínio Solar, em Vauban/Freiburg.  
Fonte: Google Earth, 2016. Edição: O Autor, 2016.

Os edifícios do bairro são formados ou por “telhados verdes”, telhados cobertos por vegetação que armazenam as águas das chuvas para posterior utilização residencial, ou por “telhados azuis”, formados por painéis solares que transformam a energia solar em energia elétrica. O sistema viário apresenta tráfego bastante calmo, com ruas livres de estacionamento, uma vez que bicicletas e transporte público (ônibus e trams) suprem por completo a mobilidade dos moradores (e visitantes) até as outras áreas da cidade. A entrada do edifício ocorre através do bloco comercial (o Navio Solar), localizado na Rua *Merzhauser* que conecta o bairro ao resto de Freiburg. Internamente, no Condomínio Solar, as ruas dão preferência aos pedestres e ciclistas, porém automóveis também são permitidos (**Fig. 101**).



Legenda:

- Condomínio Solar
- Vias principais de acesso
- Limitação de Vauban
- Área verde
- Bloco comercial - Navio Solar
- Estações de ônibus e trams

Figura 101 –Localização do Condomínio Solar, em Vauban/Freiburg.  
Fonte: Google Earth, 2016. Edição: O Autor, 2016.

- **Morfologia e Funcionalidade**

O projeto do Condomínio Solar reflete a atmosfera ecológica de Freiburg, assim como a personalidade e singularidades do arquiteto Rolf Disch, o qual tinha por objetivo provar que uma habitação com energia positiva funcionaria bem tanto para residências, quanto para edifícios comerciais.

O condomínio é formado por quatro tipos de residências, sempre com três ou quatro pavimentos, além de facilidades comunitárias. As casas são geminadas e dispostas em fileiras no sentido leste-oeste, para melhor aproveitamento solar, unidas por uma única cobertura, que suporta o conjunto de painéis solares. A escolha por casas geminadas foi solução para vencer os impasses financeiros, visto que favoreceu tanto a economia espacial, quanto material.

No total são dez fileiras térreas e mais quatro fileiras no topo do bloco comercial; a maior fileira é constituída por sete casas, enquanto a menor, por duas, totalizando 59 habitações. No sentido norte-sul, os dois blocos que formam a primeira fileira são copostos por residências de quatro pavimentos e apresentam terraços para a fachada Norte. As fileiras seguintes são formadas por residências de três pavimentos, sem terraços ao Norte. Estes terraços são descobertos e, portanto, definem quando a cobertura tem uma ou duas águas. Todas as residências apresentam terraços e amplas aberturas na fachada sul e são integradas com jardins (**Fig. 102, 103**).



Figura 102 – Condomínio Solar – Fachada Norte.  
Fonte: rolfdisch.de, acesso em 04.07.16



Figura 103 – Condomínio Solar – Fachada Sul.  
Fonte: rolfdisch.de, acesso em 04.07.16

O desenho das plantas é simples, econômico e compacto. A escada é o elemento central das residências, que divide área social e área comum. Nas plantas menores de 75 m<sup>2</sup>, o pavimento térreo é formado por salas de jantar, estar e cozinha; nas plantas maiores de 162 m<sup>2</sup>, ainda é possível um salão de entrada e lavabo. Já os pavimentos superiores são contemplados com banheiros, quartos de dormir e, em alguns casos, salas para escritório. Devido à flexibilidade volumétrica, os espaços internos podem variar entre habitação e trabalho (**Fig. 104**).

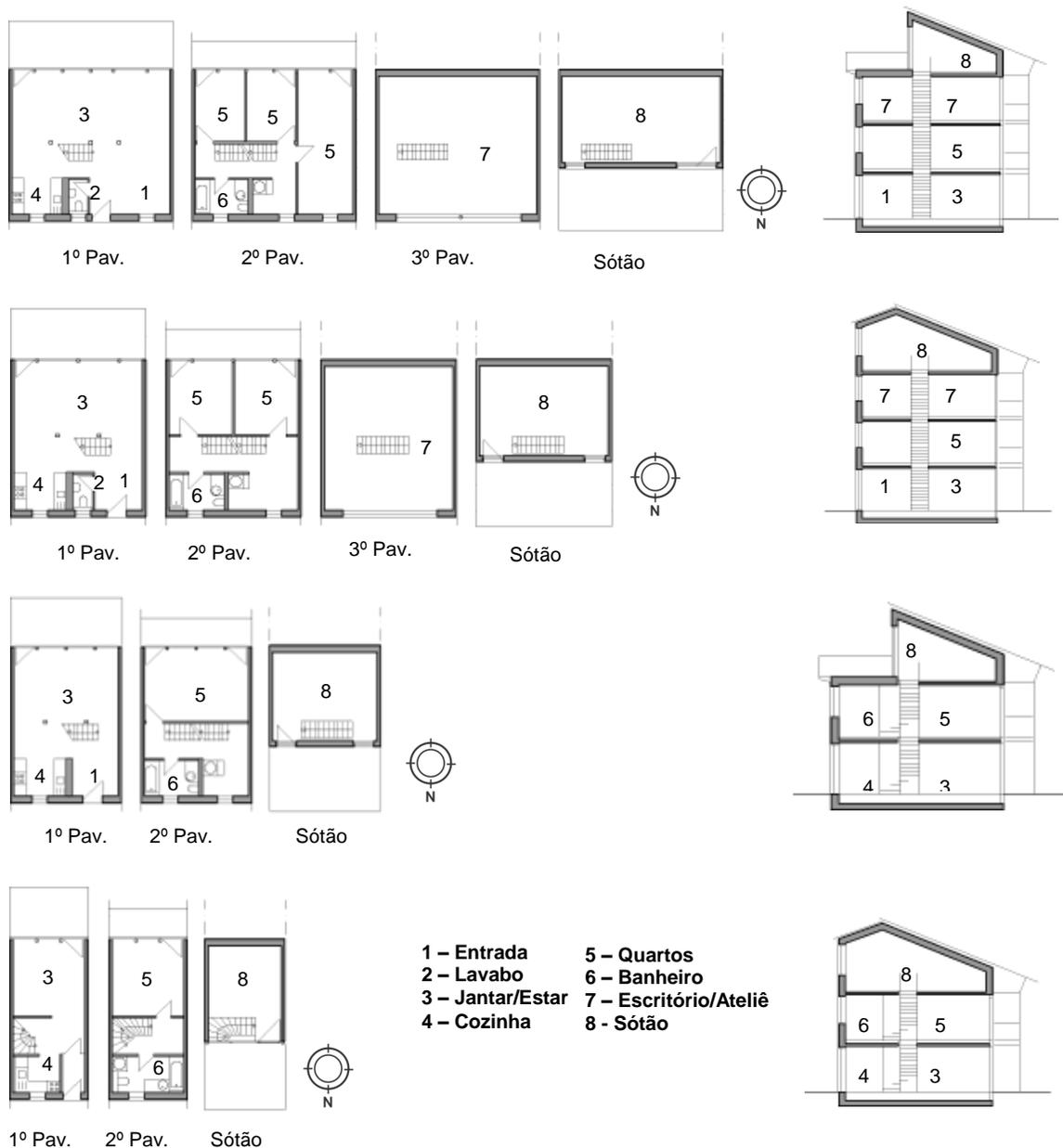


Figura 104 – Os quatro tipos de planta baixa do Condomínio Solar e respectivos cortes.  
Fonte: rolfdisch.de, acesso em 04.07.16

## ▪ Tectônica e Materialidade

Os materiais e estruturas que compõem as residências do Condomínio Solar reforçam o conceito de arquitetura e urbanismo experimental e prototípico, no qual são investigadas novas formas de habitar, em consideração e respeito aos aspectos ambientais, sociais, políticos e econômicos.

Todas as casas foram erguidas principalmente em madeira ecológica. As fachadas externas são compostas por réguas pré-fabricadas em madeira, dispostas horizontalmente e coloridas externamente, em diferentes cores. As cores vivas e quentes são marcantes na plástica das residências e formam uma composição com o verde natural da vegetação existente. A policromia acentua o contraste entre os volumes, além de servir como uma identificação indireta (**Fig. 105, 106**). O conceito de cores foi desenvolvido paralelamente pelo artista plástico berlinense Erich Wiesner.

No exterior ainda é possível encontrar painéis metálicos como fechamentos para algumas fachadas. A estrutura dos terraços, varandas, peitoris, calhas, tubulações externas que recolhem as águas das chuvas, cobertas e marquises são todas metálicas sem tratamento e leves. Os amplos beirais formados pelos painéis fotovoltaicos são também apoiados em suportes metálicos e protegem os terraços das chuvas. Os interiores são revestidos em madeira clara e placas de gesso, enquanto os pavimentos, alguns em cortiça envernizada, são naturais (**Fig. 107, 108**) (DURAN & HERRERO, 2010).



Figura 105, 106 – Madeiras coloridas. Fonte: O Autor, 2015.



Figura 107, 108 – Elementos metálicos e espaço interno. Fonte: rolfdisch.de, acesso em 04.07.16

## ▪ Tecnologia e Conforto

Além de variar entre habitação e trabalho, a flexibilidade espacial das residências também permite um excelente desempenho para o clima temperado de Freiburg. Durante os meses de verão é possível ter ambientes arejados e ventilados nos primeiros pavimentos, através da ventilação cruzada entre as amplas esquadrias da fachada sul e janelas da fachada norte. Nos meses frios (de outubro a março), a transparência das esquadrias ajuda a manter o calor no interior, enquanto os pavimentos superiores são protegidos por paredes revestidas em madeira. O bloco de escada também serve como fluxo para exaustão do ar, que é conduzido e extraído através das aberturas do sótão (**Fig. 109**).

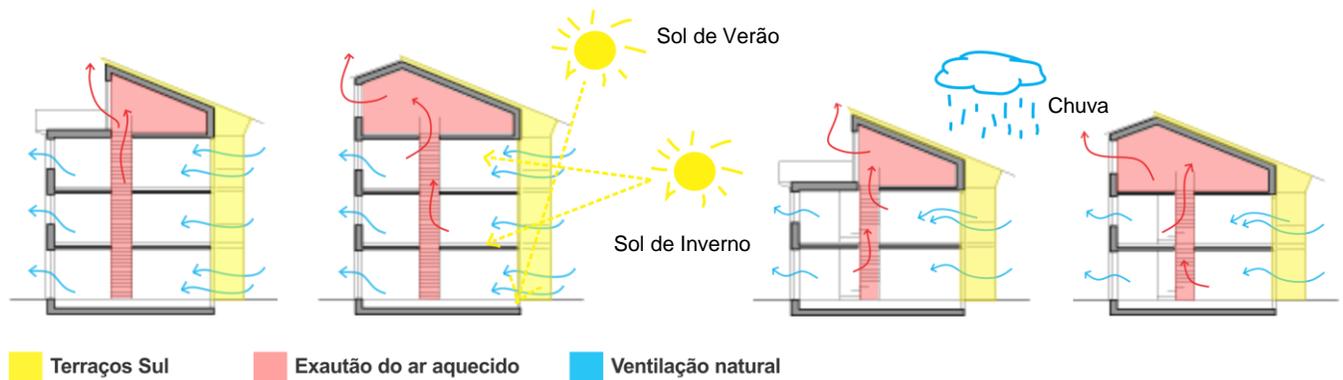


Figura 109 – Ventilação e exaustão natural nos quatro tipos de residências. Fonte: O Autor, 2016.

A produção de energia solar comunitária, a ser consumida pelo próprio complexo, foi o principal objetivo tecnológico (e ecológico) da construção. Os arquitetos juntamente aos instaladores decidiram por um sistema de painéis fotovoltaicos dispostos ao longo de toda cobertura sul, sem distorcer o conceito arquitetônico do projeto ou parecer apenas uma tecnologia sustentável de caráter parasita. Os painéis fotovoltaicos são bem integrados ao desenho das residências e tornaram-se elementos de identidade do Condomínio Solar.

As lâminas padronizadas e semitransparentes são integradas ao plano da cobertura sobre os terraços, com um espaçamento de 16cm entre as lâminas e base da cobertura. Os módulos fotovoltaicos são montados em perfis de aço inoxidável de seção retangular oca de 30mm, os quais se apoiam em vigas galvanizadas a quente de seção

I de 100mm (GAIDDON, 2009). A barreira d'água dos telhados consiste em uma camada plástica de vedação. A coberta fotovoltaica tem uma inclinação baixa de 22° para que fosse aproveitado tanto o sol de inverno mais baixo, quanto o sol de verão, mais alto **(Fig. 110, 111, 112 e 113)**.

O Condomínio Solar gera 420,000 KWh de energia solar por ano – mais energia do que necessita. A energia excedente é vendida para rede elétrica pública, por um mínimo de 0,48 euros por KWh, que é vendido pelo menos durante os 20 anos de vida útil da instalação. As necessidades energéticas para o conforto térmico local é obtida através de depósitos de água aquecida por uma caldeira com energia solar e também por uma central que funciona com madeira e restos de lenha (DURAN & HERRERO, 2010).



Figura 110, 111, 112, 113 – Painéis fotovoltaicos do Condomínio Solar.  
Fonte: rolfdisch.de, acesso em 06.07.16

- **Avaliação**

Com excelente planejamento econômico, os edifícios do Condomínio Solar são exemplos de arquitetura que trazem mais benefícios ao meio ambiente do que impactos negativos. Contexto, Lugar, Morfologia e Funcionalidade do projeto apresentam rendimento máximo na tabela, devido à relação que o conjunto de edifícios (simples e compactos) tem com a natureza existente, além de estarem em total acordo com a ideologia ecológica do bairro de Vauban. Estruturas e materiais construtivos sempre causam impacto na paisagem local, no entanto, as residências do condomínio optaram por um sistema construtivo básico e materiais econômicos, de fácil acesso e montagem rápida, o que gera menos resíduo e diminui a poluição no canteiro de obra.

O desenho simples bioclimático favorece ao conforto térmico no clima temperado, porém os edifícios não apresentam tecnologias para o conforto acústico e olfativo, fatores a serem considerados devido à tipologia residencial e proximidade das habitações. Apesar das iniciais dificuldades financeiras para implantação dos painéis fotovoltaicos, o Condomínio Solar é atualmente exemplo mundial de arquitetura com função social e perspectivas futuras. Inicialmente, houve alto investimento com equipamentos e instalações, para que no futuro pudesse suprir a necessidade energética não apenas do condomínio, mas também do bairro e outros locais da cidade.

ASPECTOS PROBLEM.	AMBIENTAL	SOCIAL	POLÍTICO	ECONÔMICO	RESULTADO
CONTEXTO E LUGAR	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆	100%
MORFOLOGIA E FUNCIONALIDADE	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆	100%
TECTÔNICA E MATERIALIDADE	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆	95%
TECNOLOGIA E CONFORTO	◆◆◆◆	◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆	80%
RESULTADO	90%	90%	95%	100%	93,75%

## Edifício Habitação e Trabalho

*Common & Gies, 1996-1999.*

O diálogo entre o arquiteto, os engenheiros especialistas e os futuros moradores foi uma das ferramentas principais para o sucesso do empreendimento. Projetado por *Common & Gies*, escritório renomado pelos princípios sustentáveis e grande execução de edifícios com características ecológicas, o imóvel integra habitação e trabalho para favorecer o convívio social, aliado à escolha de um conforto que respeite o meio ambiente.

O Imóvel *Habitação e Trabalho* (**Fig. 114**) encontra-se entre os projetos pioneiros da Alemanha que atendem às exigências do selo Habitação Passiva e desenvolve diversos conceitos ecológicos: uma quase autonomia no plano energético, gestão econômica de água e utilização dos resíduos orgânicos para produção do biogás (GAUZIN-MÜLLER, 2010).



Fig. 114 – Imóvel Habitação e Trabalho, em Freiburg.  
Fonte: giesarchitekten.de, acesso em 19.05.2016

- **Contexto e Lugar**

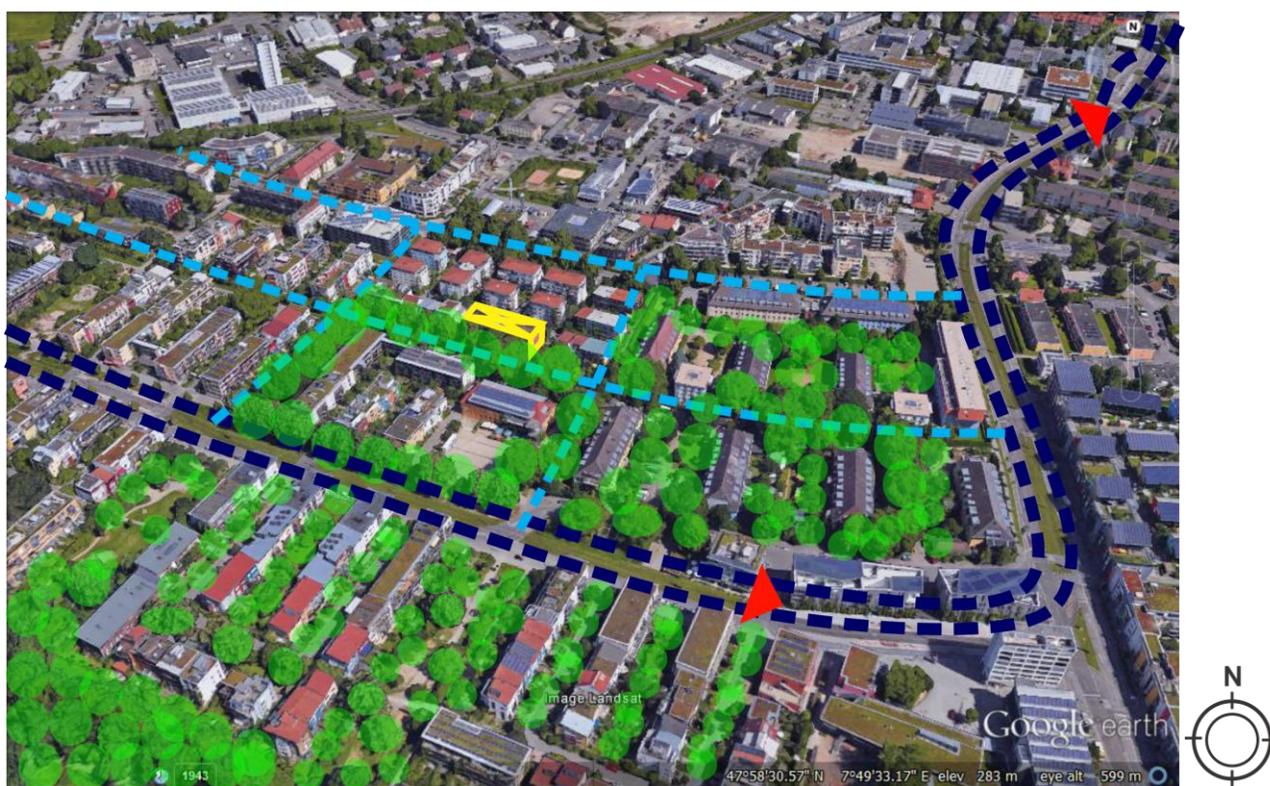
O projeto do Imóvel *Habitação e Trabalho* foi resultado dos anseios de dezesseis famílias moradoras do bairro ecológico de Vauban, próximo ao centro de Freiburg, em uma antiga área militar francesa. A presença no grupo de dois biólogos, dois físicos e do diretor de um instituto de ecologia permitiu a otimização das soluções e garantiu um acompanhamento técnico. (GAUZIN-MÜLLER, 2010)

A malha urbana do bairro integra-se harmoniosamente ao meio ambiente imediato, uma vez que as edificações respeitam os limites de espaçamento e altura, além de acomodarem-se ao verde existente. Através da análise percebe-se que os arquitetos adaptaram o bloco construído ao terreno de forma satisfatória, de maneira que o edifício torna-se elemento fundamental na composição da quadra, na qual está inserido. Ou seja, enquanto o Imóvel *Habitação e Trabalho* não estava construído em suas condições arquitetônicas e urbanas, o sítio que abrange o terreno mostrava-se incompleto. Ao posicionar-se em função das características físicas do terreno, o edifício segue o eixo leste-oeste, com varandas voltadas para o sul, a fim de aproveitar de forma ideal não somente a insolação, mas também as vistas e o solo (**Fig. 115**).



Fig. 115 – Localização do Edifício Habitação e Trabalho, em Vauban, Freiburg.  
Fonte: Google Earth, 2016. Edição: O Autor, 2016.

O acesso ao edifício ocorre de maneira simples através do transporte público (trams e ônibus) que conectam o bairro Vauban ao centro de Freiburg. As ruas do edifício *Walter Gropius Strasse* e *Sky Strasse* (vias secundária) articulam-se facilmente com as vias principais de transporte público *Merzhauser Strasse* e *Vaubanalle*, as quais são compostas por ciclovias que facilitam o acesso ao bairro e ao edifício através da bicicleta – transporte de uso mais intenso na cidade. O sistema viário circundante ainda é formado por caminhos de pedestres, bicicletários, áreas de descarga próximas às zonas de serviços, áreas de recreação para as crianças e espaços de convívios, os quais favorecem o contato e a vida social (Fig. 116).



Legenda:

■ Edifício Habitação e Trabalho ■ Vias principais ■ Vias secundárias ■ Áreas verdes ■ Estações de tram e ônibus

Fig. 116 – Localização do Edifício Habitação e Trabalho, em Vauban, Freiburg.  
Fonte: Google Earth, 2016. Edição: O Autor, 2016.

### ▪ Morfologia e Funcionalidade

De acordo com as necessidades particulares dos moradores o imóvel que pretendia dar função à habitação e trabalho desenvolveu-se em uma composição bastante individualizada, compreendido por quatro escritórios, dezesseis habitações – do estúdio ao duplex -, um ateliê de artista, além de áreas comuns.

A característica híbrida das funções no edifício é bastante relevante quanto aos princípios da sustentabilidade arquitetônica e urbana. As edificações de uso misto que atendem às funções “habitar” e “produzir” diminuem os deslocamentos dos usuários e favorecem à mobilidade urbana e à formação de cidades mais compactas. De acordo com Rogers (2011), os edifícios mistos podem ser uma solução para a reconstituição do tecido urbano, além do edifício proporcionar uma nova maneira de viver na cidade, que se iniciou durante Revolução Industrial, e tornar-se, atualmente, uma estratégia para o projeto de uma arquitetura mais sustentável.

Com valores ecológicos, o edifício é basicamente um bloco único de quatro pavimentos, simples e horizontal, erguido diretamente do piso térreo, com base subterrânea. É composto por dois tipos de plantas baixas subdivididas em oito vãos transversais, entretanto, o sistema construtivo e os vãos variáveis entre as paredes internas permitem uma grande flexibilidade na distribuição das habitações e dos escritórios (**Fig. 117 e 118**).

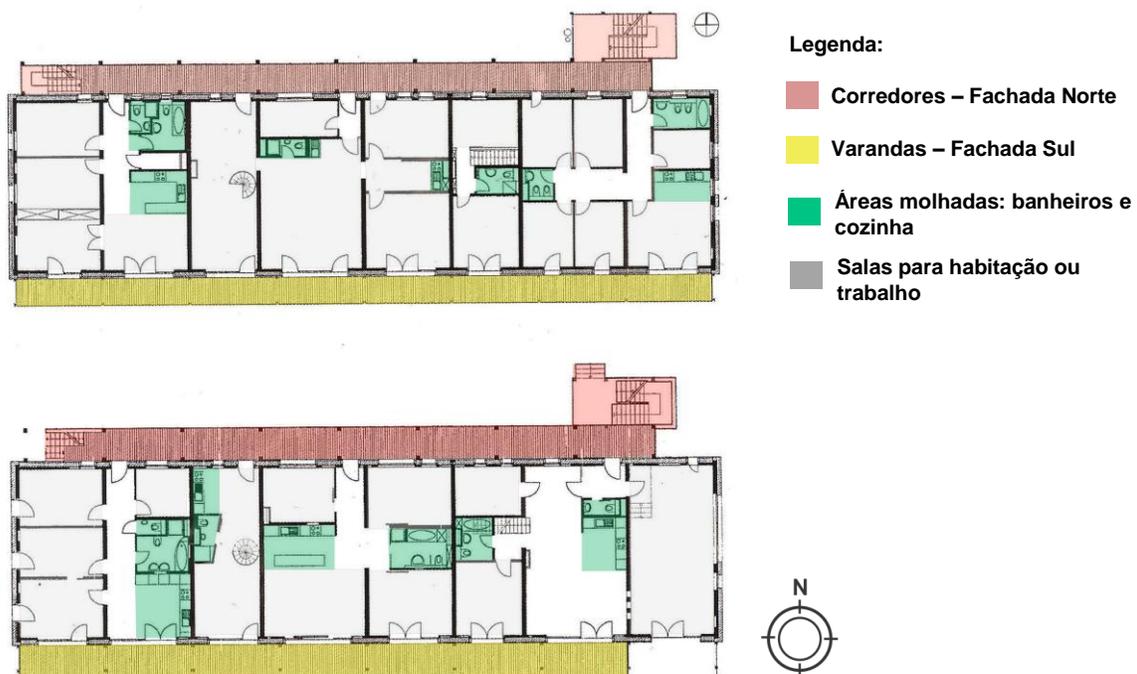


Fig. 117, 118 – Planta Baixa de dois pisos padrão.  
Fonte: Gauzin-Müller, 2010. Edição: O Autor, 2016.

Todos os espaços que podem funcionar como habitação ou trabalho recebem ventilação e iluminação natural direta. No entanto, alguns banheiros, localizados na parte central da planta, apresentam aberturas para as salas ou poço de ventilação; enquanto outros, encontram-se sem janelas, o que aumenta o desconforto e a insalubridade do ambiente.

As fachadas apresentam aberturas e esquadrias marcantes. Ao norte os quatro pavimentos estão ligados por escadas e corredores externos que dão acesso a entrada dos cômodos, no lado sul a fachada é protegida por varandas contínuas, independentes dos pisos, assim como pela vegetação existente nas avenidas circundantes ao terreno. Para aperfeiçoar os aportes solares, as superfícies envidraçadas ocupam 50% da fachada sul e apenas 20% das empenas e da fachada norte (**Fig. 119, 120**). As fachadas menores voltadas para leste e oeste são marcadas por aberturas de geometria simples de acordo com as necessidades de cada ambiente interno e respectivo usuário.



Fig. 119 – Painéis solares  
Fonte: giesarchitekten.de, acesso em 23.06.16



Fig. 120 – Varandas da fachada Sul  
Fonte: passivhaus-vauban.de, acesso em 23.06.16

## ▪ Tectônica e Materialidade

Embora seja uma edificação simples de médio porte, os arquitetos deram uma atenção especial quanto às escolhas dos materiais para o projeto e, portanto, o imóvel mesmo que delicado apresenta uma diversidade de componentes, porém sem interferir no custo final da obra.

Paredes portantes de blocos silicocalcários (fachadas leste e oeste) e lajes de concreto armado moldadas sobre pré-lajes compõem a estrutura principal do edifício. Tal sistema construtivo além de oferecer um baixo custo, reflete também no conforto interno, uma vez que desempenha um bom isolamento acústico e volume favorável a um controle interno natural.

O contexto estrutural da edificação é uma combinação de concreto, alvenaria e madeira, além da utilização de vidros triplos nas aberturas. As fachadas principais e não portantes (norte e sul) são de painéis de madeira e os montantes estruturais são em **I** a fim de reduzir as pontes térmicas, já limitadas pela fraca condutividade da madeira, em média  $0,12 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ , para alvenarias com estrutura de madeira (**Fig. 121, 122, 123, 124**). No imóvel *Habitação e Trabalho* as paredes de alvenaria comum apresentam condutividade térmica de  $0,15 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ , a cobertura de  $0,1 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ , os vidros triplos de  $0,6 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ , e o piso térreo de  $0,16 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  (GAUZIN-MÜLLER, 2010).

Assim, percebe-se que a utilização de materiais naturais e recursos locais foi uma prioridade no projeto. Além dos blocos silicocalcários, a madeira utilizada para estrutura e esquadrias é de *Picea abies* (conífera da família pináceas e originária do centro e norte da Europa), bastante usada para reflorestamento devido à sua madeira de cor clara e facilidade no acabamento, ideal para portas, janelas, esquadrias e mobiliários. Os painéis pré-fabricados com estrutura de madeira, localizados nas fachadas norte e sul, são isolados por 24cm de lã mineral. No lado interno, o revestimento isolante é escolhido de acordo com a necessidade dos moradores e podem ser lã mineral ou celulose.



Fig. 121 – Fachada Norte.  
Fonte: Gauzin-Müller, 2010.

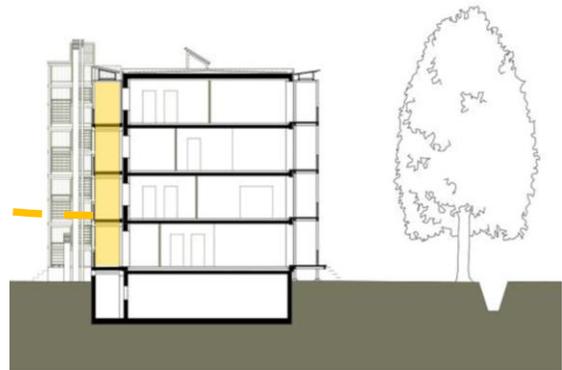


Fig. 122 – Corte transversal – Fachada Norte.  
Fonte: giesarchitekten.de, acesso em 23.06.16  
Edição: O Autor, 2016.

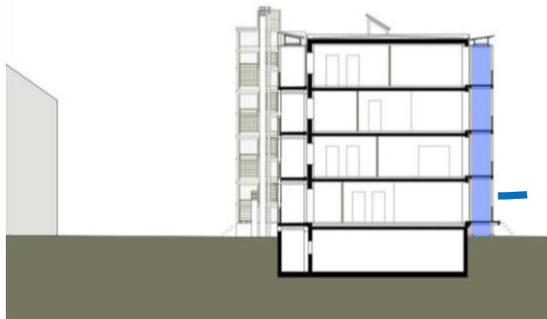


Fig. 123 – Corte transversal – Fachada Sul.  
Fonte: giesarchitekten.de, acesso em 23.06.16  
Edição: O Autor, 2016.



Fig. 124 – Fachada Sul. Fonte: giesarchitekten.de,  
acesso em 23.06.16. Edição: O Autor, 2016.

A estrutura externa independente (corredores, varandas, escadas, peitoris e suportes) é inteiramente metálica. As vigas e pilares das varandas, corredores e escadas são em H de aço galvanizado de 120mm (**Fig. 125, 126**). Os produtos que contêm PVC foram praticamente excluídos da construção. A cobertura apresenta vegetação extensiva, o que favorece ao conforto térmico e acústico da edificação.



Fig. 125 – Estrutura metálica.  
Fonte: Gauzin-Müller, 2010.



Fig. 126 – Estrutura metálica na fachada norte  
Fonte: vauban.de, acesso em 23.06.16

## ▪ Tecnologia e Conforto

Com selo de Habitação Passiva, o projeto, que supre com as necessidades de habitação e trabalho, destaca-se na cidade sustentável de Freiburg devido não apenas por agregar tecnologias ecológicas a uma edificação de baixo custo, porém principalmente pelas soluções minuciosas dos arquitetos para gerar conforto aos respectivos usuários. O edifício é uma arquitetura experimental e faz parte de um programa de pesquisa sobre ecologia, cujos subsídios destinam-se unicamente aos estudos e às medidas de controle de resultados.

O imóvel *Habitação e Trabalho*, a partir dos conceitos energéticos atribuídos, torna-se quase autônomo em eficiência energética, além de reduzir cerca de 80% as emissões de gases de efeito estufa em relação a um edifício novo padrão. O custo da obra foi de 1.227 euros/m<sup>2</sup>, nos quais 7% direcionaram-se para medidas relacionadas ao selo Habitação Passiva (GAUZIN-MÜLLER, 2010).

No projeto foram utilizados subsídios solares orientados para o Sul, isolamento reforçado da fachada (lã mineral e celulose), ventilação mecânica controlada e munida com um recuperador de calor com rendimento de 85%, além de utilização da inércia térmica da estrutura. Tais medidas reduzem as necessidades anuais de calefação do imóvel a 13,2kWh/m<sup>2</sup>. O edifício conta ainda com um cogenerador a gás de 12kW de potência, 50m<sup>2</sup> de coletores solares e um reservatório de 3.400 litros de água quente. Os coletores, de abril a setembro, suprem totalmente a necessidade de água quente e durante o inverno ajudam para calefação. Já o cogenerador, juntamente a painéis fotovoltaicos de 3,2kW, fornece aproximadamente 80% de eletricidade (**Fig. 127, 128**). Ao longo dos estudos para o projeto, simulações computadorizadas também foram realizadas a fim de aperfeiçoar a utilização da luz natural (GAUZIN-MÜLLER, 2010).

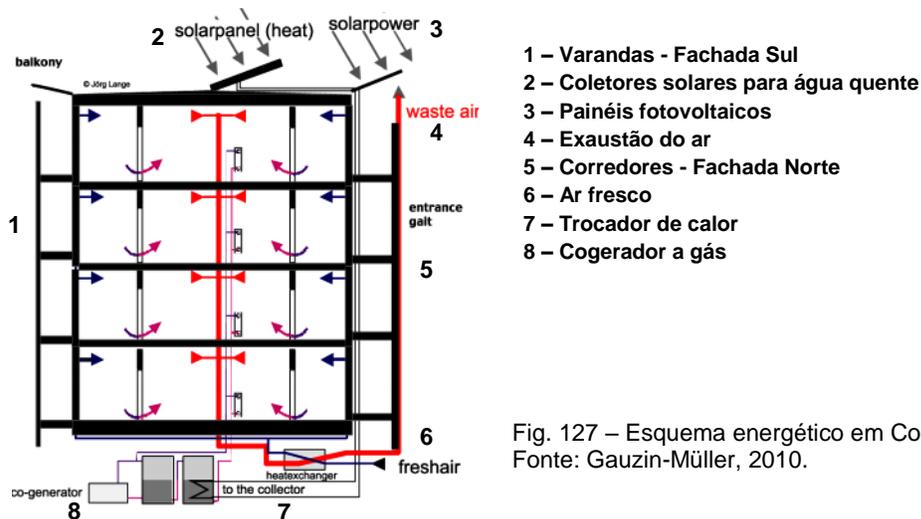
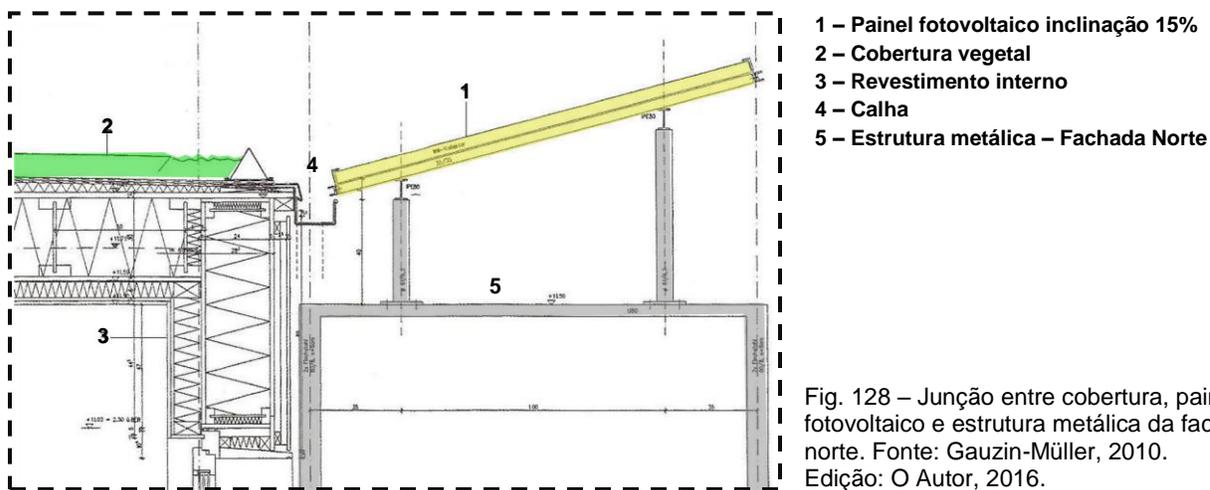


Fig. 127 – Esquema energético em Corte.  
 Fonte: Gauzin-Müller, 2010.



Soluções ecológicas eficientes quanto à gestão de água e resíduos (**Fig. 134**) compõem também todo o processo sustentável da edificação. As águas servidas, provenientes da cozinha e dos banheiros, são purificadas por um filtro de areia, este localizado no terreno, e usadas posteriormente nos vasos sanitários a vácuo. Este, em comparação ao vaso sanitário comum, apresenta uma economia de água de até 80%. As águas negras, os lixos domésticos orgânicos e os resíduos de jardim são conduzidos para um reservatório e o biogás produzido a partir da fermentação dessas matérias é utilizado para os fogões, ao invés do gás de rua. Os fogões estão entre os aparelhos domésticos que mais gastam energia, portanto, a economia é significativa, e tal solução torna-se sustentável, uma vez que o composto restante é usado pelos agricultores locais para adubação, permitindo o fechamento do ciclo natural.

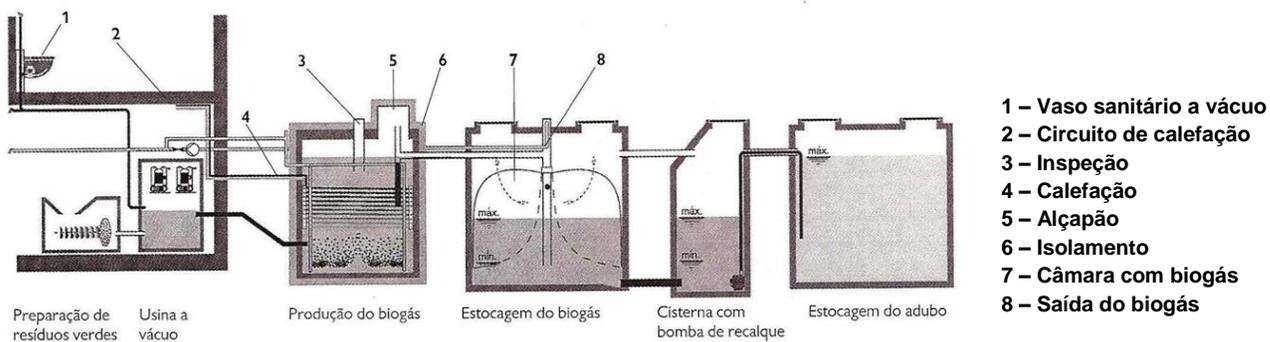


Fig. 129 – Esquema do funcionamento do biodigestor. Fonte: Gauzin-Müller, 2010.

- **Avaliação**

O edifício Habitação e Trabalho é o complemento que faltava na composição de uma quadra ainda incompleta no bairro de Vauban e, portanto, agrega valor urbano e arquitetônico ao local, sem quase nenhum impacto à paisagem natural.

Em *Morfologia e Funcionalidade*, o projeto mostra-se satisfatoriamente flexível para as funções de moradia e trabalho, com formato compacto e econômico. No entanto, ao ser um bloco uniforme que segue o padrão existente, a arquitetura perde identidade contemporânea. O edifício poderia ser composto por formas geométricas diferenciadas, reentrâncias e saliências, cheios e vazios, cobertas inclinadas, fatores que favorecem ao desempenho ambiental urbano e enfatizam a dinamicidade arquitetônica. O fato de alguns banheiros não terem aberturas para ventilação direta também desfavoreceu o edifício quanto à forma e o aspecto ambiental.

A construção e materiais escolhidos para o edifício elevaram um pouco o custo da obra, em relação às outras edificações da quadra, porém foram fundamentais para o edifício receber o selo Habitação Passiva, juntamente aos equipamentos solares, cogador a gás e sistema do biodigestor. O edifício Habitação e Trabalho exerce importante função social no meio urbano, além de ter tido participação política direta dos moradores nos princípios iniciais do projeto e decisões das soluções sustentáveis. Assim como o Condomínio Solar de Vauban, o edifício teve um maior investimento inicial como estratégia de economia energética no futuro.

ASPECTOS PROBLEM.	AMBIENTAL	SOCIAL	POLÍTICO	ECONÔMICO	RESULTADO
CONTEXTO E LUGAR	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	100%
MORFOLOGIA E FUNCIONALIDADE	◆◆	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	80%
TECTÔNICA E MATERIALIDADE	◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆◆◆	◆◆◆	75%
TECNOLOGIA E CONFORTO	◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆◆◆	◆◆◆	80%
RESULTADO	75%	100%	75%	80%	83,12%

### 3.3.2 Stuttgart e a Residência Schlude

Localizada no sul da Alemanha (**Fig. 130**), Stuttgart desenvolveu-se próxima ao Rio Neckar, num estreito vale escavado por um dos afluentes do rio, porém tal desvantagem topográfica determinou o crescimento da cidade. Com a instalação da indústria mecânica e da automobilística, a população cresceu de 21 mil habitantes, em 1801, para 175 mil em 1900 e, assim, a cidade ultrapassou os limites da depressão e expandiu-se para o Norte, até o Rio Neckar e para o oeste, região das colinas. Atualmente, com uma população de 600.000 habitantes, Stuttgart tornou-se sede de grandes empresas internacionais (Kodak, Sony, IBM) e é conhecida como a capital do automóvel. Assim, por estar localizada no centro de uma depressão e pela intensa poluição atmosférica, talvez tenha tornado seus habitantes sensibilizados em relação à proteção ambiental (**Fig. 131, 132**).



Fig. 130 – Localização de Stuttgart.  
Fonte: O Autor, 2016.



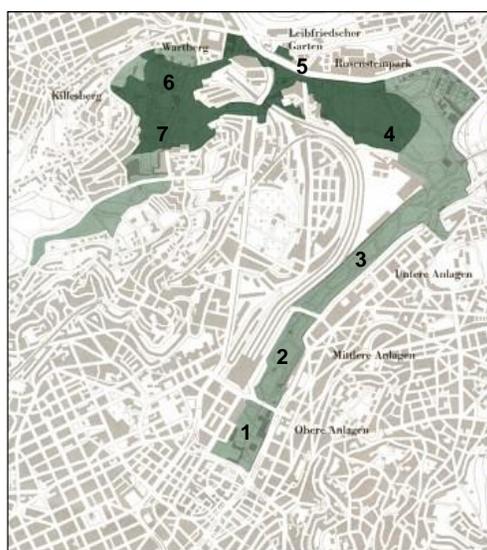
Fig. 131 – Cidade de Stuttgart – Desenvolvimento urbano em topografia acidentada.  
Fonte: Friederich & Langer 2012



Fig. 132 – Cidade de Stuttgart – Espaços verdes públicos. Fonte: Friederich & Langer, 2012.

Stuttgart apresenta 44% de área construída e é uma das cidades mais verdes da Alemanha, com muitos parques públicos, praças e florestas municipais adaptadas para o lazer. Ao longo dos anos, a cidade conseguiu aproveitar-se de diversos eventos e exposições paisagísticas para expandir e modernizar suas áreas verdes. A última exposição internacional de horticultura e jardinagem (IGA), realizada em 1993, permitiu Stuttgart implantar o grande U verde (**Fig. 133**). De acordo com Gauzin-Müller (2010),

Essa “faixa de natureza” contínua, com 8 km de comprimento e 200 hectares de superfície, liga a Praça do Castelo, no coração da cidade velha, às florestas da periferia, através dos jardins do Castelo, do parque Rosestein, do jardim Leibfried, do Wartberg e do parque do Killesberg, onde de encontra o Parque de Exposições.



- 1 – Jardim do Castelo – Superior
- 2 – Jardim do Castelo – Intermediário
- 3 – Jardim do Castelo – Inferior
- 4 – Parque Rosestein
- 5 – Jardim Leibfried
- 6 – Wartberg
- 7 – Parque Killesberg

Fig. 133 – “U verde” de Stuttgart.  
Fonte: stadtklima-stuttgart.de, acesso em 26.06.2016.

Ainda por causa da IGA 1993, foi realizado um concurso na cidade para implementar projetos experimentais ecológicos com objetivo de mostrar a ideal apropriação da arquitetura com a natureza de maneira sutil e responsável, já que as nove casas geminadas e os sete edifícios residenciais planejados deveriam trazer soluções inovadoras para os problemas causados pelos fatores nocivos do meio ambiente urbano, como o ruído e a poluição. Os vencedores do concurso foram os pioneiros da arquitetura ecológica: Thomas Herzog e Dieter Schemp (Alemanha), Jourda e Perraudin (França), Kowalski e Szyszkowitz (Áustria) e o escritório dinamarquês Vandkusten (GAUZIN-MÜLLER, 2010).

Devido às altas emissões de gás carbono, Stuttgart iniciou uma política ambiental a partir dos anos 1980 para redução do consumo energético e otimização na escolha dos materiais de construção. Neste contexto, foi possível observar uma economia de energia significativa valendo-se de medidas relativas à organização interna de um caderno de encargos tão preciso quanto à execução. A cidade apresentou um decreto, em 1997, onde todos os edifícios públicos deveriam apresentar um isolamento superior em 25% ao exigidos pela regulamentação alemã de 1995. Desde décadas passadas, Stuttgart implementou medidas que favorecessem a economia de energia. A legislação urbana sobre Uso do Solo da cidade, afirma que quando da venda de terrenos municipais, toda construção deve atender às exigências do selo de Habitação de Baixa Energia. Atualmente, a única cidade que apresenta uma melhor economia de energia do que Stuttgart é Leipzig.

Quanto ao sistema de transporte, Stuttgart apresenta dificuldades devido à topografia acidentada da cidade. Além de se tornar bastante cansativo para pedestres, a rede de ciclovias da cidade é de 0.6 km/m<sup>2</sup>, enquanto que na Europa a média é de 1.4 km/m<sup>2</sup> e na Alemanha é de 1.9 km/m<sup>2</sup> (FRIEDERICH & LANGER, 2012). No entanto, a cidade estabelece programas para promover o do transporte alternativo, reduzir o tráfego e expandir a rede de transporte público. Stuttgart participou recentemente do programa nacional *Bicycle Initiative 2002-12*, dedicado para promover o uso de bicicletas e tornar o meio de transporte mais popular do que apenas um meio de locomoção para trabalho.

Por ser um excelente exemplo de cidade ecológica, Stuttgart estimulou diversos municípios a elaborar programas e experimentações com objetivo de atingir o desenvolvimento sustentável. Em 1995, Fellbach, município localizado a nordeste de Stuttgart, apresentou medidas para a redução de gás carbono em 20% até o ano 2000. Para tal, foram adotadas medidas simples, como: reforço do isolamento térmico, substituição de lâmpadas convencionais por lâmpadas de baixo consumo, otimização dos equipamentos existentes, substituição das antigas instalações de calefação (FRIEDERICH & LANGER, 2012).

## Residência Schlude

*Schlude & Ströhle, 1996-1997.*

Simple, contemporânea e ecológica. A residência individual projetada para a família Schlude destaca-se por integrar soluções sustentáveis à simplicidade da planta, escolhas estruturais de baixo custo e clareza nos desenhos das fachadas. A participação ativa dos moradores da residência foi decisiva na concepção do projeto, que através das vantagens dos materiais pré-fabricados, concentrou-se no essencial para garantir conforto e harmonia arquitetônica (**Fig. 134**).



Fig. 134 – Residência Schlude, em Stuttgart. Fonte: schlude.com, acesso em 27.06.16.

- **Contexto e Lugar**

Apesar de ter sido construída posteriormente à grande maioria das casas da região, a residência Schlude não distorce o contexto geométrico tradicional das construções existentes e acomoda-se perfeitamente na paisagem, com respeito às vistas e ao gabarito local (**Fig. 135**)

A residência encontra-se inserida no bairro *Degerloch*, zona sul de Stuttgart, e mantém as linhas das fachadas e cobertura com inclinação de 45% de acordo com o padrão das casas vizinhas. Entretanto, apresenta características contemporâneas a partir da exploração de materiais como madeira e elementos metálicos. Planejada com orientação leste-oeste, a residência respeita os afastamentos mínimos e é implanta paralelamente à calçada, com singelo recuo, para conservar um trecho de área verde presente no local.

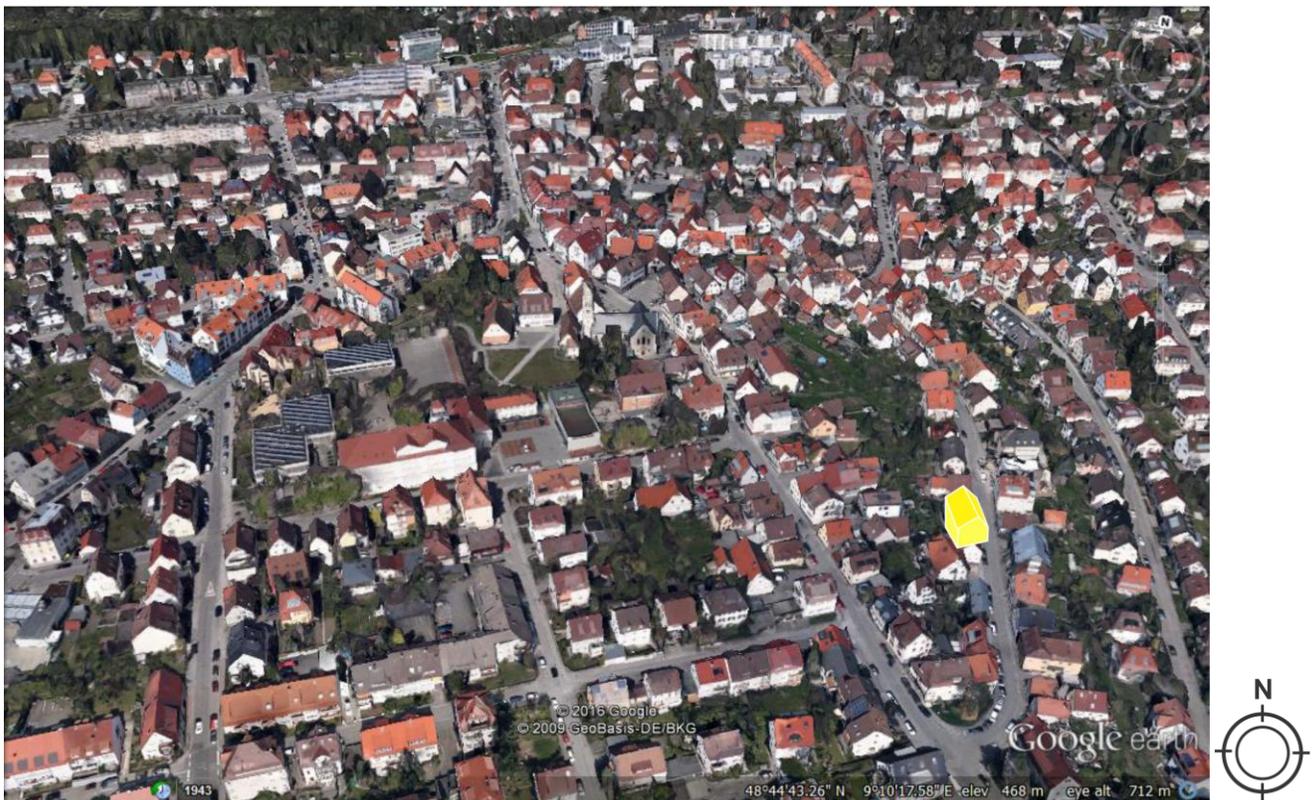


Fig. 135 – Localização da Residência Schlude. Fonte: Google Earth, 2016. Edição: O Autor, 2016.

*Degerloch* é um típico bairro residencial alemão, de malha não-ortogonal, tranquilo e com pouca movimentação de automóveis (públicos e privados). Assim como a maioria dos distritos municipais de Stuttgart, o transporte público circula apenas nas periferias dos bairros e a locomoção interna é feita, predominantemente, através da bicicleta ou a pé. A estação de metrô *Degerloch* é a única que serve toda a região, também localizada à margem do bairro, e o restante da área é alimentada por estações de ônibus.

Não diferente da cidade de Stuttgart, as residências de *Degerloch* e a residência Schlude são bem conectadas com as áreas verdes da cidade e é possível notar significativa massa vegetativa intercalada com as construções do bairro. Embora existam edificações fora do padrão arquitetônico local, o respeito à horizontalidade prevalece e edifícios verticais são nulos na região (Fig. 136)



Fig. 136 – Localização da Residência Schlude. Fonte: Google Earth, 2016. Edição: O Autor, 2016.

## ▪ Morfologia e Funcionalidade

De forma compacta, a residência Schlude permite fácil leitura arquitetônica através das linhas e polígonos geométricos simples, que compõem as fachadas. A casa é composta por subsolo, pavimento térreo, primeiro andar e sótão, onde os três primeiros pisos englobam toda a caixa retangular, enquanto o último pavimento (sótão) ocupa o espaço formado pela tradicional cobertura alemã com inclinação de 45 graus.

A entrada ocorre pela fachada norte, preenchida inicialmente por uma área de serviço com vestiário, banheiro e despensa, que serve como barreira térmica. Em seguida, o pavimento térreo é um vão livre, onde a única divisória concreta existente é a escada de aço, que separa a sala de jantar (integrada à cozinha) da sala de estar. Os espaços da residência Schlude são abertos e multifuncionais, fatores que geram, assim, flexibilidade espacial (**Fig. 137, 138**).

O pavimento superior, dividido por quatro cômodos de 14m<sup>2</sup> cada, é também caracterizados por espaços flexíveis, visto que os painéis de correr transformam os quartos íntimos em locais mais abertos, o que oferece vistas, transparências e gera conexão entre o interior e o exterior. As fachadas leste e oeste intercalam painéis verticais cegos (60%) e envidraçados (40%) e, portanto, é possível obter luminosidade solar significativa para os espaços internos, assim como bom fluxo de ventilação natural.

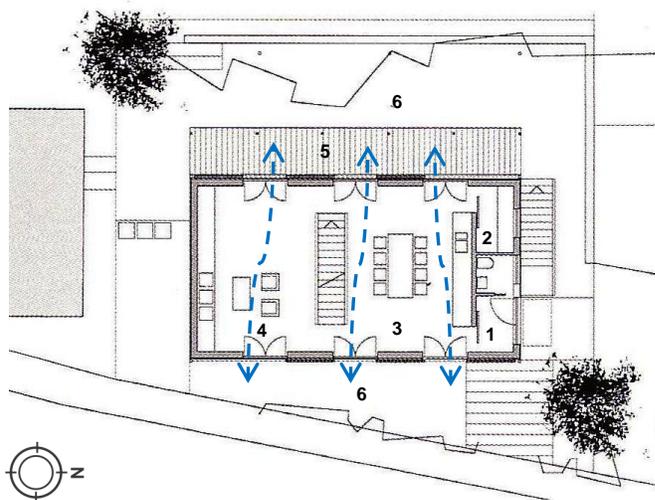


Fig. 137 – Planta Baixa térreo - Residência Schlude.  
Fonte: Gauzin-Müller, 2010. Edição: o Autor, 2016.

- |                     |                        |
|---------------------|------------------------|
| 1 – Entrada         | 7 – Subsolo            |
| 2 – Área de Serviço | 8 – Pavimento Térreo   |
| 3 – Sala de Jantar  | 9 – Primeiro Pavimento |
| 4 – Sala de Estar   | 10 – Sótão             |
| 5 – Terraço         | 11 - Cumeeira          |
| 6 – Área verde      |                        |

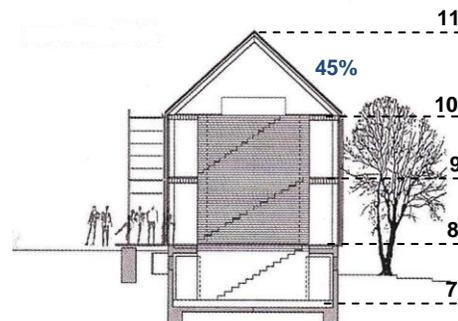


Fig. 138 – Corte Transversal - Residência Schlude.  
Fonte: Gauzin-Müller, 2010. Edição: o Autor, 2016.

Ao longo do dia, o desenho da residência transforma-se a partir das sombras dramáticas geradas pelos elementos estruturais e venezianas, que protegem a casa da forte insolação do verão e resguardam a intimidade dos moradores. A residência Shlude apresenta os mesmo traços tradicionais das antigas residências do entorno, porém se distingue a partir do momento em que integra o desenho padrão aos materiais contemporâneos e às soluções sustentáveis, tais como, as amplas aberturas, transparências, painéis móveis, venezianas e integração ao verde (**Fig. 139, 140, 141**).



Fig. 139 – Sala de Jantar através da escada em aço. Fonte: schlude.com, acesso em 26.06.2016



Fig. 140 e 141 – Sala de Estar através da escada em aço. / Terraço sombreado com venezianas móveis.  
Fonte: Schlude.com, acesso em 26.06.2016

### ▪ Tectônica e Materialidade

A construção da residência Schlude foi bastante rápida, com poucos efeitos nocivos ao meio ambiente e reservas naturais. Uma vez que elementos padronizados pré-fabricados de madeira formam o corpo principal da residência, a estrutura foi montada em três dias sobre a base em concreto armado do subsolo. O uso da madeira padronizada proporcionou um canteiro de obra limpo, que favorece a saúde dos operários, reduz os danos causados ao entorno, reduz a poluição no terreno e diminui o número de resíduos destinados às áreas de depósito.

As paredes são compostas por painéis fechados de grandes dimensões, com altura do pé-direito. No interior, os painéis de sustentação são revestidos por placas de gesso reforçado com fibras de celulose, produto ecológico que apresenta alto desempenho acústico, boa resistência ao fogo, além de servir como elemento estrutural. Os pisos pré-fabricados vencem um vão de 6,20m na direção leste-oeste, e é formado por assoalho (18mm), contrapiso de cimento (60mm), isolamento acústico (29mm x 25mm), lã mineral (70mm) e a laje de concreto (200mm). O piso do pavimento superior apresenta ainda placas de madeira *lamibois* (29mm) fixadas em vigas de madeira laminada (6cm x 30cm), estas com espaçamento de 40cm entre as mesmas, gerando ritmo e continuidade aos espaços internos (**Fig. 142, 143**). (GAUZIN-MÜLLER, 2010).

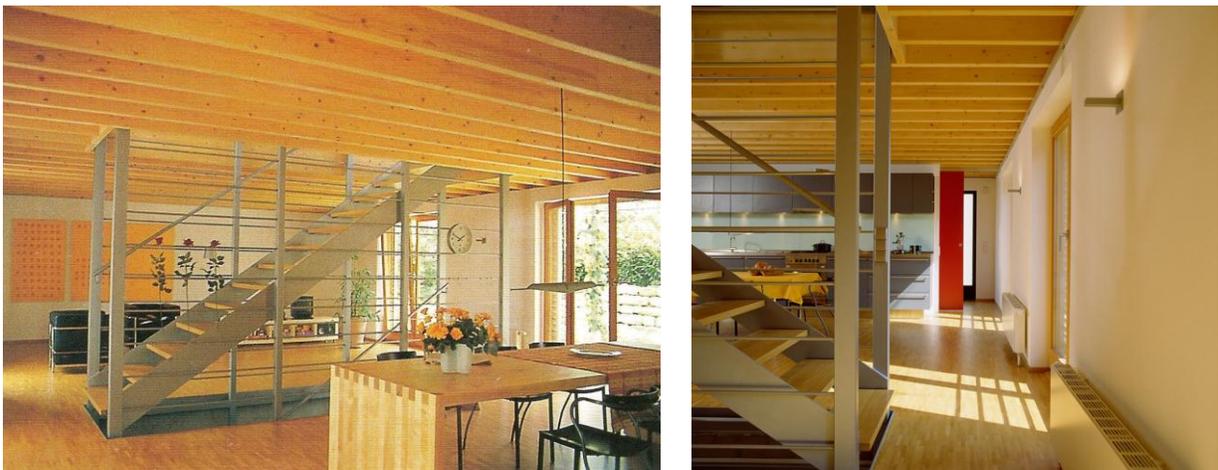


Fig. 142 e 143 – Espaços internos da residência. Vigas e pisos revestidos em madeira. Paredes em placas de gesso. Fontes: Gauzin-Müller, 2010 e Schlude.com, acesso em 26.06.2016.

O revestimento externo ventilado é formado por ripas de madeira, produzidas em fábrica e parafusadas na obra sobre os painéis de sustentação, e a madeira utilizada não recebeu nenhum tipo de tratamento ou acabamento, com objetivo de valorizar a sua textura natural. Os pisos da escada e dos terraços também são em madeira. As esquadrias são todas em madeira lariço e as venezianas são naturalmente duráveis. Além da madeira, elementos metálicos são encontrados na residência; a estrutura da escada, a pérgula e as grades do terraço são em aço galvanizado e a cobertura em telhas de alumínio (Fig. 144, 145, 146).

Outra vantagem da construção limpa é que os materiais escolhidos exigem pouca manutenção, ou seja, não necessita constantemente de verificação, troca de peças, consertos e reformas. A madeira por ser modulada também facilita o acesso a novos componentes e acesso aos locais de manutenção.



Fig. 144 – Materiais externos – Fachada Oeste.  
Fontes: schlude.com, acesso em 26.06.2016.



Fig. 145 – Materiais externos – Fachada Leste.  
Fonte: schlude.com, acesso em 26.06.2016.

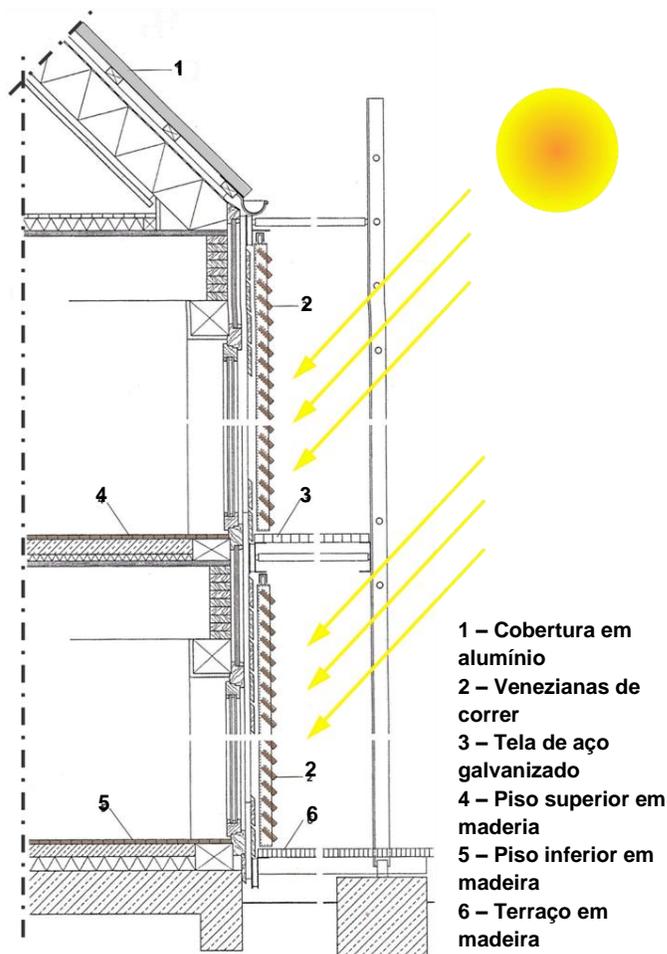


Fig. 146 – Corte em detalhe – Fachada Oeste.  
Fonte: Gauzin-Müller, 2010. Edição: O Autor, 2016.

## ▪ Tecnologia e Conforto

A residência Schlude apresenta uma gama de soluções sustentáveis de baixo custo, que juntas apresentam um processo sustentável de alto desempenho. O conforto primário da residência é garantido através do isolamento termoacústico, com 18cm de lã mineral entre os painéis internos de gesso e os painéis externos de fibra de madeira de 4cm de espessura.

Inicialmente, a área de serviço serve como proteção térmica aos espaços de maior permanência da casa. Em seguida, foram criados três “corredores” de ventilação (**Fig. 147**), que ajudam a manter os ambientes mais arejados nos meses quentes (junho, julho e agosto). Nos meses frios (de outubro à março), os corredores de ventilação podem ser fechados e inundados de iluminação natural devido à transparência das janelas. A combinação entre amplas janelas em vidro e venezianas móveis é bastante eficiente nas regiões de alta amplitude térmica dos climas temperados, visto que a transparência das janelas aproveita ao máximo a luz solar no inverno e as venezianas em madeira protegem os ambientes internos da forte insolação do verão. Durante os dias quentes, a pérgula metálica da fachada oeste sustenta trepadeiras, que sombreiam e melhoram o conforto higrotérmico da residência (**Fig.149, 150, 151**). A escada vazada acabar por gerar um poço vertical na casa, assim, o ar frio que entra pelas aberturas frente a frente, dos pavimentos térreo e superior, permanece nos ambientes e o ar quente é exaustado naturalmente pelos rasgos da circulação vertical (**Fig. 148**). Ademais, uma pequena caldeira a gás, instalada sob a cobertura permite eliminar o duto de saída da fumaça.

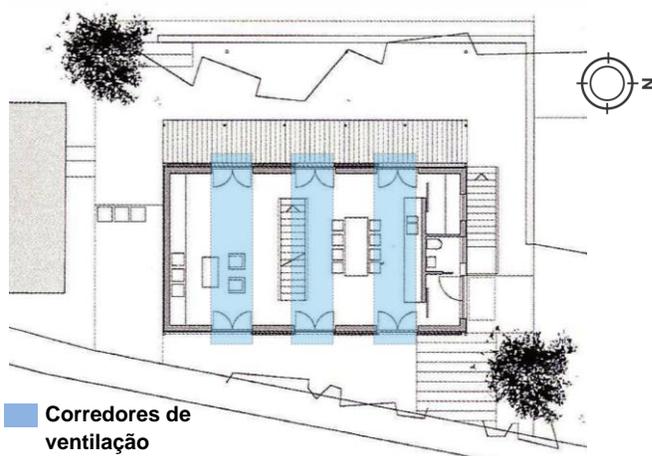


Fig. 147 – Planta baixa- janelas frente a frente formam corredores de ventilação. Fonte: Gauzin-Müller, 2010. Edição: O Autor, 2016.

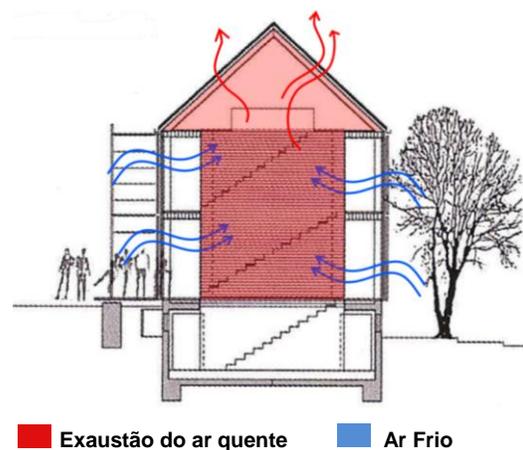


Fig. 148 – Corte Transversal – Exaustão do ar quente. Fonte: Gauzin-Müller, 2010. Edição: O Autor, 2016.



Fig. 149 – Pérgula metálica da fachada oeste.  
Fonte: schlude.com, acesso em 29.06.16.



Fig. 150 – Venezianas móveis.  
Fonte: schlude.com, acesso em 29.06.16.



Fig. 151 – Interiores sombreados.  
Fonte: schlude.com, acesso em 29.06.16.

O consumo energético da residência Schlude é de 62kWh/m<sup>2</sup>/ano e atende ao selo de Habitação de Baixa Energia, essencial para se obter auxílio financeiro do estado Bade-Wurtemberg. De acordo com a regulamentação de 1995, para consumo de calefação na Alemanha, habitações individuais devem ter consumo máximo de 100 kWh/m<sup>2</sup>/ano e habitação individuais de baixa energia em até 70 kWh/m<sup>2</sup>/ano (GAUZIN-MÜLLER, 2010). Outras medidas foram também necessárias para a obtenção do selo: volume simples e compacto, 22cm de lã de rocha para isolamento nas paredes, 20cm para isolamento na cobertura e esquadrias com vidro duplo isolantes.

▪ **Avaliação**

Uma edificação de pequeno porte desenvolvida a partir de processos sustentáveis, certamente destaca-se na arquitetura atual. Em *Contexto e Lugar*, a residência Schlude adéqua-se perfeitamente ao lote, à malha urbana e às antigas edificações existentes, com respeito à sociedade e legislação local. O desenho do projeto, no entanto, tornou-se um pouco desfavorecido às soluções bioclimáticas; favorece bem a ventilação no verão, porém não tem um bom aproveitamento solar durante o inverno, sem transparência alguma na fachada sul.

Os materiais e sistema construtivo contrastam com as residências do entorno, mas a madeira e suportes metálicos enfatizam o caráter ecológico da construção, com montagens rápidas e canteiros de obras limpos.

A residência optou por tecnologias e soluções sustentáveis que estão de acordo com o padrão econômico do projeto e é capaz de favorecer ao conforto interno dos usuários mesmo com soluções simples. O consumo energético é baixo e atende ao selo de Habitação de Baixa Energia, sem gastos maiores em relação às residências tradicionais da região.

ASPECTOS PROBLEM.	AMBIENTAL	SOCIAL	POLÍTICO	ECONÔMICO	RESULTADO
CONTEXTO E LUGAR	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆	100%
MORFOLOGIA E FUNCIONALIDADE	◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆	85%
TECTÔNICA E MATERIALIDADE	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆	90%
TECNOLOGIA E CONFORTO	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆	95%
RESULTADO	85%	90%	95%	100%	92,5%

# **4 > Política sustentável aplicada: o caso do Brasil**

## 4.1 Arquitetura Sustentável no Brasil

A partir do princípio que o conceito de sustentabilidade procura englobar toda forma de ação humana sobre o meio ambiente, a arquitetura tornou-se um dos principais ramos difusores de técnicas e soluções sustentáveis para o planeta, visto que a construção de espaços é transformadora direta do ambiente.

No Brasil, com o advento da modernidade, em meados do século XX, os arquitetos procuraram adaptar o chamado *Estilo Internacional* a cada contexto regional do país, com introdução de elementos que favoreciam o conforto climático nos interiores das edificações, assim como qualidade ambiental no entorno urbano. Os arquitetos Lúcio Costa e Delfim Amorim, por exemplo, introduziram no país uma arquitetura mais humana e nacional, que atualmente é, por muitos, chamada de arquitetura bioclimática, ecológica ou sustentável. Porém, era apenas uma arquitetura regionalista produzida com bom senso.

A partir da década de 1990, a arquitetura contemporânea sofreu os impactos tecnológicos na produção da época, com a introdução do computador, no processo de concepção, e com a introdução dos novos materiais, no processo de execução. Ao mesmo tempo em que as temáticas da sustentabilidade, da reciclagem e da eficiência energética, em contexto de crise ambiental, enfatizavam-se no planejamento arquitetônico e urbano.

Entre reflexões e ações, sobre o novo contexto contemporâneo, a arquitetura brasileira, entre 1990-2010, tornou-se cada vez mais submetida ao mercado imobiliário, o qual prioriza gastos imediatos sem planejar futuras manutenções e ciclo de vida de toda edificação. Projetos que buscam soluções sustentáveis, portanto, passam para o segundo plano. A insustentabilidade na produção arquitetônica do país passou a atingir diretamente a vida social dos habitantes. De acordo com o IBGE (2016), a população brasileira atual é de 206,4 milhões de habitantes, onde aproximadamente 85% vivem em meios urbanos. O alto índice torna-se preocupante, visto que 50,5 milhões vivem em moradias sem árvores no entorno e na grande metrópole do país, São Paulo, quase metade do solo já está impermeabilizado e a temperatura entre um local e outro da cidade, pode variar em até 10 graus (NOVAES, 2012).

Apesar do contexto de crise ambiental e arquitetônica, desenvolveu-se também, no Brasil, arquitetura com princípios sustentáveis de alta e de baixa tecnologia. A maior diferença entre esta produção arquitetônica no Brasil e na Alemanha encontra-se no incentivo governamental, no domínio do mercado imobiliário sobre os arquitetos, na legislação existente e, conseqüentemente, na prática das respectivas leis.

Políticas e incentivos baseados nos princípios da sustentabilidade, na Alemanha, já são obrigatórios quanto ao desenvolvimento econômico, ambiental, energético, social, assim como arquitetônico e urbano. A estratégia daquele país baseia-se na equidade entre gerações, qualidade de vida, coesão social e responsabilidade internacional. Para o desenvolvimento urbano do país, diversas leis federais e municipais foram estabelecidas, com objetivo de oferecer diretrizes para um melhor planejamento dos edifícios e das cidades. Os selos alemães (Selo Habitação Passiva e Selo Habitação de Baixo Custo), por exemplo, incentivam, cada vez mais, um desempenho arquitetônico de baixo consumo energético no país. Berlim é a capital europeia com menor consumo energético, em edificações residenciais, com consumo de 520 megajoules/m<sup>2</sup>. Enquanto Stuttgart desenvolve o conceito “Triple Zero”, que busca alcançar 0% em emissões de gás carbono, em consumo energético e em consumo de recursos para edificações da cidade. (FRIEDERICH & LANGER, 2012).

Assim como na Alemanha, certificações ambientais para edificações e legislações voltadas para construções de menor impacto ambiental também existem no Brasil. No entanto, carecem de uma maior fiscalização do Poder Público, para impor as leis na prática. Há, também, falta de difusão de informações à população quanto à importância das ações e dos investimentos para obtenção de edificações e de cidades mais sustentáveis.

Neste capítulo da pesquisa, foram ressaltadas as certificações ambientais, originadas no Brasil, mais aplicadas na arquitetura do país: o selo AQUA-HQE (Alta Qualidade Ambiental do Empreendimento), o selo Casa Azul e o selo PROCEL.

Em seguida, foram analisados dois edifícios brasileiros inseridos dentro dos princípios sustentáveis da alta e da baixa tecnologia: a Escola Novo Mangue, do escritório *O norte – Oficina de Criação*, em Recife/PE, e o edifício JK 1600, do escritório *Aflalo/Gasperini*, em São Paulo/SP

#### 4.1.1 O Selo AQUA-HQE

O selo AQUA-HQE é uma adaptação do selo francês HQE (*Haute Qualité Environnementale*). Composto por conceitos que envolvem componentes energéticos e ambientais, o selo avalia desde a relação do edifício com o seu meio ambiente imediato, até uma análise do ciclo de vida dos materiais de construção utilizados e o conforto ambiental dos usuários.

Para avaliação das edificações, a certificação AQUA-HQE apresenta um referencial técnico estruturado em dois instrumentos, que permitem avaliar os desempenhos alcançados em relação aos dois elementos que estruturam a certificação: o referencial do Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE) e o referencial da Qualidade Ambiental do Edifício (QAE) (BUENO, 2010).

O primeiro referencial abrange o sistema de gestão ambiental implementado pelo empreendedor, que permite organizar o empreendimento para atingir a Qualidade Ambiental pretendida. O segundo referencial é relacionado ao desempenho arquitetônico, construtivo e técnico da construção. A Qualidade Ambiental do Edifício é formalizada por meio de uma tabela composta por quatro grupos (eco-construção, eco-gestão, saúde e conforto), que reúnem catorze objetivos (Quadro 08).

Edificações avaliadas pelo selo AQUA-HQE, portanto, podem apresentar três níveis de desempenho: 1. Nível Excelente – quando ao edifício foi estabelecido notas máximas de desempenho. O empreendimento é reconhecido como um edifício de Melhores Práticas (MP); 2. Nível Superior – desempenho intermediário correspondente à Boas Práticas (BP); 3. Nível Bom – correspondente ao nível mínimo aceitável para obtenção do selo Base (B) de Alta Qualidade Ambiental (BUENO, 2010).

O selo é válido para diversas tipologias arquitetônicas (construção nova ou renovações): habitações, escolas, escritórios, edifícios recreativos, além de bairros e loteamentos. Deve ser realizado em pelo menos três fases: Pré-projeto, Projeto e Execução.

De acordo com Gauzin-Müller (2010), a tabela de catorze objetivos apresenta implicações sobre todas as fases do processo de criação e de produção de um edifício: decisões estratégicas ou políticas do empreendimento; redação do programa e do

caderno de encargos; estudos preliminares do local de implantação (clima, topografia, natureza do solo e vegetação) e do contexto social; projeto arquitetônico; execução e canteiro da obra; escolha dos equipamentos sanitários, elétricos e tecnologias para ventilação e calefação; custos durante o uso, funcionamento e manutenção; eventuais adaptações; demolição e eliminação de resíduos.

Quadro 08 – Os 14 objetivos do selo AQUA-HQE. Fonte: Gauzin-Müller, 2010.

<b>1. ECO-CONSTRUÇÃO</b>	
Objetivo 1	Relação harmoniosa da construção com seu meio ambiente imediato
Objetivo 2	Escolha integrada dos sistemas de materiais construtivos
Objetivo 3	Canteiros de obras de baixo impacto ambiental
<b>2. ECO-GESTÃO</b>	
Objetivo 4	Gestão de energia
Objetivo 5	Gestão de água
Objetivo 6	Gestão de resíduos de atividades
Objetivo 7	Conservação e manutenção
<b>3. CONFORTO</b>	
Objetivo 8	Conforto higrotérmico
Objetivo 9	Conforto acústico
Objetivo 10	Conforto visual
Objetivo 11	Conforto olfativo
<b>4. SAÚDE</b>	
Objetivo 12	Condições sanitárias
Objetivo 13	Qualidade do ar
Objetivo 14	Qualidade da água

#### 4.1.2. O selo Casa Azul

Desenvolvido em 2008, pela Caixa Econômica Federal, o selo Casa Azul é voltado apenas para edifícios habitacionais, que apresentam soluções sustentáveis relacionadas à construção, ao uso, à ocupação e a manutenção dos edifícios. O selo tem por objetivo desenvolver ações sociais durante e após a construção, além dos benefícios básicos de toda certificação, como a redução do impacto ambiental e urbano ao longo da construção, menores custos de manutenção e infraestrutura, e diminuição do consumo de energia, através da eficiência energética (JOHN & PRADO, 2010).

O selo Casa Azul é formado por 53 critérios de avaliação, distribuídos em seis categorias orientadoras: 1. Qualidade Urbana; 2. Projeto e Conforto; 3. Eficiência energética; 4. Conservação de recursos materiais; 5. Gestão da água; 6. Práticas sociais.

Os projetos avaliados, portanto, podem ser classificados em três níveis de graduação: bronze, prata e ouro. Para a obtenção do selo Casa Azul Bronze, é necessário que o projeto atenda aos critérios obrigatórios, presentes em todas as categorias e que podem ser entendidos como elementos fundamentais na arquitetura contemporânea, na concepção do selo. Os critérios obrigatórios levam em consideração a qualidade do entorno (infraestrutura e impactos), o paisagismo, local para coleta seletiva, equipamentos de lazer e esportivos e o desempenho térmico da edificação. A utilização de lâmpadas de baixo consumo, de dispositivos economizadores, a qualidade dos materiais, a gestão de resíduos e as áreas permeáveis também são critérios obrigatórios. Por fim, o selo enfatiza a importância da educação e orientação ambiental aos moradores e aos empregados (Quadro 09).

Para a obtenção do selo Casa Azul Prata, as edificações devem cumprir com todos os critérios obrigatórios, além de mais 6 itens de livre escolha. E para receber o selo Casa Azul Ouro, é necessário cumprir com 12 itens de livre escolha, além dos itens obrigatórios (JOHN & PRADO, 2010).

Quanto à acessibilidade, os projetos devem atender à norma brasileira de acessibilidade a edificações, mobiliários, espaços e equipamentos urbanos (ABNT NBR 9050). De acordo com John & Prado (2010), as edificações devem ainda estar em

acordo com as regras da Ação Madeira Legal, ou seja, os candidatos devem apresentar, até o final da obra, o Documento de Origem Florestal (DOF), além da declaração, que traz informações sobre o volume, as espécies e a destinação final das madeiras utilizadas na construção.

Quadro 09 – Selo Casa Azul – Categorias, critérios e classificação. Fonte: John & Prado (2010, p.23)

<b>QUADRO RESUMO – SELO CASA AZUL</b>			
<b>CATEGORIAS/CRITÉRIOS</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO</b>		
	<b>BRONZE</b>	<b>PRATA</b>	<b>OURO</b>
<b>1. QUALIDADE URBANA</b>			
1.1. Qualidade do entorno - infraestrutura	Obrigatório		
1.2. Qualidade do entorno – impactos	Obrigatório		
1.3. Melhorias no entorno			
1.4. Reabilitação de imóveis			
<b>2. PROJETO E CONFORTO</b>			
2.1. Paisagismo	Obrigatório		
2.2. Flexibilidade de Projeto			
2.3. Relação com a vizinhança			
2.4. Solução alternativa de transporte			
2.5. Local para coleta seletiva	Obrigatório		
2.6. Equipamentos de lazer, sociais, esportivos.	Obrigatório		
2.7. Desempenho térmico – vedações	Obrigatório		
2.8. Desempenho térmico – orientação solar e ventos	Obrigatório		
2.9. Iluminação natural de áreas comuns			
2.10. Ventilação e iluminação natural de banheiros			
2.11. Adaptação às condições físicas do terreno			
<b>3. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA</b>			
3.1. Lâmpadas de baixo consumo – Áreas privadas	Obrigatório		
3.2. Dispositivos economizadores – Áreas comuns	Obrigatório		
3.3. Sistema de aquecimento solar			
3.4. Sistemas de aquecimento a gás			
3.5. Medição individualizada – Gás	Obrigatório		
3.6. Elevadores eficientes			
3.7. Eletrodomésticos eficientes			
3.8. Fontes alternativas de energia			
<b>4. CONSERVAÇÃO DE RECURSOS E MATERIAIS</b>			
4.1. Coordenação modular			

Crítérios obrigatórios + 6 itens de livre escolha

Crítérios obrigatórios + 12 itens de livre escolha

Quadro 09 – Selo Casa Azul – Categorias, critérios e classificação. Fonte: John & Prado (2010, p.23)

CATEGORIAS/CRITÉRIOS	CLASSIFICAÇÃO		
	BRONZE	PRATA	OURO
<b>4. CONSERVAÇÃO DE RECURSOS E MATERIAIS</b>			
4.2. Qualidade dos materiais e componentes	Obrigatório		
4.3. Componentes industrializados ou pré-fabricados			
4.4. Formas e escoras reutilizáveis	Obrigatório		
4.5. Gestão de resíduos de construção e demolição (RCD)	Obrigatório		
4.6. Concreto com dosagem otimizada			
4.7. Cimento de Alto-Forno (CPH) e Pozolânico (CPIV)			
4.8. Pavimentação com RCD			
4.9. Facilidade de manutenção da fachada			
4.10. Madeira plantada ou certificada			
<b>5. GESTÃO DA ÁGUA</b>			
5.1. Medição individualizada – Água	Obrigatório		
5.2. Dispositivos economizadores – Sistema de descarga	Obrigatório		
5.3. Dispositivos economizadores – Arejadores		Critérios obrigatórios + 6 itens de livre escolha	Critérios obrigatórios + 12 itens de livre escolha
5.4. Dispositivos economizadores – registro regulador de vazão			
5.5. Aproveitamento das águas pluviais			
5.6. Retenção da águas pluviais			
5.7. Infiltração das águas pluviais			
5.8. Áreas permeáveis	Obrigatório		
<b>6. PRÁTICAS SOCIAIS</b>			
6.1. Educação para gestão de RCD	Obrigatório		
6.2. Educação ambiental dos empregados	Obrigatório		
6.3. Desenvolvimento pessoal dos empregados			
6.4. Capacitação profissional dos empregados			
6.5. Inclusão de trabalhadores locais			
6.6. Participação da comunidade na elaboração do projeto			
6.7. Orientação aos moradores	Obrigatório		
6.8. Educação ambiental dos moradores			
6.9. Capacitação para gestão do empreendimento			
6.10. Ações para mitigação de riscos sociais			
6.11. Ações para a geração de emprego e renda			

#### 4.1.3. O selo PROCEL

Criado em 1993, pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), programa do Governo Federal executado pela Eletrobrás, o selo Procel tem por objetivo promover a racionalização da produção e do consumo energético no país, com a finalidade de ser uma ferramenta de fácil entendimento e acessível aos consumidores.

A etiquetagem do selo pode ser atribuída desde equipamentos e eletrodomésticos, com baixo consumo energético, até edificações de grande porte (Selo Procel Edificações), visto que edifícios comerciais, residenciais, de serviços e públicos são responsáveis por cerca de 50% do consumo de energia elétrica, no Brasil (PROCEL INFO, 2016). O selo Procel atua também na área de saneamento (selo Procel Sanear), na área industrial, considerada a área responsável pelo maior consumo energético do país (47% do consumo global), na gestão energética municipal (selo Procel GEM) e na iluminação pública, através da substituição de lâmpadas e luminárias por modelos mais eficientes, com melhor iluminação e maior durabilidade (SERRADOR, 2008).

A avaliação das edificações, através do selo Procel Edificações, ocorre de forma diferenciada, de acordo com a tipologia dos edifícios (residencial, comercial, de serviço ou público). No entanto, todas as edificações devem passar por dois momentos de avaliação: primeiramente, na fase de projeto - onde o projeto pode ser avaliado pelo método prescritivo ou pelo método da simulação – e, posteriormente, quando a construção do edifício estiver concluída – onde o edifício deve ser avaliado através da inspeção no local (PROCEL INFO, 2016).

O selo voltado para as edificações comerciais, de serviços e públicas avalia três categorias: envoltória, iluminação e condicionamento de ar. Assim, o selo pode ser concebido de forma parcial, porém deve sempre contemplar a avaliação da envoltória (**Fig.152**). O selo das edificações residenciais avalia a envoltória, o sistema de aquecimento de água e os sistemas presentes nas áreas comuns dos edifícios multifamiliares (iluminação, elevadores, bombas, etc) (**Fig. 153**).

A pontuação da classificação é dada através de letras, podendo variar desde a letra E (menos eficiente), até a letra A (mais eficiente). As etiquetas devem ser emitidas pelo Inmetro, por Organismo de Inspeção Acreditado (OIA), para Eficiência Energética em Edificações (OIA-EEE). (PROCEL INFO, 2016)

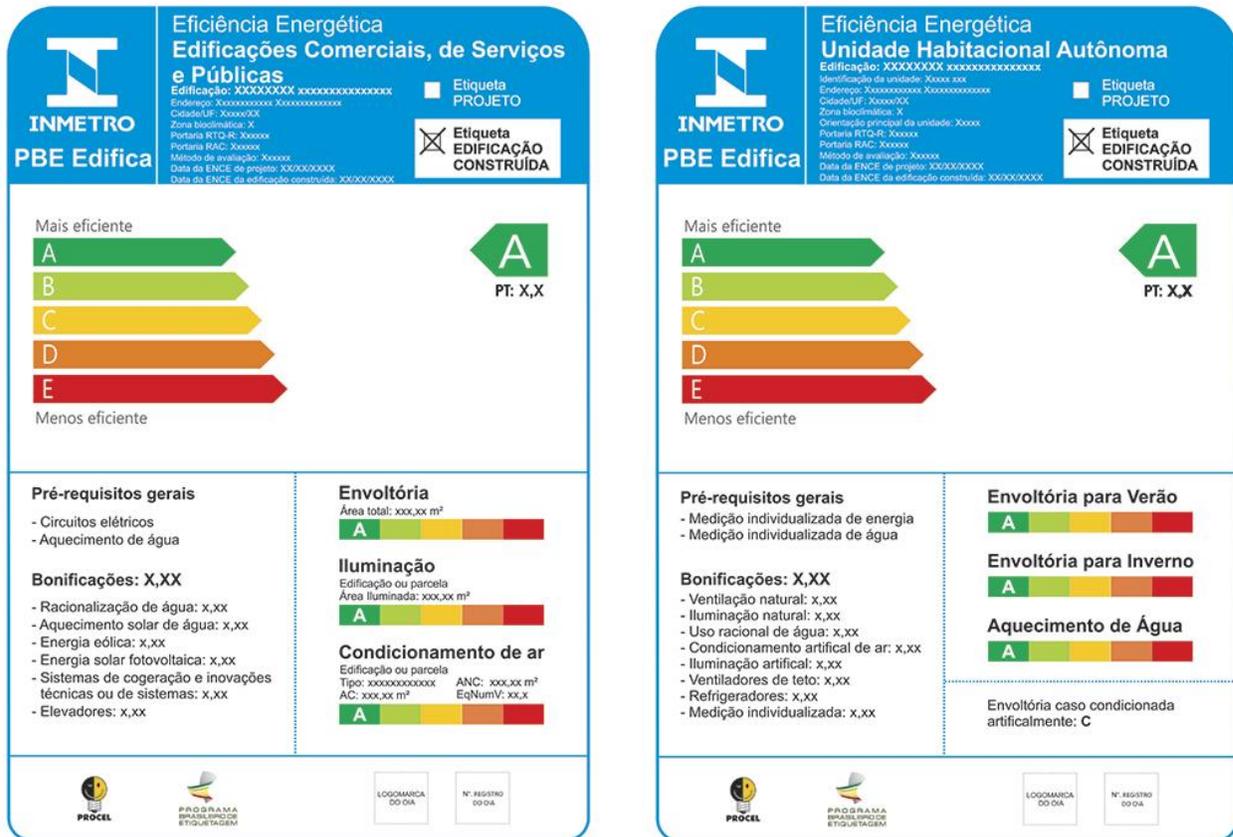


Fig. 152 e 153 – Etiqueta do selo Procel Edificações, para edificações comerciais, de serviços e públicas. E etiqueta do selo Procel para edificações residenciais (unidade habitacional autônoma).

Fonte: Procel Info, 2016.

Neste contexto, o selo Procel incentiva a conservação e a consciência quanto ao uso dos recursos naturais (água, luz, ventilação, entre outros), com o objetivo de reduzir o desperdício e o impacto ambiental. O programa, além de reduzir o consumo de energia elétrica no país, divulga os conceitos da eficiência energética em edificações, além de conscientizar profissionais que influenciam o desenvolvimento urbano, através de um planejamento arquitetônico e urbano mais eficiente.

## 4.2 Recife e o escritório o Norte – Oficina de Criação

Recife é uma cidade litorânea, localizada na região Nordeste do Brasil, a 08°03'14" latitude Sul e 34°52'52" longitude Oeste. A cidade, além de receber grande influência do Oceano Atlântico sobre o clima (ou seja, alta maritimidade), ainda é cortada pelos rios Capibaribe, Beberibe e Tejió, entre outros. Elementos que elevam consideravelmente a umidade do município.

Deve-se considerar, também, o aumento da temperatura, em diversos locais da cidade, principalmente, devido ao alto adensamento construtivo que se devolveu no município, nas últimas duas décadas. A grande concentração de edifícios verticais, localizados em determinados bairros de menor proporção, causa o aumento de superfícies pavimentadas e bloqueio da ventilação, o que, juntamente à falta de sombreamento, torna o ambiente mais quente. **(Fig. 154 e 155).**



Fig. 154 – Adensamento construtivo – Zona Sul do Recife.  
Foto: O Autor, 2016.



Fig. 155 – Contraste entre área verde e “muralha” de edifícios – Zona Norte do Recife.  
Foto: O Autor, 2016.

Neste contexto, Recife apresenta características climatológicas enquadradas nos parâmetros do clima tropical quente e úmido. A Norma ABNT NBR 15220, que trata sobre desempenho térmico de edificações, define oito Zonas Bioclimáticas para o Brasil e localiza a cidade do Recife na Zona Bioclimática 8, que abrange 53,7% do território nacional.

No clima quente e úmido do Recife, a cidade apresenta baixa amplitude térmica, com temperaturas quentes no verão (em torno de 28°C e 32°C) e temperaturas confortáveis no inverno (em torno de 22°C e 25°C). A umidade relativa do ar é elevada (em torno de 80%), o que se torna o principal fator do desconforto climático (INMET, 2016). Portanto, as edificações projetadas no município devem atender ao conforto dos usuários, quanto ao calor gerado pelas temperaturas quentes, umidade elevada e chuvas.

Para a Zona Bioclimática 8, a Norma orienta o planejamento de aberturas amplas e sombreadas, além de enfatizar a importância da disposição de aberturas opostas, no ambiente, para obter a ventilação cruzada. Assim, o ar interno é renovado constantemente pelo ar externo, o que diminui a temperatura e umidade do local.

As estratégias básicas, para o conforto em climas quente e úmido, devem ter por objetivo a redução da absorção da radiação solar através do sombreamento e da refletância, favorecer a permanência da ventilação natural e prover proteção contra as chuvas. Isso pode ser conseguido, por exemplo, através dos telhados em telhas de cerâmica, longos beirais, terraços, marquises e paredes recuadas. Paredes externas e coberturas devem ser formadas por materiais leves e refletores.

Apesar da verticalização da cidade, o escritório de arquitetura *O Norte – Oficina de Criação*, formado pelos arquitetos Bruno Lima, Francisco Rocha e Lula Marcondes, resiste à tendência contemporânea dos altos edifícios e busca por uma arquitetura menos agressiva ao ambiente.

Em entrevista, o arquiteto Bruno Lima enfatiza a importância de uma consciência quanto ao local em que o projeto está inserido, sem esquecer, no caso do Recife, dos princípios básicos para se construir em um clima tropical quente e úmido, ou seja, de que se privilegia a proteção solar e a ventilação natural. O arquiteto acredita que a sustentabilidade deve sempre abordar o ciclo de vida do determinado objeto e se expandir, além da arquitetura, para uma esfera social, visto que todo o estudo que envolve a sustentabilidade no desenvolvimento urbano tem por objetivo a qualidade de vida da população e das gerações futuras.

No Brasil, a questão da sustentabilidade já está presente nas exigências dos programas para produção arquitetônica no país, no entanto, ainda é voltado,

principalmente, para grandes empreendimentos, através das certificações ambientais, que rotulam como deve ser a “arquitetura sustentável” e, buscam pelo consumo do produto. O escritório *O Norte* procura, assim, não se prender a rotulações que possam fazer da arquitetura um objetivo secundário. Os arquitetos do escritório buscam por uma conscientização ambiental dos clientes e da população, através da produção de uma arquitetura funcional e de baixo impacto.

De acordo com Bruno Lima, ao se tratar de arquitetura sustentável, além do conforto obtido através das soluções passivas de ventilação e iluminação, atualmente é preciso preocupar-se com o ciclo de vida dos materiais. O gasto de energia para a produção do material, a aplicação do material no edifício e como o material deve ser descartado, tornam-se pontos fundamentais da discussão da sustentabilidade na arquitetura.

O escritório *O Norte – Oficina de Criação* já produziu diversos projetos, no estado de Pernambuco, com princípios sustentáveis, como a Residência Derby (2003-2008), Residência em Aldeia (2009) e a Escola Novo Mangue (2000) (**Fig. 156, 157**).

Este último, apresentado na pesquisa, encontra-se entre os quinze projetos selecionados para representar o Brasil na Bienal de Veneza de 2016, a mais antiga mostra internacional de artes e arquitetura, que acontece desde 1895, na Itália.



Fig. 156 – Residência Derby – O Norte.  
Foto: Matheus Sá, 2011.



Fig. 157 – Residência em Aldeia – O Norte.  
Foto: Matheus Sá, 2013.

## Escola Novo Mangue

*O Norte – Oficina de Criação, 2000, Recife-PE.*

Com forte influência do Rio Capibaribe, da vegetação dos manguezais e de toda geografia local, a Escola Novo Mangue apresenta-se dentro de um contexto de grandes limitações em relação ao custo e a tecnologias. Por outro lado, integra simplicidade com bem-estar, através de um projeto de baixo impacto ambiental, com importância social para a comunidade local. O projeto da Escola, portanto, enquadra-se no tripé da sustentabilidade (ambiental, econômica e sociocultural) de forma equilibrada.

A presença da Escola na comunidade do Coque aumenta o sentimento de união e de segurança no local. De acordo com Bruno Lima, em entrevista, o projeto partiu de uma necessidade local de ter um estabelecimento público voltado para crianças do ensino fundamental e com o objetivo de ser direcionado para educação ambiental. Assim, a Escola Novo mangue estabelece importante sustentabilidade social, visto que diminui a desigualdade social, garante acesso à educação e, conseqüentemente, melhora a qualidade de vida da população da comunidade **(Fig. 158)**.



Fig. 158 – Escola Novo Mangue. *O Norte – Oficina de Criação, 2000.*  
Foto: Francisco Rocha, 2016.

- **Contexto e Lugar**

Localizada na Ilha Joana bezerra, a Escola Novo Mangue tem o seu local de implantação como um dos elementos primordiais para a definição do partido arquitetônico inicial. A ilha, que engloba toda comunidade do Coque, é caracterizada pela alta criminalidade, ao mesmo tempo em que oferece ao projeto, grande quantidade de paisagem natural, contato com o rio Capibaribe e com a vegetação local.

A Escola, portanto, como elemento educacional de impacto na região, proporciona o sentimento de acolhimento não somente às crianças, mas também aos adultos. Reduz o número de jovens envolvidos com a violência e o trafico de drogas no local, além de gerar emprego e renda para a comunidade. Uma vez que o terreno localiza-se às margens do Rio Capibaribe, o projeto não só revitaliza a área que se encontrava desocupada, mas também melhora a qualidade ambiental do local, através da nova plantação dos manguezais e da higienização local do rio, que passa a ser parte da escola (**Fig. 159**).



Fig. 159 – Localização da Escola Novo Mangue, na Comunidade do Coque.  
Fonte: Google Earth, 2016. Edição: O Autor, 2016..

A arquitetura não se limita a construir paredes. Sem o Rio Capibaribe e a paisagem local, a Escola Novo Mangue não teria a mesma significância arquitetônica. O edifício acomoda-se à comunidade local e incorpora a paisagem natural como elemento de projeto, que está em constante transformação. A escola tem por objetivo uma menor segregação social, ameniza a violência urbana, transforma a comunidade, ao mesmo tempo em que a comunidade transforma a escola.

O conforto ocasionado pelo rio e pela vegetação – conforto visual e amenização da temperatura - entra em contraste com as ferrovias, que destinam os metrô até a estação Joana Bezerra, localizada na Comunidade. Os metrô que correm nos trilhos, constantemente, geram grande desconforto acústico e visual, além de separar o Coque em duas áreas não comunicáveis. Na **Figura 160**, definiram-se as áreas como “Coque A” (em laranja) e “Coque B” (em roxo). A Escola – que tem por objetivo trazer mais união à comunidade – serve apenas ao grupo localizado no “Coque A”, uma vez que as ferrovias segregam espacialmente as duas áreas, sem permitir ao grupo do “Coque B” acesso fácil e direto até o lado oposto.



Legenda:

■ Escola Novo Mangue ■ Rio Capibaribe ■ Trilhos do metrô ■ Área verde ■ Coque A ■ Coque B

Fig. 160 – Análise da localização da Escola Novo Mangue, na Comunidade do Coque.  
Fonte: Google Earth, 2016. Edição: O Autor, 2016.

### ▪ Morfologia e Funcionalidade

Ao ter o Rio Capibaribe como principal norteador, tirou-se partido inicial da escola a partir do pátio de recreação que seria localizado às margens do rio, com o intuito de integrar o espaço aberto criado (pátio de recreação) com o espaço aberto existente. O pátio é, assim, um elemento de transição entre o rio e a escola, área de lazer a espaço para contemplação da paisagem. A Escola Novo Mangue, portanto, apresenta o formato geométrico em “L”, com o ângulo ortogonal voltado para o lado do Rio Capibaribe (**Fig. 161 e 162**).

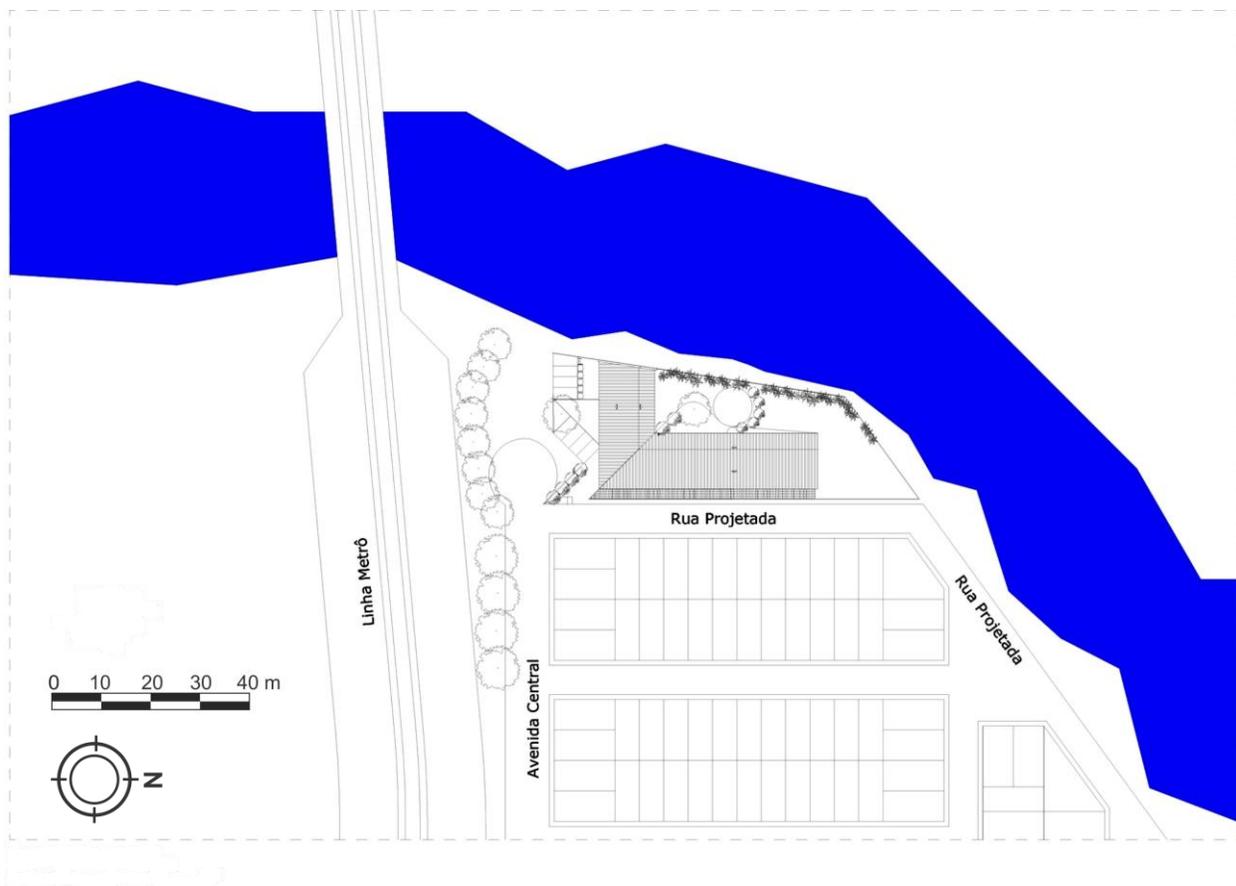


Fig. 161 – Escola Novo Mangue - Planta de situação.  
Edição: O Autor, 2016. Fonte: archidaily.com.br/785161, acesso em 30.09.2016.



tem-se o espaço livre de convivência e lazer, que permite o contato com o rio e com o manguezal, além de admitir a permeabilidade dos solos.

#### SETOR 1

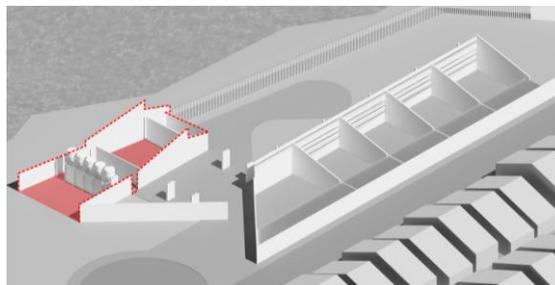
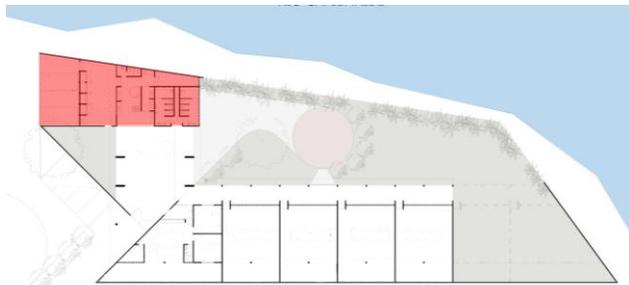


Fig. 163, 164 – Escola Novo Mangue - Planta Baixa e Perspectiva – Setor 1.  
Fonte: onorte.arq.br. Edição: O Autor, 2016.

#### SETOR 2

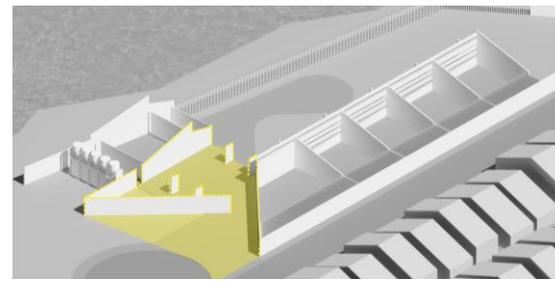


Fig. 165, 166 – Escola Novo Mangue - Planta Baixa e Perspectiva – Setor 2.  
Fonte: onorte.arq.br. Edição: O Autor, 2016.

#### SETOR 3

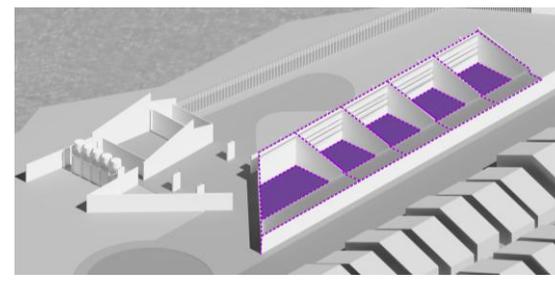
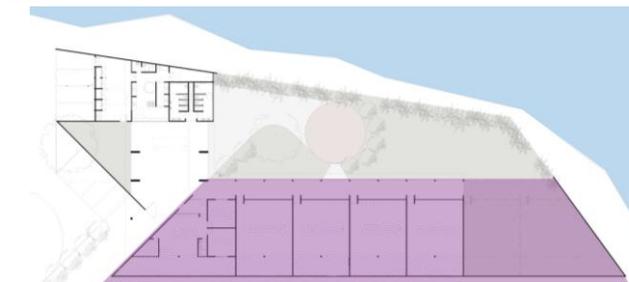


Fig. 167, 168 – Escola Novo Mangue - Planta Baixa e Perspectiva – Setor 3.  
Fonte: onorte.arq.br. Edição: O Autor, 2016.

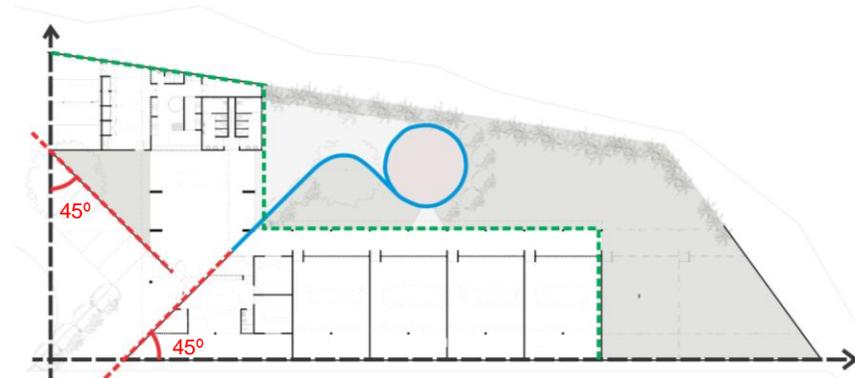


Fig. 169 – Escola Novo Mangue – Harmonia das formas.  
Fonte: onorte.arq.br. Edição: O Autor, 2016.

- **Tectônica e Materialidade**

Toda construção da Escola Novo Mangue deu-se de forma bastante simples e crua: com materiais aparentes, sem revestimentos e técnicas construtivas locais. Não apenas devido às limitações no orçamento total da construção, mas também pela proximidade que o edifício deveria apresentar com as residências existentes na comunidade do Coque. Ademais, em entrevista para o Diário de Pernambuco (11.04.2016), os arquitetos afirmaram que a construção deveria ser, preferencialmente, executada pelos trabalhadores (pedreiros, mestres de obra, pintores) da comunidade.

É perceptível a ausência do vidro na construção, entre outros materiais cortantes, em vista ao alto índice da violência local. Grande parte da obra foi levantada a partir de materiais argilosos. As paredes são todas em tijolo aparente, pintadas internamente, porém, sem nenhum revestimento no lado externo, exaltando a brutalidade e vivacidade do material, assim como sua importância na concepção do projeto (**Fig. 170**). As aberturas das salas de aula, banheiros e área de serviço são também formadas pelos mesmos tijolos, porém, invertidos e intercalados. A ideia, além de gerar segurança, é eficiente e bastante econômica. Apenas a janela da sala dos professores, assim como as portas e os pilares são em ferro fundido (**Fig. 171**).



Fig. 170 – Escola Novo Mangue – Materiais externos isentos de revestimentos.  
Foto: Francisco Rocha, 2016.

O concreto aparente também é um material de importância para a segurança da escola. Os pisos, os bancos dos pátios e o pergolado das salas de aula são todos em concreto. O jardim interno das salas, sob o pergolado, deve também ser analisado como material, que, de fato, é o elemento transformador dos ambientes. O jardim ameniza a estética rústica da construção, além de tornar os ambientes mais agradáveis e diminuir a sensação da insegurança no local **(Fig. 172)**.



Fig. 171 – Escola Novo Mangue – Vista a partir do pátio recreativo  
Foto: Mateus Sá, 2016.



Fig. 172 – Escola Novo Mangue – Sala de aula / Jardins internos.  
Foto: Mateus Sá, 2016.

### ▪ Tecnologia e Conforto

O projeto da Escola Novo Mangue não é composto por tecnologias construtivas de alto custo, principalmente, devido às limitações orçamentárias estabelecidas. Entretanto, baixo custo de obra não significa baixa qualidade do ambiente construído.

Estratégias de conforto ambiental estão presentes nos três setores da edificação. Devido à presença do rio e da ausência de grandes barreiras, o microclima local favorece a ventilação e a diminuição das temperaturas. A massa de vegetação, dos manguezais, que estava devastada anteriormente, foi restabelecida com a presença da Escola no local, através, também, da educação ambiental (**Fig. 173, 174**).



Fig. 173 – Local do terreno antes da construção da Escola Novo Mangue.  
Foto: Francisco Rocha, 2016.



Fig. 174 – Vegetação de mangue após construção da Escola Novo mangue.  
Foto: Matheus Sá, 2016.

A vegetação densa reestabelecida poderia dificultar à ventilação no local, entretanto, a vegetação está localizada a oeste da Escola, orientação que recebe menos fluxo de ventos na cidade do Recife. A massa vegetativa, assim, favorece a proteção contra a radiação do sol poente, além de trazer vida à paisagem local.

No edifício, o bloco da secretaria e das salas de aula são todos favorecidos com ventilação natural cruzada, através da abertura zenital do pergolado e das aberturas obtidas pelos tijolos intercalados. A solução é interessante quando não se tem verba (e segurança) suficiente para aplicação das janelas tradicionais. No entanto, a falta de aberturas nas paredes da fachada leste, das salas de aula, torna-se uma grande desvantagem quanto ao aproveitamento da ventilação natural, uma vez que a direção

predominante dos ventos, no Recife, é no sentido de leste para oeste (do sudeste, tem-se os ventos mais fortes, enquanto do nordeste tem-se as brisas). (Fig. 175, 176, 177).

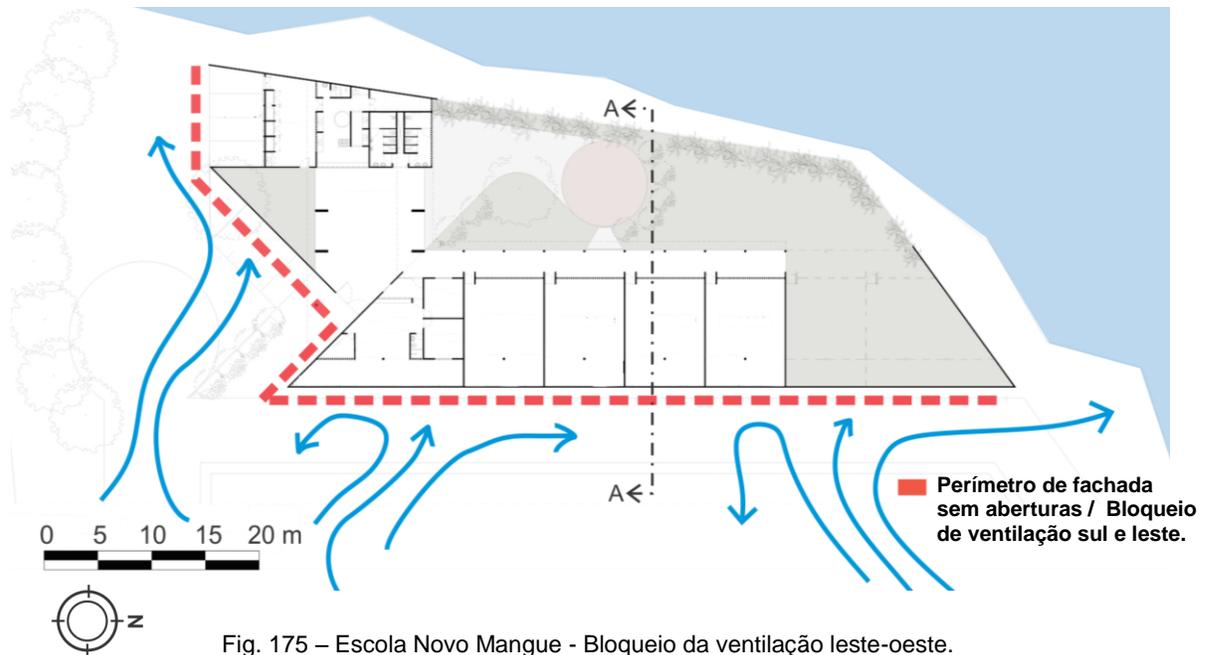


Fig. 175 – Escola Novo Mangue - Bloqueio da ventilação leste-oeste.  
Fonte: onorte.gov.br. Edição: O Autor, 2016.

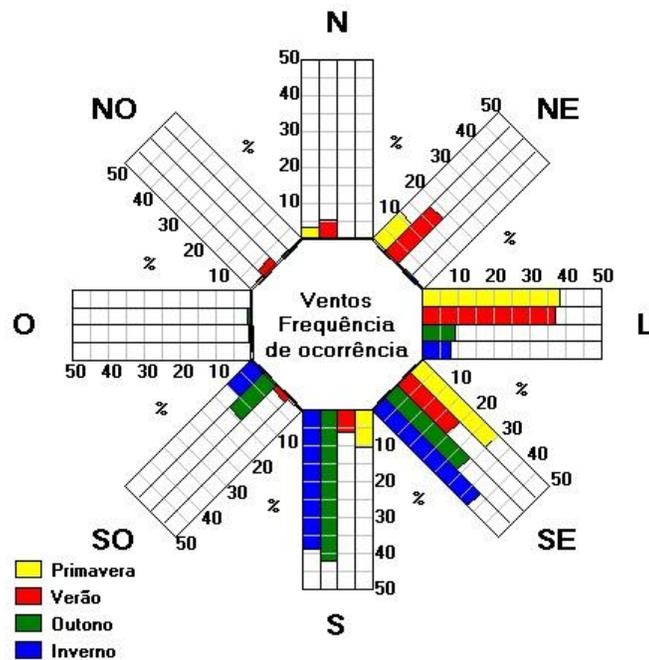


Fig. 176 – Gráfico de ventilação do Recife – Predominância de ventilação nas orientações Sul, Sudeste e Leste.  
Fonte: Extraído do programa Analysis SOL-AR, 2016.

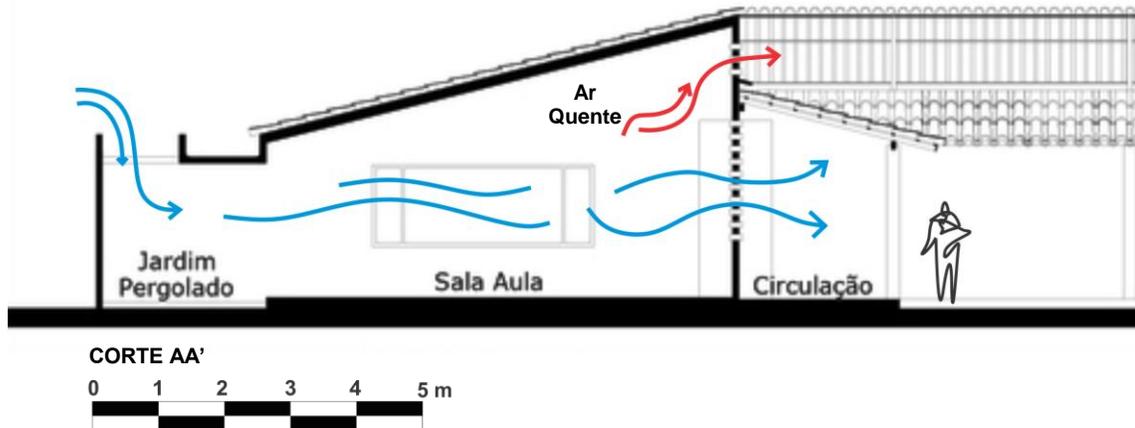


Fig. 177 – Escola Novo Mangue – Ventilação cruzada (leste-oeste) nas salas de aula.  
 Fonte: onorte.gov.br. Edição: O Autor, 2016.

Quanto à insolação, o posicionamento das salas de aula no eixo leste do terreno favorece a um menor aquecimento dos ambientes, já que a cobertura e as paredes são aquecidas pelo sol, durante o período da manhã, onde a radiação solar é mais amena. As paredes das salas de aula, voltadas para oeste, são protegidas pelo bloco de circulação e pelo beiral da respectiva cobertura.

De acordo com carta solar do Recife (**Fig. 178**), observa-se que, durante todo ano, as fachadas voltadas para leste recebem radiação solar desde o nascer do sol (em torno das seis horas) até meio-dia e as fachadas voltadas para oeste recebem radiação solar a partir do meio-dia até o pôr do sol (em torno das dezoito horas).

No caso da Escola Novo Mangue, a fachada oeste das salas de aula é protegida pela cobertura do bloco de circulação, que forma um ângulo de  $35^\circ$  (altura solar), em relação à parede das salas de aula. Assim, a fachada oeste das salas permanece sombreada entre meio-dia e dezesseis horas, recebendo radiação solar somente após dezesseis horas, até o pôr do sol – fator que ameniza a temperatura do ambiente, durante o período da tarde. (**Fig. 179, 180**).

As cobertas, em telha canal e inclinadas, apresentam um desempenho adequado em relação às condições climáticas locais, ou seja, eficiente proteção contra o forte aquecimento dos ambientes, assim como contra as chuvas constantes.

A forma em “L”, ao mesmo tempo em que se abre para a paisagem do rio, apresenta-se fechado para a orientação leste e apresenta um bloqueio às condições climáticas naturais (de ventilação e insolação) mais confortáveis que a cidade oferece. Prioritariamente, pensou-se na conexão entre o pátio recreativo e o Rio Capibaribe, no

entanto, o posicionamento do pátio, no eixo oeste do terreno, favorece ao desconforto do local, no período da tarde, ao torna-se super aquecido pela forte radiação solar.

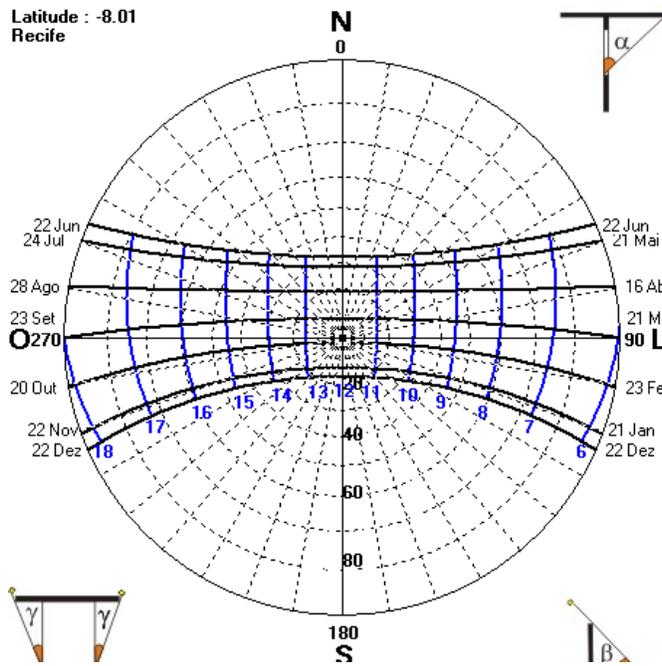


Fig. 178 – Gráfico de Insolação do Recife – Carta Solar.  
Fonte: Extraído do programa Analysis SOL-AR, 2016.

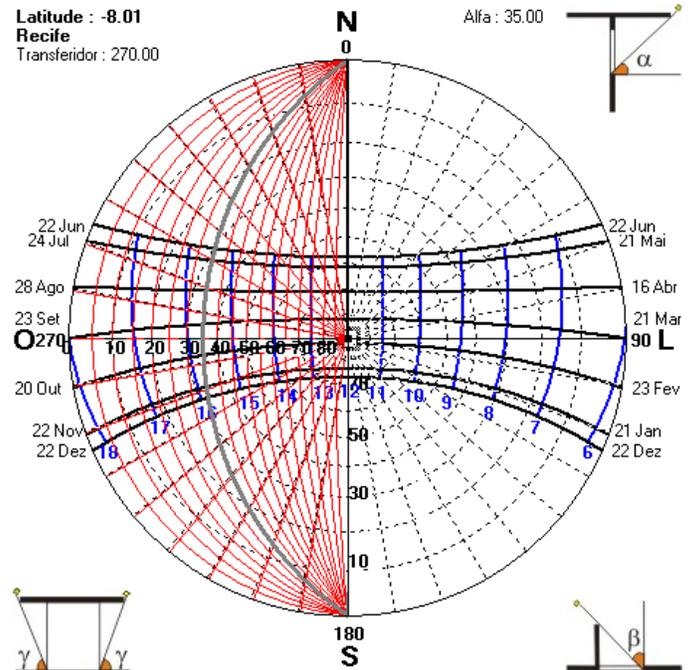


Fig. 179 – Gráfico de proteção solar exercido pela cobertura sobre a fachada oeste das salas de aula.  
Fonte: Extraído do programa Analysis SOL-AR, 2016.

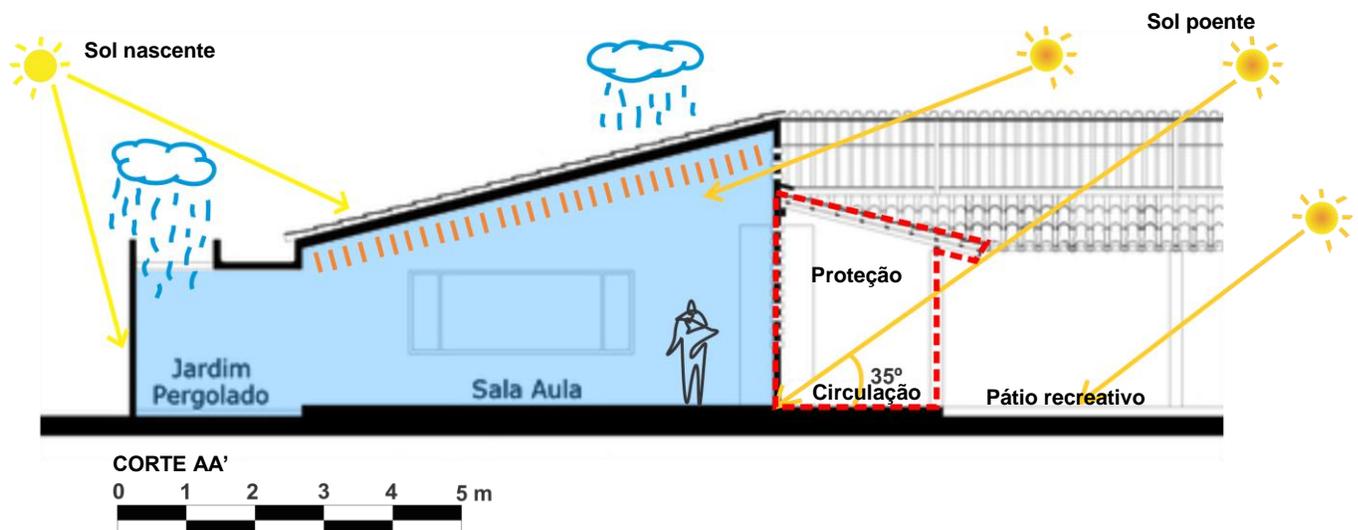


Fig. 180 – Escola Novo Mangue – Insolação Nascente e Poente.  
Fonte: onorte.gov.br. Edição: O Autor, 2016.

- **Avaliação**

A Escola Novo Mangue apresenta resultados positivos em todos os aspectos e problemáticas abordados. A implantação do edifício no local, a construção e os materiais empregados respeitam e enquadram-se no contexto arquitetônico e urbano já existente, o que garante, portanto, pontuação máxima para as problemáticas “Contexto e Lugar” e “Tectônica e Materialidade”.

O aspecto “econômico” também obteve rendimento máximo na pontuação, devido à elaboração de todo projeto dentro de um orçamento bastante limitado, sem comprometer a qualidade arquitetônica do projeto.

Quanto à *Morfologia e Funcionalidade*, o formato da edificação em “L” aberto para o rio, conecta o edifício com a paisagem natural, porém não conecta o edifício com a comunidade. A extensa vedação da fachada leste, sem aberturas, dificulta a qualidade ambiental das salas de aula e estabelece uma sensação maior de separação entre a escola e as residências da comunidade.

Em *Tecnologia e Conforto*, a ausência de janelas nas salas de aula, apesar de ser compensado com o pergolado, ainda é um fator que proporciona desconforto, além da impossibilidade de vistas diretas para o exterior. Ademais, as aberturas elaboradas a partir do pergolado em concreto e dos tijolos intercalados não permitem o manuseio e o domínio dos usuários sobre os elementos.

ASPECTOS PROBLEM.	AMBIENTAL	SOCIAL	POLÍTICO	ECONÔMICO	RESULTADO
CONTEXTO E LUGAR	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆	100%
MORFOLOGIA E FUNCIONALIDADE	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆	90%
TECTÔNICA E MATERIALIDADE	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆	100%
TECNOLOGIA E CONFORTO	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆	◆◆◆◆	85%
RESULTADO	90%	95%	90%	100%	93,75%

### 4.3 São Paulo e o escritório Aflalo/Gasperini

Localizada na região sudeste do Brasil, a 23°32'50" Sul e 46°38'09" Oeste, e altitude de 769 metros, em relação ao nível do mar, São Paulo é uma cidade caracterizada por clima subtropical úmido. Segundo a Norma ABNT NBR 15220, São Paulo encontra-se na Zona Bioclimática 3, o que significa temperaturas frias, no inverno, e temperaturas quentes, no verão. No município, a temperatura média anual fica em torno de 19,5 °C, com média mínima de 9,7 °C, em julho, e média máxima de 28 °C, em fevereiro (INMET, 2016).

Os microclimas da cidade elevam a temperatura local, devido à poluição, ao alto adensamento construtivo e às áreas pavimentadas, além da grande aglomeração populacional. De acordo com os dados do IBGE (2016), a população da cidade é de 12,4 milhões de habitantes e densidade demográfica (2010) de 7,4 habitantes por quilômetro quadrado.

Independentemente dos fatores climáticos, a busca pelo conforto térmico e ventilação passiva dos ambientes é fator primordial para a arquitetura sustentável. Juntamente aos materiais e construção de baixo impacto ambiental, o edifício que obtém conforto com o uso equilibrado de tecnologias, melhora a eficiência energética e o desempenho econômico da edificação, ao longo tempo. Assim, as recomendações para os edifícios localizados em São Paulo devem considerar, preferencialmente, as temperaturas mínimas dos meses de inverno, com a implementação de paredes mais espessas. A orientação, a forma e a implantação do edifício no terreno devem favorecer o aproveitamento da radiação solar para os ambientes internos, através das superfícies em vidro, principalmente durante os meses de outono e inverno. Ao mesmo tempo que são necessários elementos de proteção solar, durante os meses de verão.

Em São Paulo, soluções sustentáveis na arquitetura contemporânea (1990-2010) ainda são escassas e pouco difundidas. A legislação deixa a critério dos profissionais a implementação de estratégias bioclimáticas e a utilização de materiais ecológicos para as novas edificações. Conseqüentemente, também não existem técnicas de avaliação de sustentabilidade para arquitetura local, de caráter público e sem objetivos publicitários.

No entanto, em São Paulo encontra-se a maior quantidade de edifícios com certificações de sustentabilidade, assim como, arquitetos que buscam a integração da alta tecnologia com soluções sustentáveis.

O escritório de arquitetura Aflalo/Gasperini atua na execução de projetos de grande escala, na maioria, edifícios empresariais e corporativos, que causam grande impacto ambiental e urbano. Porém, apesar do escritório encontrar-se limitado pelas diretrizes impostas pelo mercado imobiliário brasileiro, a arquitetura apresenta soluções criativas e eficientes, que surgem a partir da tecnologia, e conquistam frequentemente certificações ambientais.

O edifício *Eldorado Business Tower* (São Paulo, 1988) foi o primeiro a receber certificação LEED Platium, o mais alto da categoria America Latina (SANTOS, 2012). Os edifícios *Eco Berini* (São Paulo, 2011) e JK 1600 (São Paulo, 2012) conquistaram a certificação LEED Gold. **(Fig. 181, 182).**



Fig. 181 – Edifício Eco Berrini –  
Aflalo/Gasperini.  
Foto: Daniel Ducci.



Fig. 182 – Edifício Eldorado Business  
Tower – Aflalo/Gasperini.  
Foto: Daniel Ducci.

A arquitetura, para atingir um alto nível de qualificação sustentável, deve estar inserida no tripé da sustentabilidade, ou seja, é necessário considerar o aspecto econômico e ambiental da obra, além da função social do edifício no contexto urbano. As certificações abrangem apenas a questão “ambiental” para a realização das avaliações. E, neste contexto, as edificações não devem ser consideradas “sustentáveis” apenas devido à aquisição da certificação ambiental.

## Edifício Praça JK 1600

*Aflalo/Gasperini, 2012 – São Paulo, SP.*

Focado numa linguagem contemporânea, atualmente, a arquitetura do edifício Praça JK 1600 é marcada pela forte ligação entre tecnologias sustentáveis e soluções arquitetônicas que também se enquadram no tripé da sustentabilidade. Os arquitetos destacam no edifício a preocupação em criar espaços de uso público, que se conectam com os diversos espaços livres da cidade. Criam, assim, uma proposta que mostra não apenas o uso das tecnologias, mas também interação entre edifício e desenho urbano local (**Fig. 183**).



Fig. 183 – Edifício JK 1600 – Aflalo/Gasperini.  
Foto: O Autor, 2016.

- **Contexto e Lugar**

Localizado juntamente ao grupo de edifícios verticais contemporâneos da Avenida Juscelino Kubitschek (**Fig. 184**), no bairro Itaim Bibi, o projeto arquitetônico do edifício JK 1600 contribui para uma melhor qualidade de vida dos usuários e do entorno, visto que oferece uma praça pública, infraestrutura para ciclistas e vagas preferenciais para veículos menos poluentes. O edifício possui fácil acesso por diversos meios de transportes públicos (ônibus e metrô), o que diminui a intenção pelo alto número de vagas na garagem, além de apresentar uma fruição pública de pedestres, dando maior mobilidade aos usuários e à população. No projeto, os arquitetos preocuparam-se em ligar os térreos de maneira que se tenha fruição e percepção de um espaço contínuo.

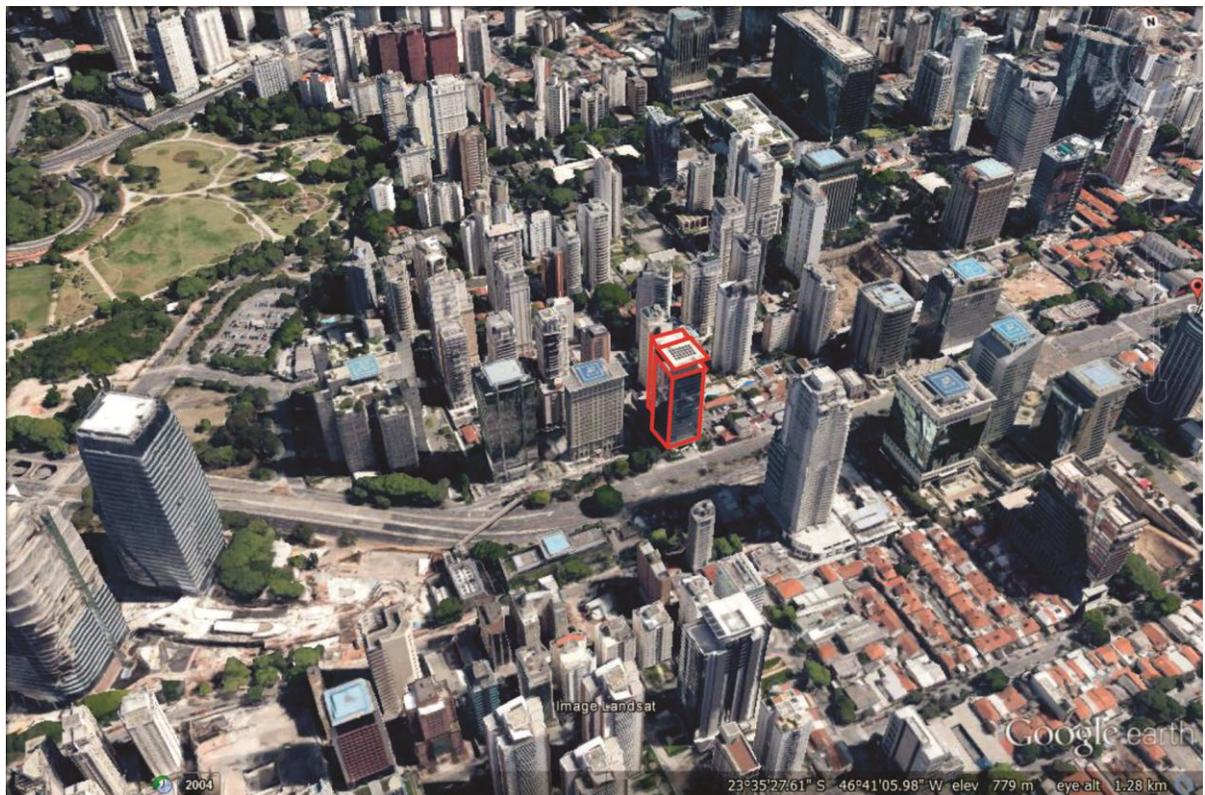
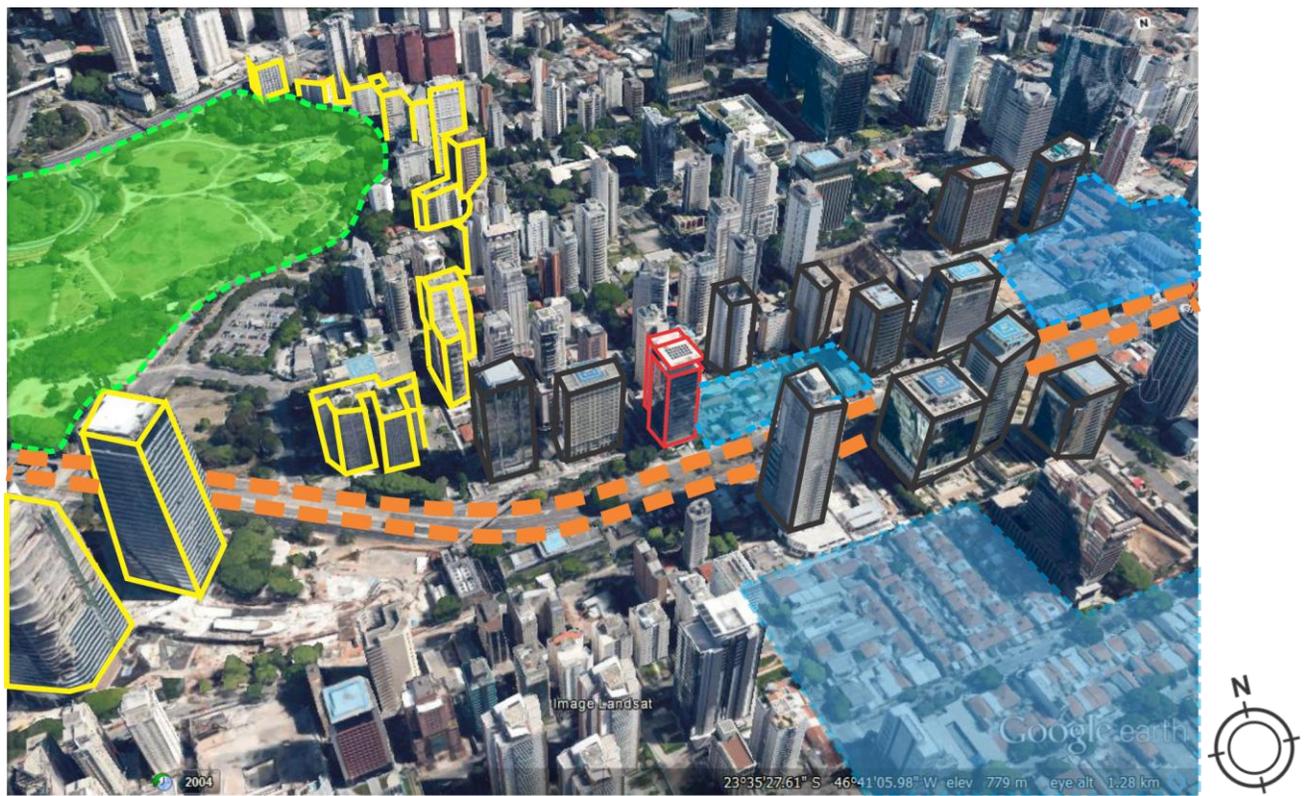


Fig 184 – Localização do Edifício JK 1600 no entorno imediato.  
Fonte: Google Earth, 2016. Edição O Autor, 2016.

O JK 1600 é um edifício compacto, bem enquadrado no contexto local, que, por sua vez, já se encontra bastante adensado, ou seja, o edifício respeita a arquitetura existente, ao mesmo tempo em que contribui para o adensamento construtivo. A verticalidade da região predomina sobre as áreas ainda de caráter horizontal. A porção de área verde existente (Parque do Povo - Mário Pimenta Camargo), próxima à edificação, é bloqueada a partir de uma barreira formada pelos edifícios verticais do entorno e, portanto, a sua visibilidade favorece apenas aos edifícios da barreira. Por outro lado, as áreas verdes ajudam a amenizar o aumento das temperaturas, principalmente nos meses de verão, onde o microclima formado no local tende a ser mais quente, devido à grande concentração de edifícios (**Fig. 185**).



Legenda:

■ Edifício JK 1600 ■ Edf. Verticais ■ Av. Pres. JK ■ Barreira ■ Área Verde ■ Áreas Horizontais

Fig 185 – Análise da localização do Edifício JK 1600 no entorno imediato.  
Fonte: Google Earth, 2016. Edição O Autor, 2016.

### ▪ Morfologia e Funcionalidade

O edifício JK 1600 é um prisma único retangular, uniforme e de linhas simples, composto por uma base, aberta à cidade, corpo principal de 15 pavimentos-tipo e coroamento. O projeto ainda inclui um mezanino, que compõe um teatro para 200 pessoas, com acesso independente e cinco pavimentos de subsolo de garagem, para atendimento às necessidades do empreendimento.

Na planta de locação (**Fig. 186**), é possível observar a continuidade existente da calçada para o interior do terreno, que mescla caminhos, vegetação e um espelho d'água lateral, em formas orgânicas e geométricas. Assim, a praça que forma o pavimento térreo do projeto, além de conectar as avenidas do entorno, deixa o hall de entrada recuado e juntamente à marquise sob a torre fortalece o convite ao ingresso no edifício.



Fig 186 – Planta de Locação / JK 1600, Aflalo/Gasperini  
Fonte: archdaily.com.br, acesso em 28.07.16

Com princípios modernistas, a planta é livre, com pouca interferência de pilares visíveis, em que a estrutura principal é composta basicamente por quatro grandes colunas: uma de base circular, à frente, próximo ao jardim, e três colunas de base retangular, uma à frente, também próxima aos jardins, e duas ao fundo, próximas ao núcleo dos elevadores.

No pavimento mezanino encontra-se o teatro com capacidade para 200 pessoas, voltado para a praça projetada em substituição à rua sem saída ao lado do edifício. Além do teatro, a área do mezanino também compõe a bilheteria, um salão, elevador de descarga e elevadores que são destinados exclusivamente para o acesso ao teatro – elemento que separa socialmente, portanto, o bloco do mezanino do bloco de pavimentos-tipo. O pavimento-tipo é formado por duas salas de escritório, uma varanda em cada sala, toaletes, espaço para os condensadores de ar, além do bloco de elevadores e escada.

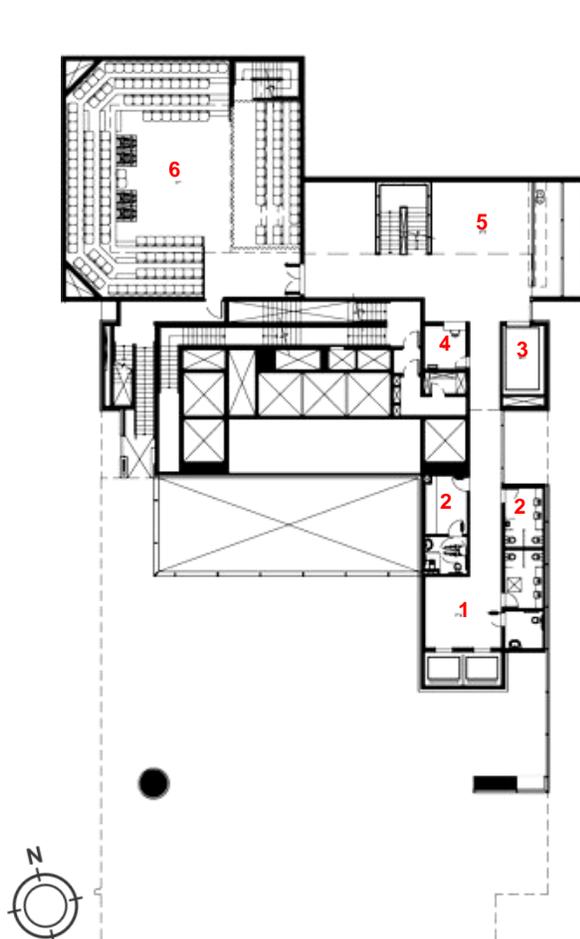


Fig 187 – Edifício JK 1600 - Planta Baixa – Mezanino.  
Fonte: archdaily.com.br, acesso em 28.07.16

- |                          |                            |
|--------------------------|----------------------------|
| 1 – Elevadores           | 7 – Salas / Escritórios    |
| 2 – Toaletes             | 8 – Varandas               |
| 3 – Elevador de descarga | 9 – Toaletes               |
| 4 – Bilheteria           | 10 – Condensadores (Split) |
| 5 – Salão                | 11 - Elevadores            |
| 6 - Teatro               |                            |

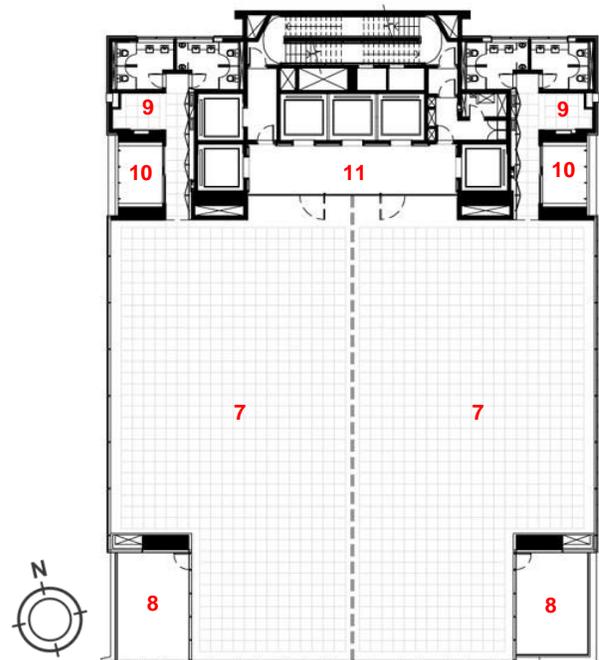


Fig 188 – Edifício JK 1600 - Planta Baixa – Pavimento tipo.  
Fonte: archdaily.com.br, acesso em 28.07.16

### ▪ Tectônica e Materialidade

O corpo principal da edificação, prisma de base retangular, é vedado por uma fina camada de vidro instalada a partir de esquadrias de alumínio, que compõe quase por completo todas as fachadas. Porém, é interrompida por estreitas faixas verticais, livres de vedação, as quais proporcionam varandas, o que gera resultado plástico entre estrutura concreta e camada translúcida e reflexiva.

O vidro utilizado nas fachadas é tipo *low-e* (em português, baixa emissividade), já bastante comum em edifícios de alta tecnologia, uma vez que auxilia no desempenho solar, permite grande luminosidade natural, oferece desempenho energético e termoacústico. A camada de óxido metálico (geralmente, óxido de zinco ou óxido de estanho) é aplicada sobre uma das superfícies do vidro (de preferência, a superfície interna), diminuindo a emissividade (fator U) do material. Assim, o vidro *low-e* permite a transmissão do calor por radiação, porém transmite pouca temperatura por meio de condução, ou seja, o ambiente é aquecido e o calor interno é impedido de ser conduzido para o exterior. O vidro comum pode ter emissividade de até 0,89, enquanto o vidro *low-e* pode chegar até 0,03 (METALICA, 2016) (Fig. 189).

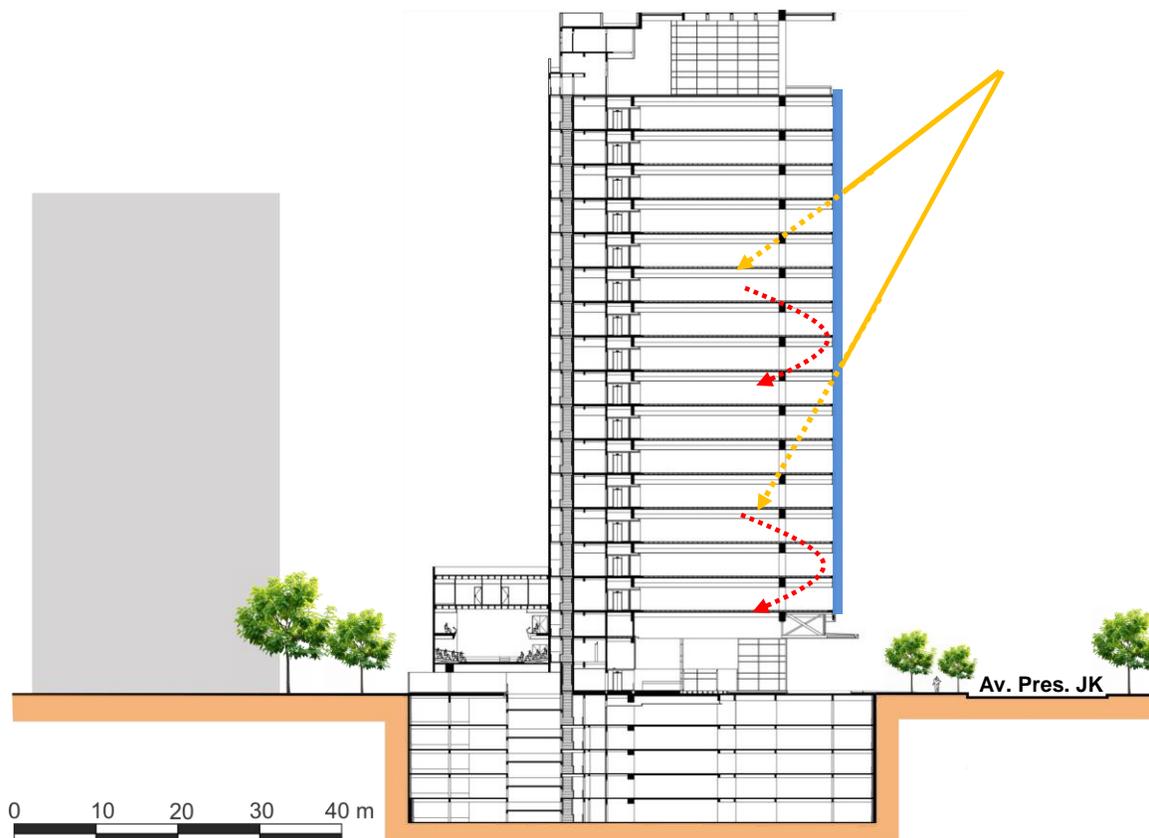


Fig 189 – Edifício JK 1600 – Corte Transversal – Vidro *low-e*.  
Edição: O Autor, 2016. Fonte: archdaily.com.br, acesso em 28.07.16

No contexto do JK 1600, a cortina em vidro *low-e* tornar-se bastante eficiente nos meses de inverno e nos períodos onde as temperaturas ainda estão abaixo dos 20°C (primavera e outono), visto que diminui a necessidade do uso de condicionadores de ar e de aquecedores. No entanto, nos meses de verão, os ambientes podem ficar super aquecidos e demandar, conseqüentemente, mais uso da refrigeração nos ambientes **(Fig. 190, 191)**.



Fig 190 e 191 – Edifício JK 1600 – Cortina de vidro *low-e*.  
Foto: O Autor, 2016.

O coroamento do edifício é formado por um amplo terraço aberto, que contrasta com a rotina dos escritórios fechados e serve, também, de mirante com vista para a cidade. A cobertura é formada por uma estrutura metálica distanciada da laje, com parte totalmente fechada e outra em grelha **(Fig. 192)**.

Apesar de custos iniciais onerosos, entretanto, o JK 1600 apresenta uma materialidade para longa durabilidade, com previsão de baixa manutenção no futuro, o que torna mais econômico do que outros empreendimentos.

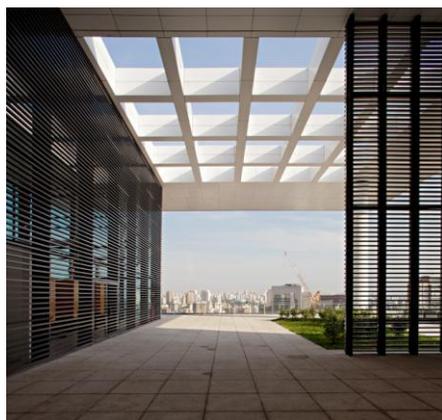


Fig 192 – Edifício JK 1600 - Terraço superior.  
Foto: Daniel Ducci

## ▪ **Tecnologia e Conforto**

Princípios sustentáveis foram abordados desde a fase inicial do programa, com objetivo de gerar baixo impacto ambiental, rentabilidade viável e influência positiva na vida social da região, além da verticalidade ter respeitado o entorno já existente.

Para a obtenção da certificação LEED *Gold*, o edifício JK 1660 foi avaliado a partir das sete dimensões criteriosas da certificação internacional (GBC BRASIL, 2016):

1. Espaço sustentável – abrange a questão do impacto do edifício no ecossistema, além das problemáticas dos grandes centros urbanos, como diminuição do uso de carros e ilhas de calor;

2. Eficiência do uso da água – incentiva a racionalização do uso da água potável e promove alternativas para tratamento e reuso da água;

3. Energia e atmosfera – promove o melhor desempenho energético possível da edificação, através do uso de equipamentos e sistemas eficientes;

4. Materiais e recursos – favorece a reciclagem de resíduos na operação do edifício e utilização de materiais de fácil acesso e baixo impacto ambiental, além de favorecer ao descarte dos materiais às cooperativas de reciclagem;

5. Qualidade ambiental interna – incentiva estratégias para qualidade do ar interno, conforto ambiental e prioriza espaços com vistas para o exterior e com iluminação natural.

6. Inovação e processos – tem por objetivo a difusão do conhecimento quanto às edificações sustentáveis, além da criação de novas medidas de projeto, que ainda não foram estabelecidas pela certificação LEED.

7. Créditos de prioridade regional – valoriza as diferenças regionais, ambientais, sociais e culturais de cada país, estabelecendo créditos de prioridade regional para cada contexto local.

Os resultados apresentados a partir da análise do edifício JK 1600 para a aquisição da certificação foram os seguintes: 15% de economia de energia, 30% de economia de água em dispositivos e 50% de economia de água no paisagismo, 85% de resíduos desviados de aterro, 21% dos materiais são reciclados, 44% dos materiais utilizados são regionais, todas as madeiras são certificadas (100%) e 20% do lote é destinado às áreas verdes (GBC BRASIL, 2016).

Apesar de ter conquistado certificação LEED *Gold*, uma das mais exigentes do mercado, a uniformidade do bloco vertical não é favorável quanto aos aspectos bioclimáticos de ventilação e insolação (**Fig. 193, 194**).

A planta simétrica do pavimento-tipo enfatiza que o Edifício JK 1600 foi projetado com tecnologias que fizeram a arquitetura tornar-se independente dos fatores climáticos naturais do local. A tendência é bastante comum na arquitetura contemporânea de alta tecnologia, porém não muito positiva, visto que o aspecto econômico do tripé da sustentabilidade entra em desequilíbrio, em relação ao aspecto ambiental e ao aspecto sociocultural.



Fig 193 e 194 – Edifício JK 1600 – Volumetria limpa e uniforme.  
Fotos: Daniel Ducci.

As cortinas de vidro (frontal e laterais) favorecem a conexão das salas de escritório com a paisagem urbana, e proporcionam a iluminação natural em todos os pavimentos. No entanto, a carga térmica adquirida pelas salas voltadas para oeste é maior, em relação às salas voltadas para leste, devido à constante penetração da radiação solar poente (mais intensa). Assim, durante os meses de verão, as salas a oeste são menos confortáveis e necessitam de um maior gasto energético com condicionadores de ar, enquanto as salas a leste estão protegidas da radiação poente.

Durante os meses de inverno, as salas a oeste podem se aproveitar dos raios solares para aquecer naturalmente os ambientes, enquanto as salas a leste encontram-se mais resfriadas, com maior necessidade de aquecedores no local.

De acordo com o gráfico de insolação da cidade de São Paulo, observa-se, através da trajetória solar, que a orientação norte é a mais favorecida pela radiação do sol, durante o ano inteiro (o inverso do que ocorre na Alemanha) (**Fig. 195**). Assim, conclui-se que os arquitetos procuraram bloquear a constante radiação, devido às altas temperaturas nos meses de verão, visto que a orientação norte do edifício é composta pelos blocos de escadas, elevadores e áreas de serviço.

Quanto à ventilação, São Paulo recebe fluxo de ventos, durante todo o ano, quase sempre com velocidade predominante em 3m/s. A pouca ventilação natural possível, através das varandas, são mais eficientes para as salas orientadas para o leste, enquanto às salas voltadas para oeste, tornam-se mais dependentes da ventilação artificial. O terraço superior, por sua vez, é livre de barreiras nas orientações leste, oeste e sul e, portanto, recebe grande quantidade de ventilação natural, durante o ano inteiro.

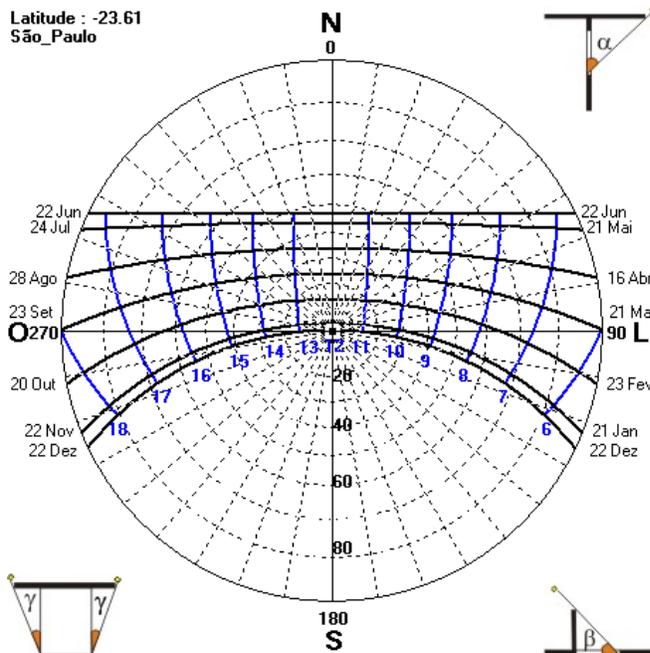


Fig 195 – Gráfico de insolação da cidade de São Paulo.  
Fonte: extraído do programa Analsys SOL-AR, 2016.

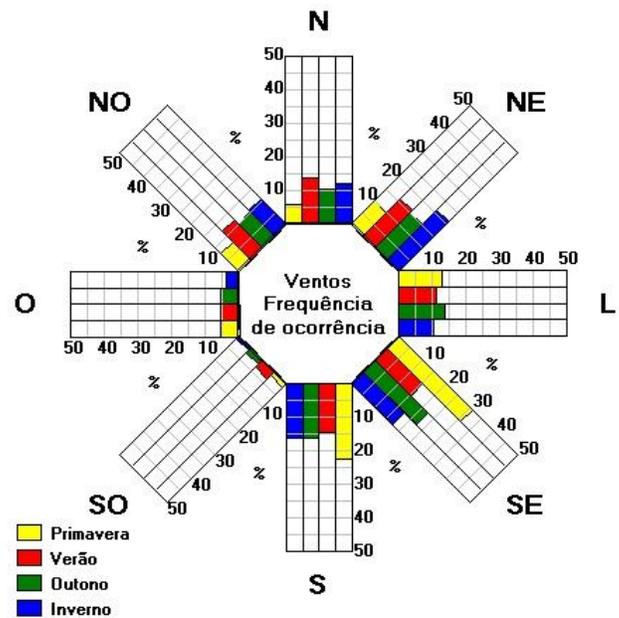


Fig 196 – Gráfico de ventilação da cidade de São Paulo.  
Fonte: extraído do programa Analsys SOL-AR, 2016.

- **Avaliação**

O edifício JK 1600 apresenta um bom rendimento final de 76,25% quanto às problemáticas e aos aspectos, no entanto, grande parte das soluções sustentáveis foi desenvolvida no projeto, devido às exigências da certificação ambiental LEED.

As certificações são positivas, uma vez que estimulam a busca por estratégias sustentáveis na arquitetura. Porém, nota-se também que elas se preocupam mais com os aspectos ambiental e econômico da edificação, do que com os aspectos social e político.

A edificação acomoda-se bem ao conjunto de edifícios verticais da avenida e apresenta uma base de pé-direito elevado, o que estabelece uma maior integração entre o edifício e o espaço urbano imediato. Porém, o JK 1600 não oferece áreas livres de uso público como fator de “compensação urbana”. A edificação, assim, obteve um rendimento mais baixo quanto aos aspectos “social” e “político”.

Apesar de 21% dos materiais serem reciclados e 44% serem materiais locais, as três cortinas em vidro *low-e*, juntamente à estrutura principal e a execução de cinco pavimentos de garagem subterrâneos, elevam bastante o custo final da obra.

Quanto à *Tecnologia e Conforto*, o edifício apresenta bom desempenho energético, através do vidro *low-e*, que favorece iluminação natural e conforto térmico. Entretanto, o único contato com a ventilação natural é dado através das varandas, sem equilíbrio entre o uso de ventilação mecânica e ventilação natural.

ASPECTOS PROBLEM.	AMBIENTAL	SOCIAL	POLÍTICO	ECONÔMICO	RESULTADO
CONTEXTO E LUGAR	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆	90%
MORFOLOGIA E FUNCIONALIDADE	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆	90%
TECTÔNICA E MATERIALIDADE	◆◆◆◆	◆◆◆	◆◆◆	◆◆◆	70%
TECNOLOGIA E CONFORTO	◆◆◆◆	◆◆	◆◆	◆◆◆	55%
RESULTADO	95%	65%	65%	80%	76,25%

# **5 > Considerações Finais**

## 5 Considerações Finais

Enquanto a natureza for vista como obstáculo, não como sistema do qual o ser humano faz parte, a sustentabilidade torna-se um objetivo quase impossível de ser alcançado. Assim, o uso do termo “sustentável” é bastante delicado e uma das formas de contribuir com este conceito encontra-se na verificação de sua aplicabilidade no mundo real. A pesquisa, neste contexto, não buscou por uma arquitetura sustentável integral, porém, buscou por princípios e condicionantes desta esfera, no campo da arquitetura e planejamento urbano.

Inicialmente, a pesquisa procurou estruturar os conceitos de sustentabilidade abordados por diversos autores, assim como esclarecer o que as principais conferências sobre meio ambiente apostavam ser o desenvolvimento sustentável. A síntese da sustentabilidade em três tipos de caráter (progressivo, holístico e histórico) e quatro aspectos gerais (ambiental, social, econômico e político) foi fundamental não apenas para a compreensão do termo, mas também para o desenvolvimento da metodologia de avaliação dos estudos de caso. A definição dos termos que envolvem a articulação entre sustentabilidade, arquitetura e urbanismo também foi estratégica para que não houvesse confusões quanto ao uso das nomenclaturas ao longo da pesquisa. Em seguida, para finalizar a investigação teórica, abordou-se a sustentabilidade na Europa e, respectivamente, na Alemanha, assim como a relevância da tecnologia na arquitetura, temática que define os dois eixos essenciais da dissertação.

Abordar o contexto das respectivas cidades alemãs resultou, já no início do capítulo 2, a compreensão de que sustentabilidade na arquitetura, mesmo que pontual, não deve ser limitada apenas à análise do edifício. Assim, as cidades de Frankfurt, Hanôver, Hamburgo, Freiburg e Stuttgart foram estudadas dentro da abordagem bioclimática, geográfica e ecológica, visto que arquitetura é inseparável do espaço físico. A análise urbana das cidades refletiu, posteriormente, no primeiro subitem de cada estudo de caso, intitulado “contexto e lugar”, que abordou o propósito de cada construção e o caráter do entorno imediato das edificações.

Mostrou-se, no capítulo 1 da pesquisa, que a arquitetura com soluções sustentáveis não depende de grandes investimentos em alta tecnologia, já que simples

estratégias de projeto arquitetônico podem garantir baixo impacto ambiental, além de diversas residências de baixo custo já terem recebido, também, certificações ambientais para arquitetura. A aplicação de princípios bioclimáticos, ecológicos e sustentáveis na arquitetura contemporânea, entre as décadas de 1990 e 2010, intensificou-se tanto no eixo dos defensores da arquitetura de baixo custo (*low-tech*), quanto no eixo dos inovadores da alta tecnologia. O equilíbrio entre tecnologia de alto e baixo custo é fundamental para a obtenção de uma arquitetura equilibrada no tripé da sustentabilidade.

Os edifícios de alto custo em tecnologia e os edifícios de baixo custo em tecnologia foram postos sob mesmos critérios de análise (contexto e lugar; morfologia e funcionalidade; tectônica e materialidade; conforto e tecnologia) para que não houvesse divergências entre as edificações de alto e baixo custo. Após as análises de todas as edificações foi possível concluir que edificações de baixo custo em tecnologia apresentam um grau de sustentabilidade tão elevado quanto às edificações de alta tecnologia.

Através das tabelas de avaliação, observou-se que os edifícios com soluções sustentáveis de alto custo apresentam maior destaque na problemática *Morfologia e Funcionalidade* (93,3%). Tal rendimento significa que o alto padrão tecnológico é combinado com excelentes soluções de planejamento arquitetônico, sem desvalorização dos princípios de desenho da fase inicial do projeto.

No início da pesquisa questionou-se qual seria o “grau de sustentabilidade” dos edifícios apresentados sem as tecnologias sustentáveis. Assim, O rendimento intermediário em *Tecnologia e Conforto* (83,3%) responde à questão, ao comprovar que a “credibilidade sustentável”, relativa ao conforto e ao baixo impacto ambiental dos edifícios, não é apenas devido ao uso de tecnologias sustentáveis (já que os edifícios obtiveram maior destaque quanto à morfologia e à funcionalidade). No entanto, as tecnologias não podem ser ignoradas.

*Tectônica e Materialidade* foi a problemática de menor destaque nos edifícios de alto custo em tecnologia (70%), visto que as edificações foram estruturadas a partir de materiais, não apenas locais, mas também diversos materiais industrializados de alto custo, que demandam maior consumo energético tanto na produção, quanto no uso.

Já em relação aos aspectos gerais da sustentabilidade, o aspecto econômico obteve maior rendimento (90%) entre os edifícios de alto custo, enquanto o menor rendimento (75%) foi obtido no aspecto social.

Os edifícios com soluções sustentáveis de baixo custo, diferentemente, apresentam rendimento máximo quanto ao *Contexto e Lugar* (100%), uma vez que as edificações respondem de maneira essencial às necessidades do programa arquitetônico, além de respeitarem o existente no local. Em contrapartida, apresentam o menor rendimento na problemática *Tecnologia e Conforto* (85%), onde é comprovado, novamente, que as tecnologias sustentáveis não são fatores primordiais na inserção da sustentabilidade na arquitetura.

Em relação aos aspectos da sustentabilidade, o aspecto econômico continua como fator essencial na arquitetura (93,3%), além de alto desempenho, também, no aspecto social (93,3%) (**Quadros 10 e 11**).

Independentemente da tipologia do edifício (alto ou baixo custo), o aspecto econômico é o fator primordial para obtenção de uma arquitetura mais sustentável, na Alemanha. Todas as edificações encontram-se inseridas dentro da política alemã de eficiência energética e buscam não ultrapassar os limites de consumo energético impostos pelo selo Habitação Passiva. Os arquitetos preocuparam-se, também, com a utilização de materiais locais e reciclados, devido não somente à questão do custo (principalmente, nas edificações de baixo custo tecnológico), mas também com objetivo de gerar um menor impacto ao meio ambiente.

Apesar da maioria dos materiais utilizados nos edifícios de alta tecnologia, apresentados na pesquisa, ser de custo elevado, os arquitetos preocuparam-se em equilibrar o uso do material com o objetivo de trazer conforto para os ambientes internos. O Commerzbank, por exemplo, apresenta janelas, que podem ser fixas ou operáveis, a depender do conforto térmico oferecido pelos fatores climáticos naturais externos. O edifício Nord/LB é formado por vidros duplos especiais apenas nas fachadas voltadas para as avenidas, enquanto as fachadas voltadas para o pátio interno são formadas por vidros simples, já que são sombreadas e não estão voltadas para uma área de poluição sonora. O edifício Unilever também investiu em materiais de

alto custo, como a película em ETFE, porém foi aplicada apenas nos pavimentos superiores, visto que recebem maior impacto da ventilação intensificada pelo rio.

O alto rendimento no aspecto social dos edifícios de baixo custo, em oposição ao “baixo” rendimento no aspecto social dos edifícios de alto custo, é reflexo da teoria abordada sobre sustentabilidade em edificações de baixo custo (*low-tech*), no tópico 2.3 da pesquisa. Os edifícios de alto padrão tecnológico têm uma acessibilidade muito menor à sociedade, do que as edificações de baixo padrão. As habitações apresentadas na pesquisa (Condomínio Solar, Residência Schlude e o Imóvel Habitação e Trabalho) são mais acessíveis à população (tanto aos moradores, quanto aos visitantes) e permitem maior democratização da tecnologia. A grande vantagem dos edifícios de alta tecnologia (Commerzbank, Nord/LB e Unilever) encontra-se na “compensação urbana”, ou seja, os edifícios oferecem espaços abertos de uso público, devido ao maior impacto causado no meio ambiente.

Avaliações de sustentabilidade realizadas por meio de uma pontuação não são suficientes para medir o “grau de sustentabilidade” de uma edificação, visto que são avaliações imediatas. Portanto, na introdução da pesquisa ainda foram levantadas as seguintes questões: os estudos de caso que serão analisados receberiam os mesmos prêmios e certificados daqui a dez anos? Continuariam a ser exemplos em parâmetros sustentáveis? Em termos de desempenho ambiental, com e sem as novas “tecnologias sustentáveis” utilizadas para iluminação, ventilação, aquecimento e conforto interno, qual seria a diferença do “grau de sustentabilidade” em ambos os casos? Os edifícios foram concebidos realmente com princípios “sustentáveis” desde a sua fase inicial de projeto? Favorecem ao meio, em termos sociais, econômicos e culturais?

Ao responder aos questionamentos da introdução da pesquisa, é possível afirmar que os edifícios, aqui analisados, foram realmente concebidos com princípios sustentáveis desde a fase inicial do projeto. Os arquitetos consideraram as problemáticas do lugar, da forma e da função, além das preocupações em relação aos sistemas construtivos e canteiros de obras. Dentro deste contexto, as edificações continuariam com grau de sustentabilidade relevante, mesmo sem o uso das tecnologias sustentáveis. No entanto, os edifícios devem somente receber as mesmas certificações, em 10 anos, caso sejam novamente reavaliados, uma vez que a

arquitetura nunca será sustentável isoladamente. É fundamental que a rotina dos usuários das edificações (e vida da população) prossiga, também, equilibrada nos aspectos *econômico, ambiental e sociocultural*: o tripé da sustentabilidade.

Quanto ao Brasil, a pesquisa procurou abordar duas edificações que evidenciasse o desenvolvimento da arquitetura sustentável no país, tanto no contexto do baixo custo (*low-tech*), quanto no contexto do alto custo (*high-tech*).

A Escola Novo Mangue, no Recife, mostra que uma boa arquitetura, neste caso, pode ser executada, no Brasil, dentro de baixos limites orçamentários, com materiais locais e construção de baixo custo, sem perder o foco do conforto ambiental, através de soluções que favoreçam a ventilação e a iluminação passiva. O edifício JK 1600, apesar da credibilidade sustentável obtida através da certificação LEED, é desqualificado em relação às soluções de ventilação natural.

Nos quadros dos resultados (**Quadros 12 e 13**), a Escola Novo Mangue obtém um rendimento final maior de 93,75%, tanto nas problemáticas, quanto nos aspectos. A pontuação deve-se não apenas pela economia da construção, mas também devido à influência social da escola no local, ao caráter político da construção, com participação dos trabalhadores da comunidade, e também, pela integração do edifício com o meio ambiente.

O edifício JK 1600 destaca-se, também, quanto ao aspecto ambiental (95%), devido à preocupação com ciclo de vida dos materiais utilizados e participação no descarte de resíduos às cooperativas de reciclagem. Por outro lado, em *Tecnologia e Conforto*, o edifício tem o menor rendimento (55%), visto que é composto por tecnologias que ignoram os fatores climáticos externos. As esquadrias foram planejadas para permanecerem sempre fixas e as salas, portanto, sem ventilação cruzada.

Diferentemente dos edifícios de alta tecnologia, da Alemanha, apresentados na pesquisa, o JK 1600 não oferece uma “compensação urbana”, através da criação de espaços de livre acesso aos transeuntes, nem áreas comuns, para os trabalhadores, nos pavimentos de escritórios. O único contato com o exterior é dado pelas varandas ou pelo terraço no coroamento do edifício.

As vagas de estacionamento do edifício brasileiro também podem ser comparadas aos dos edifícios alemães. Em todas as situações apresentadas (Brasil e

Alemanha) é possível se chegar aos edifícios através do transporte público ou de bicicletas, no entanto a questão da acessibilidade e das ciclovias, no Brasil, apresenta-se ainda insatisfatória, em relação à Alemanha. O JK 1600, com 15 pavimentos-tipo e duas salas por pavimento, dispõe de cinco pavimentos de subsolos para estacionamento. Enquanto o Commerzbank, em Frankfurt, com 52 pavimentos-tipo e mais de 10 salas por pavimento, oferece apenas 300 vagas de estacionamento e mais 200 vagas para bicicletas, com o argumento de que os usuários podem chegar facilmente ao edifício através do ônibus, metrô ou bicicleta.

O exemplo do Commerzbank, em relação às vagas de estacionamento, mostra que a sustentabilidade não deve ficar presa ao edifício, é preciso avançar para uma sustentabilidade urbana. No Brasil, o espaço urbano é ainda resultado, em maior quantidade, da priorização da segurança dos edifícios, do que da qualidade ambiental urbana para os habitantes. Assim, a sustentabilidade limita-se, usualmente, apenas à arquitetura, sem alcançar, por completo, a vida das pessoas que habitam aquele edifício.

A partir dos resultados apresentados, é possível perceber que a sustentabilidade está presente na arquitetura contemporânea, tanto dos edifícios de alto custo em tecnologia, quanto dos edifícios de baixo custo em tecnologia. Os edifícios, portanto, equilibram-se nos aspectos ambiental, político, econômico e sociocultural.

Como síntese, para desenvolvimento de trabalhos futuros, pode-se afirmar que o termo “sustentável” é mais confiável quando aplicado para uma arquitetura de baixo custo e edifícios residenciais, visto que estes edifícios não necessitam de certificações ambientais para visibilidade comercial. A obtenção da certificação torna-se uma questão, de fato, ambiental, social e cultural. No entanto, em ambas as tipologias (alto e baixo custo) o termo “sustentável” é constantemente utilizado com um aspecto publicitário, visto que arquitetura, atualmente, é também uma mercadoria. Por outro lado, a arquitetura de alto custo é fundamental para o desenvolvimento de novas tecnologias em favor ao meio ambiente, além dos edifícios, geralmente, reestruturarem o entorno do local e oferecerem novos espaços comunitários à cidade.

Assim, a pesquisa poderá ter continuidade, com a abordagem de um maior número de edificações e com o aprofundamento das questões abordadas,

principalmente sobre o eixo do panorama brasileiro. A pesquisa sobre a Alemanha serve de base e motivação para a realização de um futuro trabalho sobre a sustentabilidade na arquitetura contemporânea do Brasil, com a abordagem das regiões brasileiras e suas respectivas características regionais. Espera-se, portanto, difundir os conceitos sustentáveis alemães e obter resultados concretos em países em que ainda há uma inércia para a pauta da sustentabilidade, como é o caso do Brasil.

Para os estudantes e profissionais da área, fica o incentivo para o planejamento de edifícios e cidades mais sustentáveis, desde a fase inicial do projeto. Assim como, uma maior conscientização quanto ao impacto da construção sobre o meio ambiente, com o máximo aproveitamento de elementos naturais, principalmente, da ventilação e da insolação, para gerar conforto aos usuários.

Espera-se, também, obter resultados no âmbito do ensino e, assim, tornar o tema da sustentabilidade e da tecnologia fundamentais no discurso da arquitetura contemporânea, no meio acadêmico. Além de esperar uma maior presença e incentivo do poder público nas pautas sobre sustentabilidade, visto um número cada vez maior de publicações a respeito do tema.

Quadro 10 – Grau de sustentabilidade das tipologias abordadas quanto às problemáticas – Alemanha.

PROBLEMÁT. / TIPOLOGIAS	CONTEXTO E LUGAR	MORFOLOGIA E FUNCIONALID.	TECTÔNICA E MATERIALID.	TECNOLOGIA E CONFORTO	TOTAL
EDFÍCIOS DE ALTA TECNOLOGIA	86,6%	93,3%	70%	83,3%	83,3%
EDFÍCIOS DE BAIXA TECNOLOGIA	100%	88,3%	86,6%	85%	88,7%
TOTAL	93,3%	90,8%	78,3%	84,15%	

Quadro 11 – Grau de sustentabilidade das tipologias abordadas quanto aos aspectos – Alemanha.

ASPECTOS / TIPOLOGIAS	AMBIENTAL	SOCIAL	POLÍTICO	ECONÔMICO	TOTAL
EDFÍCIOS DE ALTA TECNOLOGIA	88,3%	75%	81,6%	90%	83,7%
EDFÍCIOS DE BAIXA TECNOLOGIA	83,3%	93,3%	88,3%	93,3%	89,5%
TOTAL	85,8%	84,15%	84,95%	91,65%	

Quadro 12 – Grau de sustentabilidade dos edifícios abordados quanto às problemáticas – Brasil.

PROBLEMÁT. / EDIFÍCIOS	CONTEXTO E LUGAR	MORFOLOGIA E FUNCIONALID.	TECTÔNICA E MATERIALID.	TECNOLOGIA E CONFORTO	TOTAL
ESCOLA NOVO MANGUE	100%	90%	100%	85%	93,75%
EDIFÍCIO JK 1600	90%	90%	70%	55%	76,25%
TOTAL	95%	90%	85%	70%	

Quadro 13 – Grau de sustentabilidade dos edifícios abordados quanto aos aspectos – Brasil.

ASPECTOS / TIPOLOGIAS	AMBIENTAL	SOCIAL	POLÍTICO	ECONÔMICO	TOTAL
ESCOLA NOVO MANGUE	90%	95%	90%	100%	93,75%
EDIFÍCIO JK 1600	95%	65%	65%	80%	76,25%
TOTAL	92,5%	80%	77,5%	90%	

## Referências Bibliográficas

- BASTOS, M. **Pós-Brasília: rumos da arquitetura brasileira**. São Paulo: Perspectiva, 2003.
- BAWEJA, V. **A pre-history of green architecture: Otto Koenigsberger and tropical architecture, from Princely Mysore to post-colonial London**. Tese (Doutorado) – Doctor of Philosophy (Architecture), University of Michigan, Detroit, 2008.
- BELLEN, H. M. **Indicadores de sustentabilidade**. Rio de Janeiro: FGV, 2006.
- BEHNISCH, BEHNISCH & PARTNER. **NORD/LB Hannover**. Stuttgart: Hatje Cantz, 2002.
- BOSSEL, H. **Indicators for sustainable development: theory, methods, applications**. Winnipeg: IISD, 1999.
- BRUAND, Y. **Arquitetura contemporânea no Brasil**. São Paulo: Perspectiva, 1981.
- BUENO, C. **Avaliação de desempenho ambiental de edificações habitacionais: análise comparativa dos sistemas de certificação no contexto brasileiro**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.
- COUTINHO, E. **O espaço da arquitetura**. São Paulo: Perspectiva, 1970.
- DALLMANN, B. **Green city Freiburg: approaches to sustainability**. Freiburg: Wirtschaft Touristik und Messe GmbH & Co.KG, 2014
- DAVIES, C. **Norman Foster works Vol. 4**. Munique: Prestel, 2002.
- DAVIES, C. LAMBOT, I. **Commerzbank Frankfurt: prototype for an ecological high-rise**. Boston: Watermark Birkhäuser, 1997.
- DREXLER, H. EL KHOULI, S. **Holistic housing: concepts, design strategies and processes**. Munique: Detail, 2012.
- DURAN, S.; HERRERO, J. **Atlas de arquitetura ecológica**. Rio de Janeiro: Paisagem, 2010
- EDWARDS, B. **O guia básico para a sustentabilidade**. Barcelona: Gustavo Gii, 2008
- EUROPEAN COMMISSION. **Hamburg: european Green Capital 2011**. Luxemburg: Publications office of the European Union, 2012.
- FARR, D. **Urbanismo sustentável**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

FEUERSTEIN, G. **Nuevos caminos de la arquitectura Alemana**. Barcelona: Ed. Blume, 1969.

FRAMPTOM, K. **História crítica da arquitetura moderna**. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

FRAMPTOM, K. **Rappel à l'ordre, argumentos em favor da tectônica**. In: NESBITT, K. Uma nova agenda para arquitetura. São Paulo: Cosac Naify, 2006.

FRANCO, M. **Planejamento ambiental para a cidade sustentável**. São Paulo: Annablume, 2011.

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

FRIEDERICH, J. LANGER, H. **German green city index**. Munique: Siemens AG, 2012.

GAIDDON, B. KAAAN, H. MUNRO, D. **Photovoltaics in the urban environment: lessons learnt from large scale projects**. Londres: Routledge, 2009.

GAUZIN-MÜLLER, D. **Arquitetura ecológica**. São Paulo: Senac, 2010.

GAUZIN-MÜLLER, D. **Behnisch und partner. 50 jahre architektur**. Berlin: Ernst & Sohn, 2007.

GONÇALVES, C. **Os (des)caminhos do meio ambiente**. São Paulo: contexto, 1996.

HAGEMANN, I. **Solarsiedlung am Schilierberg, Freiburg (Breisgau), Germany**. Fraunhofer – Institut für Solare Energiesysteme, 2007.

HARADA, K. **Direito urbanístico. Estatuto da cidade. Plano diretor estratégico**. São Paulo: Ndj, 2004.

HIGUERAS, E. **Urbanismo bioclimático**. Barcelona: Gustavo Gili, 2006.

JAEGER, F. **Behnisch Architekten**. Berlin: Jovis, 2009.

JOHN, V. PRADO, R. **Selo Caixa Azul: boas práticas para habitação mais sustentável**. São Paulo: Páginas & Letras, 2010.

KUNKEL, P. **Environmental policy in Freiburg**. Freiburg: Stadt Freiburg im Breisgau, 2011.

LAMBERTZ, R. ET. AL. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW, 1997.

LEITE, C. AWAD, J. **Cidades sustentáveis – cidades inteligentes**. Porto Alegre: Bookman, 2012.

MACGREGOR, K. PORTEOUS, C. **Solar architecture in cool climates**. Londres: Earthscan, 2005.

MASCARÓ, J. MASCARÓ, L. **Vegetação urbana**. Porte Alegre: Masquatro, 2010.

MITSCHERLICH, A. **A cidade do futuro**. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1972.

MOREIRA, F. **Herzog & DeMeuron e os abrigos decorados de Venturi & Scott Brown**. Porto Alegre: UFRGS ArqTextos, 2008.

PINTO, C. F. **Em busca de uma arquitetura sustentável: o uso de fontes alternativas de energia**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2009.

PORTEOUS, C. **The new eco-architecture: alternatives from the modern movement**. London: Spon Press, 2002.

ROAF, CRICHTON e NICOL. **A adaptação de edificações e cidades às mudanças climáticas**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

ROAF, S. FUENTES, M. THOMAS, S. **Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável**. Porto Alegre: Bookman, 2007.

ROGERS, R. **Cidades para um pequeno planeta**. São Paulo: GGbrasil, 2011.

RUANO, M. **Ecourbanismo: entornos humanos sostenibles**. Barcelona: Gustavo Gili, 1999.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Garamond: Rio de Janeiro, 2002.

SCHILLER, S.; SILVA, V.G.; COIJBERG, N.; TREVIÑO, C, U. **Edificacion sustentable: consideraciones para la calificacion del habitat construído en el contexto regional latinoamericano**. Avances em Energias Renovables y Medio Ambiente, v.&, n.1, p. 13-18, Impreso em la Argentina, 2003.

SERRADOR, M. E. **Sustentabilidade em arquitetura: referências para projeto**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

SILVA, S. **Indicadores de sustentabilidade urbana: perspectivas e as limitações de operacionalização de um referencial sustentável**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2000.

TEIXEIRA, M. M. **Análise da sustentabilidade no mercado imobiliário residencial brasileiro.** Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

VEIGA, J. E. **Sustentabilidade:** a legitimação de um novo valor. São Paulo: Senac, 2010.

VOSGUERITCHIAN, A. B. **A abordagem dos sistemas de avaliação de sustentabilidade da arquitetura nos quesitos ambientais de energia, materiais e água, e suas associações às inovações tecnológicas.** Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006  
WCED (WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT). **Our common future.** Oxford and New York: Oxford University Press, 1987.

ZANETTINI, S. **Razão e sensibilidade.** Resumo da tese de livre-docência apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

#### **Fontes Eletrônicas:**

ASCENSO, R. CARDOSO, F. **Passivhaus:** as novas casas passivas. Disponível em: <http://www.edificioseenergia.pt/media/44696/tcapa.pdf> acesso em 14.10.2015.

BÜLLESBACK, E. **Dez anos de sustentabilidade na Alemanha: estratégia** nacional para desenvolvimento sustentável. Disponível em: <http://www.brasil.diplo.de/> acesso em 18.02.2015.

Cody, B. **The role of technology in sustainable architecture.** In: Wolkenkuckucksheim, Internationale Zeitschrift zur Theorie der Architektur. Vol. 19, Issue 33, 2014, p. 239–249. Disponível em: [http://cloud-cuckoo.net/fileadmin/issues\\_en/issue\\_33/article\\_cody.pdf](http://cloud-cuckoo.net/fileadmin/issues_en/issue_33/article_cody.pdf), acesso em 15.03.2016.

DEMANTOVA, G. **Sustentabilidade e o futuro das cidades:** a arquitetura como indutora de transformações sociais e ambientais. Disponível em: <http://tinyurl.com/ocs5737>, acesso em 04.07.2014.

DWD (DEUTCHER WETTERDIENST). **Lufttemperatur sommer 2015/16.** Disponível em: <http://tinyurl.com/hq5c3x8>, acesso em 27.11.2016.

DWD (DEUTCHER WETTERDIENST). **Lufttemperatur winter 2015/16**. Disponível em: <http://tinyurl.com/hq5c3x8>, acesso em 27.11.2016.

EVERLING, M. SCHMID, R. **Unilever, Hamburg**. Disponível em: [http://www.interpane.com/unilever\\_hamburg\\_521.html?sprache=englisch](http://www.interpane.com/unilever_hamburg_521.html?sprache=englisch), acesso em 20.06.2016.

FEIST, W. **Passive house requirements**. Disponível em: <http://tinyurl.com/jaey8j4>, acesso em 18.07.16

GAETE, C. M. **Hamburg's Plan to Eliminate Cars in 20 Years**. Disponível em: <http://www.archdaily.com/464394/hamburg-s-plan-to-eliminate-cars-in-20-years> acesso em 16.07.15.

GBC BRASIL. **Certificação LEED**. Disponível em: <http://gbcbrasil.org.br/sobre-certificado.php>, acesso em 06.10.2016.

GBC BRASIL. **Sustentabilidade: projetos certificados**. Disponível em: <http://gbcbrasil.org.br/sistema/docsMembros/1501140701130000001239.pdf>, acesso em 06.10.2016.

HICKEL, D. K. **A (in)sustentabilidade na arquitetura**. Disponível em: <http://tinyurl.com/o6ba32u> acesso em 18.02.2015

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>, acesso em 21.09.2016.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **São Paulo – informações completas**. Disponível em: <http://tinyurl.com/iffzaug>, acesso em 03.10.2016.

INMET (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA). **Normais climatológicas do Brasil 1961-1990 – Temperatura máxima (°C)**. Disponível em: <http://www.webcitation.org/6PKdYeRxQ>, acesso em 04.05.2016.

INMET (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA). **Normais climatológicas do Brasil 1961-1990 – Temperatura mínima (°C)**. Disponível em: <http://www.webcitation.org/6PKdd66Tq> acesso em 04.05.2016.

LUCAS, L. H. **Arquitetura contemporânea no Brasil: da crise dos anos setenta ao presente promissor**. Disponível em: <http://tinyurl.com/hhagl2>, acesso em 10.10.2014

MATZARAKIS, A. MAYER, H. **Human-biometeorologische bedingungen im sommer im hochschwarzwald**. In: DEUTSCHER WETTERDIENST. Annalen der Meteorologie. Disponível em: <http://tinyurl.com/z86n4jd>, acesso em 24.10.2016.

MCDONOUGH, W. **Toward a sustaining architecture for the 21st century from industry & environment**. Vol. 26, No. 2-3. Disponível em: <http://tinyurl.com/nf6hbo4>, acesso em 18.02.2015.

MCDONOUGH, W. **The Hannover principles: design for sustainability**. Disponível em: <http://tinyurl.com/pgmmmbe>, acesso em 18.02.2015.

METALICA. **Low-e: o escudo contra o frio**. Disponível em: <http://www.metalica.com.br/low-e-escudo-contra-o-frio>, acesso em 07.10.2016.

MOREIRA, F. Herzog & DeMeuron e os abrigos decorados de Venturi & Scott Brown. **ArqTexto (UFRGS)**, Porto Alegre, n. 13, 2008. Disponível em: [http://www.ufrgs.br/propar/publicacoes/ARQtextos/PDFs\\_revista\\_13/05\\_fernando%20moreira.pdf](http://www.ufrgs.br/propar/publicacoes/ARQtextos/PDFs_revista_13/05_fernando%20moreira.pdf), acesso em 19.02.15

NOVAES, W. **O que pode levar a uma cidade sustentável?** Disponível em <http://opinio.estado.com.br/noticias/geral,o-que-pode-levar-a-uma-cidade-sustentavel-imp-,906363>, acesso em 21.09.2016.

OUROUSSOFF, N. **Por que eles são mais verdes?** Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/revista/rf0107200713.htm>, acesso em 04.07.2014.

PROCEL INFO (CENTRO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA). **Selo Procel Edificações**. Disponível em: <http://tinyurl.com/zqmpz77> acesso em 21.11.2016.

SANTOS, M. F. **Certificação LEED e arquitetura sustentável: edifício Eldorado Business Tower**. Disponível em <http://tinyurl.com/h6zdwen> acesso em 10.05.2016.

SMITH, L. **Workplace temperature**. Disponível em: <http://tinyurl.com/hkxw2tn>, acesso em 24.10.2016.

WIKIMEDIA COMMONS. **Germany map of Köppen climate classification**. Disponível em: <http://tinyurl.com/ztkoj9g>, acesso em 28.11.2016.