

## **Conforto ambiental nas escolas públicas de ensino fundamental da cidade do Rio de Janeiro:**

Uma contribuição à qualidade arquitetônica  
a partir da seleção do terreno e da implantação



Rosângela Fulche de Souza Paes



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO  
PROARQ – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura

**Conforto ambiental nas escolas públicas de ensino fundamental da cidade do Rio de Janeiro: uma contribuição à qualidade arquitetônica a partir da seleção do terreno e da implantação**

Rosângela Fulche de Souza Paes

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Ciências em Arquitetura, Linha de pesquisa: Arquitetura, Projeto e Sustentabilidade.

Orientador: Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos

Coorientador: Giselle Arteiro Nielsen Azevedo

Rio de Janeiro  
Março, 2016

**Conforto ambiental nas escolas públicas de ensino fundamental da cidade do Rio de Janeiro: uma contribuição à qualidade arquitetônica a partir da seleção do terreno e da implantação**

Rosângela Fulche de Souza Paes

Orientador: Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos

Coorientador: Giselle Arteiro Nielsen Azevedo

Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Ciências em Arquitetura, Linha de pesquisa: Arquitetura, Projeto e Sustentabilidade.

Aprovada por:



Prof. Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos, D.Sc. (UFRJ) – Orientador



Prof.<sup>a</sup> Giselle Arteiro Nielsen Azevedo, D.Sc. (UFRJ) – Coorientador



Prof.<sup>a</sup> Leticia Maria de Araújo Zambrano, D.Sc. (UFJF)



Prof.<sup>a</sup> Alice de Barros Horizonte Brasileiro, D.Sc. (UFRJ)



Prof.<sup>a</sup> Maria Júlia de Oliveira Santos, D.Sc. (UFRJ)

Rio de Janeiro  
Março, 2016

Paes, Rosângela Fulche de Souza.

Conforto ambiental nas escolas públicas de ensino fundamental da cidade do Rio de Janeiro: uma contribuição à qualidade arquitetônica a partir da seleção do terreno e da implantação / Rosângela Fulche de Souza Paes. - Rio de Janeiro: UFRJ/ FAU, 2016.

xxi, 249f.: il.; 31 cm.

Orientador: Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos

Coorientador: Giselle Arteiro Nielsen Azevedo

Tese (doutorado) – UFRJ/ PROARQ/ Programa de Pós-graduação em Arquitetura, 2016.

Referências Bibliográficas: f. 214-229.

1. Conforto Ambiental. 2. Arquitetura Escolar. 3. Seleção de Terreno. I. Bastos, Leopoldo Eurico Gonçalves; Azevedo, Giselle Arteiro Nielsen. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-graduação em Arquitetura. III. Título.



*Aos arquitetos que,  
apesar dos entraves do sistema,  
seguem empenhados em projetar  
boas escolas para a nossa cidade.*

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus orientadores Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos e Giselle Arteiro Nielsen Azevedo pelos valiosos ensinamentos, orientações seguras, imensa generosidade e por todo o apoio nos momentos de dificuldade.

À Professora Maria Julia Santos pelas inesquecíveis aulas de Acústica e por sua grande contribuição para este trabalho, nas bancas de qualificação e final.

Às Professoras Alice Brasileiro e Letícia Zambrano por também tão importantes contribuições em ambas as bancas.

Às Professoras Cláudia Barroso-Krause e Virgínia Vasconcellos por se disponibilizarem como suplentes da banca examinadora.

Ao Mário, meu marido, e aos meus filhos André e Paula por todo apoio e compreensão recebidos. Um especial agradecimento à minha filha, que se revelou uma grande companheira nos difíceis dias de finalização deste trabalho.

Ao meu pai Vicente e à minha irmã Valéria por todo o auxílio e pelo estímulo constante.

Aos profissionais da Secretaria Municipal de Educação e da Riourbe, pela gentileza com que acolheram minha pesquisa e também pelas importantes informações fornecidas.

Às diretoras das Escolas Municipais Sérgio Vieira de Mello, Noel Rosa e Albino Souza Cruz pela atenção e disponibilidade com que me receberam nestas instituições.

Ao Felipe Rohen pela ajuda com os desenhos e estudos no *Sketch Up*.

Aos professores do PROARQ pelo tanto que contribuíram para a minha evolução.

À Maria da Guia, Rita e Vanda pelo apoio competente e carinhoso durante todo o curso.

À CAPES pelo auxílio concedido através de bolsa de estudos durante parte do curso.

## RESUMO

### **Conforto ambiental nas escolas públicas de ensino fundamental da cidade do Rio de Janeiro: uma contribuição à qualidade arquitetônica a partir da seleção do terreno e da implantação**

Rosângela Fulche de Souza Paes

Orientador: Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos

Coorientador: Giselle Arteiro Nielsen Azevedo

Resumo da Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Ciências em Arquitetura.

A qualidade ambiental no ambiente construído abrange uma variedade de aspectos e está inserida na ampla problemática da sustentabilidade em todas as suas dimensões. A presente pesquisa concentra-se nos requisitos de qualidade ambiental para a edificação escolar que se relacionam com o conforto ambiental: higrotérmico, visual e acústico, e a eficiência energética.

A prática da padronização do projeto, onde o mesmo é implantado em diversos terrenos, e a difícil obtenção de lotes adequados em áreas urbanas estabelecidas, geram frequentes problemas de implantação para as escolas públicas da cidade.

A hipótese levantada neste estudo é que os terrenos utilizados para a construção das escolas públicas de Ensino Fundamental da cidade do Rio de Janeiro frequentemente se revelam inadequados, sob o aspecto do conforto ambiental, aos projetos padronizados neles implantados.

O trabalho tem por objetivo discutir sobre as questões relacionadas com o conforto ambiental nas escolas, enfocando os aspectos de planejamento e de concepção de projeto relativos à seleção do terreno e à implantação da edificação. Visa-se pontuar recomendações de auxílio ao processo projetual de novas escolas.

A partir de um suporte teórico construído, são apresentadas as principais estratégias de projeto para edificações escolares com climatização natural (e eventualmente artificial) localizadas no clima tropical úmido, e delas se extrai os quesitos arquitetônicos referenciais que devem ser observados na fase de concepção. Em virtude do recorte deste trabalho, os quesitos tomados para referência são aqueles relacionados à elaboração do plano de massas e ao tratamento do ambiente externo.

Em seguida, são tratadas as estratégias conceptuais para a arquitetura escolar com ênfase na adequação da edificação ao sítio/terreno, para fins de conforto ambiental dos usuários e de qualidade para o espaço educacional. Finalmente, são analisadas três escolas à luz dos quesitos arquitetônicos referenciais, e apresentados os resultados e as conclusões gerais do trabalho.

Palavras-chave: 1. Conforto Ambiental 2. Arquitetura Escolar 3. Seleção de Terreno

Rio de Janeiro  
Março, 2016

## **ABSTRACT**

### **Environmental comfort for public schools in the city of Rio de Janeiro: a contribution to the architectonic quality based upon site selection and building insert**

Rosângela Fulche de Souza Paes

Supervisor: Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos

Co-supervisor: Giselle Arteiro Nielsen Azevedo

Abstract of the Doctoral Thesis submitted to the Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, as part of requirements to fulfill the title of Doctor Sciences in Architecture.

The environmental building quality comprises several aspects and is related to all sustainable dimensions. The aim of this research is to perform an analysis about environmental quality related with project requirements by public schools under tropical conditions, with emphasis on thermal, visual, and acoustics comfort, beside energy conservation.

The municipality of Rio de Janeiro has a practice of establish standardized public school building projects to be implanted elsewhere plots. Then, there are several problems due the terrain characteristics that not accomplish environmental quality for the new schools. By other hand is observed an increasing difficulty to access new terrain plots due to the urban density. Then, in general the existing school buildings were built in not adequate plots

These subjects are discussed here taking in account the ambiental comfort in schools through planning and project conception taking in account the plot selection for an adequate building implant. The task is to propose recommendations in order to aid the design process for new schools.

Also, with help of the developed theoretical approach, are presented the main required project strategies for these building schools under tropical – humid climatic conditions to help the building conception phase. The “in situ” mass plan and the impacts from the boundaries are considered.

Following, the discussion is centered in the required connection between the building to be erected, and the found plot characteristics. Three case analysis are presented to illustrate the series of problems encountered.

Words-key : 1. Environmental comfort 2. School Building 3. Plot selection.

Rio de Janeiro  
March, 2016



## SUMÁRIO

<b>LISTA DE SIGLAS</b> .....	xi
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xiv
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	xx
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	xxi
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>CAPÍTULO 1 – Conforto e Qualidade Ambiental em Escolas</b> .....	8
1.1 Qualidade ambiental na edificação .....	8
1.2 A edificação escolar com qualidade ambiental .....	10
1.3 Conforto ambiental .....	17
1.3.1. Conforto térmico em escolas .....	18
1.3.2. Conforto visual em escolas .....	19
1.3.3. Conforto acústico em escolas .....	20
1.4 Conexão com o ambiente externo .....	21
<b>CAPÍTULO 2 – As Escolas Públicas de Ensino Fundamental da Cidade do Rio de Janeiro: Histórico e Problemática</b> .....	27
2.1 Conhecendo um pouco nossas escolas .....	27
2.1.1 As primeiras escolas do Rio de Janeiro (1549/1930) .....	27
2.1.2 Primeira fase do Modernismo (1930/1945) .....	30
2.1.3 Segunda fase do Modernismo (1945/1960) .....	35
2.1.4 A propagação do projeto padronizado (1960/1983) .....	37
2.1.5 Algumas escolas construídas pelo governo do estado do RJ (1983/2001) .....	41
2.1.6 Escola Padrão (2001/2010) .....	45
2.2 Identificação de alguns problemas .....	46
2.2.1 A padronização .....	48
2.2.2 A edificação e o terreno .....	51
2.2.3 O ambiente externo .....	54
<b>CAPÍTULO 3 – O Projeto das Escolas e a Qualidade Ambiental</b> .....	57
3.1 Processo de projeto .....	57
3.1.1 Planejamento .....	60
3.1.1.1 Formação de um Comitê Consultivo .....	60

3.1.1.2	Elaboração do Programa de Necessidades .....	61
3.1.1.3	Elaboração do Caderno de Encargos Ambientais .....	63
3.1.1.4	Escolha do sítio de implantação .....	64
3.1.2	Concepção .....	64
3.1.3	Construção .....	66
3.1.4	Utilização .....	67
3.2	Alguns instrumentos de análise de desempenho e de auxílio ao projeto escolar ...	68
3.2.1	Metodologias de avaliação e de auxílio ao projeto escolar .....	68
3.2.1.1	Otimização Multicritérios .....	68
3.2.1.2	<i>Design Quality Indicator - DQI for Schools</i> .....	70
3.2.2	<i>LEED for Schools</i> .....	72
3.2.3	AQUA - Escritórios e Edifícios Escolares .....	74
3.2.4	Síntese dos aspectos relevantes para esta pesquisa .....	77
3.3	Processo de projeto das escolas públicas de Ensino Fundamental da cidade do Rio de Janeiro – Momento atual .....	80
3.3.1	Planejamento .....	80
3.3.2	Concepção .....	86
3.3.3	Construção .....	90
3.3.4	Utilização .....	91
<b>CAPÍTULO 4 – Para Atender aos Requisitos de Conforto Ambiental .....</b>		<b>92</b>
4.1	O clima da cidade do Rio de Janeiro .....	94
4.2	Diagnóstico físico-climático do sítio .....	99
4.2.1	O entorno natural .....	102
4.2.2	O entorno construído .....	103
4.3	Do diagnóstico climático às diretrizes de projeto .....	107
4.3.1	As cartas bioclimáticas .....	109
4.3.2	Diretrizes de projeto para as escolas públicas da cidade do Rio de Janeiro.....	113
4.3.2.1	Identificação dos quesitos arquitetônicos referenciais .....	117
<b>CAPÍTULO 5 – Contribuições para Implantação da Edificação Escolar em Clima Tropical Úmido .....</b>		<b>120</b>
5.1	A vistoria dos terrenos .....	121
5.2	O plano de massas .....	125
5.2.1	Acústica .....	131
5.2.2	Insolação e iluminação natural .....	135

5.2.3	Ventilação .....	141
5.3	O tratamento do ambiente externo .....	151
5.3.1	Morfologia .....	152
5.3.2	Materiais .....	154
5.3.3	Cercas e muros .....	158
5.3.4	Vegetação .....	159
<b>CAPÍTULO 6 – Pesquisa de Campo: Análise das Condições Ambientais de Algumas Escolas .....</b>		<b>164</b>
6.1	Procedimento metodológico .....	164
6.2	Escola Municipal Sérgio Vieira de Mello .....	166
6.3	Escola Municipal Noel Rosa .....	177
6.4	Escola Municipal Albino Souza Cruz .....	189
6.5	Reflexões sobre a experiência .....	199
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>		<b>205</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>		<b>214</b>
<b>APÊNDICES .....</b>		<b>230</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>241</b>

## LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

AIEA - Agência Internacional de Energia Atômica

*ANSI – American National Standards Institute*

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

APO – Avaliação Pós-Ocupação

AQUA - Alta Qualidade Ambiental

*ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*

*ASTM - American Society for Testing and Materials*

*CABE - Comission for Architecture and the Built Environment*

CEBRACE - Centro Brasileiro de Construções e Equipamentos Escolares

*CEN - European Committee for Standardization*

*CHPS - Colaborative for High Performance Schools*

CIEP - Centros Integrados de Educação Pública

CRE - Coordenadorias Regionais de Educação

*CSTB – Centre Scientific Technique Du Bâtiment,*

DPAE - Departamento de Prédios e Aparelhamento Escolar

EDI - Espaços de Desenvolvimento Infantil

EJA - Educação de Jovens e Adultos

EM – Escola Municipal

EMOP - Empresa de Obras Públicas do Estado do Rio de Janeiro

ENCE - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

*EPA – United States Environmental Protection Agency*

FAU - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo



FDE - Fundação para o Desenvolvimento da Educação do Estado de São Paulo

FLD - Fator Luz do Dia

FNDE - Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação

FOM - Fundação Otávio Mangabeira

FUNDESCOLA - Fundo de Fortalecimento da Escola

FVC - Fator de Visão do Céu

GAE - Grupo Ambiente-Educação

GEC - Ginásio Experimental Carioca

GEM – Gestão Energética Municipal

*HQE - Haute Qualité Environnementale*

IBAM – Instituto Brasileiro de Administração Municipal

*IESNA – Illuminating Engineering Society of North America*

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPP - Instituto Pereira Passos

*ISO- International Organization for Standardization*

LABEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações

*LEED- Leadership in Energy and Environmental Design*

MEC – Ministério da Educação

*MHC - McGraw-Hill Construction*

*NBPM-BHPS - National Best Practices Manual for Building High Performance Schools*

PREMEN - Programa de Expansão e Melhoria do Ensino

PROARQ – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

ProLUGAR - Grupo de Pesquisa Qualidade do Lugar e Paisagem

QAE - Qualidade Ambiental do Edifício

RioUrbe - Empresa Municipal de Urbanização do Rio de Janeiro

SEL-RJ - Grupo de Pesquisa Sistema de Espaços Livres no Rio de Janeiro

SESC – Serviço Social do Comércio

SGE - Sistema de Gestão do Empreendimento

SME – Secretaria Municipal de Educação

SPAEE - Serviço de Prédios e Aparentamentos Escolares

*SRI - Solar Reflectance Index*

*TRY Test Reference Year*

UOP - Unidade de Ordem Pública

WHO - *World Health Organization*

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 1

Figura 1:	Lycée Albert Camus (a) Esquema de ventilação (b) Exterior (Hazan, 2008)	15
Figura 2:	Porcentagem de “conteúdo verde” em Projetos Escolares conduzidos entre 2010 e 2013 (McGraw-Hill Constructions, 2013)	16
Figura 3:	Equipamentos fixos que encorajam a atividade física individual e colaborativa (Foster et al., 2006)	23
Figura 4:	Equipamentos móveis promovendo a interação social (Foster et al., 2006)	23
Figura 5:	Espaço combinado interior-exterior produz maior área educacional (Neutra, 1948)	25
Figura 6:	Corona School - Interior e exterior das salas de aula ( <a href="http://etsavega.net/dibex/Neutra_Emerson-e.htm">http://etsavega.net/dibex/Neutra_Emerson-e.htm</a> )	26

### Capítulo 2

Figura 7:	E.M. Gonçalves Dias (1872) - fachada original - Campo de São Cristóvão, 115 – São Cristóvão ( <a href="http://epf.rioeduca.net">http://epf.rioeduca.net</a> )	29
Figura 8:	E.M. Tiradentes (1905) - Rua Visconde do Rio Branco, 48 – Centro ( <a href="http://epf.rioeduca.net">http://epf.rioeduca.net</a> )	29
Figura 9:	E.M. Estados Unidos (1930) - Rua Itapiru, 453 – Catumbi (Ehrlich 2002)	30
Figura 10:	E.M. Portugal (1937) - fachada original - Av. Do Exército, nº 175 – São Cristóvão - Tipo Nuclear 12 classes (PCRJ apud Fernandes, 2006)	33
Figura 11:	E.M. República Argentina (1935) – fachada original - Boulevard Vinte e Oito de Setembro, 125 - Vila Isabel - Tipo “Platoon” 25 classes (PCRJ apud Fernandes, 2006)	33
Figura 12:	Escola Parque – Perspectiva feita por Enéas Silva (Silva, 1935 apud Fernandes, 2006)	33
Figura 13:	E.M. Barão de Itacurussá (1942) - Rua Andrade Neves, 481 – Tijuca ( <a href="http://epf.rioeduca.net">http://epf.rioeduca.net</a> )	35
Figura 14:	E.M. Edmundo Bittencourt (1952) - Rua Lopes Trovão, 287 – São Cristóvão ( <a href="http://nossarquitectura.blogspot.com.br">http://nossarquitectura.blogspot.com.br</a> )	36
Figura 15:	E.M. Joaquim Abílio Borges (1964) - Rua Humaitá, 19 – Humaitá - Tipo Bologna (Ehrlich, 2002)	39
Figura 16:	E.M. Pintor Lazar Segal (1963) – Pça Estado de Israel, s/nº – Realengo - Tipo Econômico 2P/5S/63 (Ehrlich, 2002)	39
Figura 17:	E.M. Lima Barreto (1969) - Rua Olavo Souza Aguiar, s/nº - Magalhães Bastos - Tipo “Caixote” (Ehrlich, 2002)	40
Figura 18:	E. M. Alípio Miranda Ribeiro (1962) - Rua Agenor Porto, S/Nº - Coelho Neto - Escola Tipo “FOM” ( <a href="http://epf.rioeduca.net">http://epf.rioeduca.net</a> )	40
Figura 19:	Concepção Original de Implantação do CIEP (típica) (Castro, 2009)	42
Figura 20:	CIEP – Centro Integrado de Educação Pública (a) Na forma completa (b) Na forma compacta ( <a href="http://www.rioeduca.net">http://www.rioeduca.net</a> )	42
Figura 21:	E.M. Tia Clata - edificação original (1989) - Centro (Azevedo, 1995)	45

Figura 22:	Escola Estadual Albert Sabin (1993) - Rua Tenente Ronaldo Santoro, Campo Grande (Masi, 1996)	45
Figura 23:	E.M. Tia Ciata (2004) - Av. Presidente Vargas s/nº, Centro (www.rio.rj.gov.br/sme)	46
Figura 24:	E.M. Dilermando Cruz – Bonsucesso (Google Earth)	52
Figura 25:	Escola Estadual Albert Sabin – Campo Grande (a) Orientação projetada (b) Orientação construída (Masi, 1996)	54
Figura 26:	CIEP Yuri Gagarin – Bonsucesso, inaugurado em 1987 (Google Earth)	55
Figura 27:	Pátio Descoberto sendo utilizado como Estacionamento (Google Earth)	56
<b>Capítulo 3</b>		
Figura 28:	Distribuição das unidades escolares na área geográfica (cedido pela SME)	82
Figura 29:	Divisão da cidade em 232 áreas geográficas (cedido pela SME)	82
Figura 30:	As 31 áreas prioritárias a serem atendidas até 2016 (cedido pela SME)	83
Figura 31:	Modelo de projeto do Programa Fábrica de Escolas do Amanhã Governador Brizola (a) Térreo (b) 1º Pav. (c) 2º Pav. (d) Sala de aula (e) Exterior (Siqueira, 2014)	88
<b>Capítulo 4</b>		
Figura 32:	Carta solar da cidade do Rio de Janeiro (UFSC, 2009)	96
Figura 33:	Rosas dos ventos indicando a frequência de ocorrência dos ventos no Rio de Janeiro em cada uma das oito orientações principais (à esquerda) e as velocidades predominantes por direção (à direita) – (UFSC, 2009)	96
Figura 34:	Relevo da cidade do Rio de Janeiro (www.terrabrasil.org.br)	97
Figura 35:	(a) Brisa diurna marítima e (b) Brisa noturna terral (professoralexeinowatzki.webnode.com.br)	98
Figura 36:	Rosa dos Ventos para a estação de Furnas Santa Cruz - para o período de janeiro de 2001 a dezembro de 2003 (Waldheim e Santos, 2004)	98
Figura 37:	Exemplo de conformação de visão do céu - Foto de trecho de rua tirada com lente “olho de peixe” (Frota, 2004)	105
Figura 38:	Esquema de ventilação urbana em climas úmidos (Frota e Schiffer, 2003)	106
Figura 39:	Carta bioclimática de Givoni (1992) adaptada por Goulart et al (1994) e suas doze zonas bioclimáticas (Barroso-Krause et al., 2002)	111
Figura 40:	Classificação bioclimática da NBR 15220-3 (adaptado de ABNT, 2005)	113
Figura 41:	Classificação Bioclimática da NBR 15220-3 (ABNT, 2005), (a) Zoneamento Bioclimático Brasileiro (b) Zona Bioclimática 8 (adaptado da ABNT, 2005)	113
Figura 42:	Carta Bioclimática apresentando as normais climatológicas de cidades da Zona 8, destacando a cidade de Belém, PA (ABNT, 2005)	114
<b>Capítulo 5</b>		
Figura 43:	Exemplos de reflexões sonoras no ambiente urbano (CETUR, 1981,	132



	apud Stramandinoli, 2008)	
Figura 44:	Exemplos de implantação (Santos, 2009, baseado em Stramandinoli, 2008)	132
Figura 45:	Relevo atuando como barreira acústica natural (Egan, 1972)	133
Figura 46:	Relação entre Altura dos Edifícios e Largura da Rua (Niemeyer, 2007)	134
Figura 47:	Hierarquização dos ambientes em função do ruído (Barroso-Krause et al., 2005)	135
Figura 48:	Espaço de transição para proteção do ambiente interno (Barroso-Krause et al., 2005)	135
Figura 49:	Rio de Janeiro: Superfícies e cargas solares no verão (Corbella e Yannas, 2003)	137
Figura 50:	A relação entre a forma da edificação e a orientação disponível (a autora)	138
Figura 51:	Relação do espaço entre os edifícios com a altura dos mesmos (Romero, 2001 adaptado de McCluskey, 1985)	138
Figura 52:	Traçado de máscara de obstrução externa – Prédio fronteiro (Frota, 2004)	139
Figura 53:	Iluminação natural em função da geometria em planta (Lamberts et al., 2014)	141
Figura 54:	Efeitos do relevo na incidência dos ventos predominantes (Adaptado de Oke, 1999, apud Barbirato et al., 2011)	142
Figura 55:	Efeito de turbulência e formação de sombra de vento (Oke, 1999 apud Barbirato, et al., 2011)	143
Figura 56:	Pressões dos ventos na edificação (a) Distribuição das pressões (b) Ventilação por ação dos ventos (Frota e Schiffer, 2003)	144
Figura 57:	Simulação computacional mostrando o escoamento do vento em torno de edifícios com diferentes arranjos (Bittencourt e Cândido, 2010)	145
Figura 58:	Dimensões do edifício e trajetórias do escoamento do vento ao longo das superfícies de sua envoltória (ASHRAE, 2001)	146
Figura 59:	Influência da profundidade da construção no tamanho da esteira (Texas Research Station, 1957, apud HERTZ, 1989)	147
Figura 60:	Comportamento da ventilação natural resultante de diferentes dimensões de pátios (Bittencourt e Peixoto, 2001)	148
Figura 61:	Praça sem ventos e modificação proposta (Corbella e Yannas, 2003)	150
Figura 62:	Espaço ao ar livre para o contador de histórias e sua audiência (Foster et al., 2006)	153
Figura 63:	Valores do albedo de diferentes materiais e superfícies urbanas (Espere-enc, 2003)	156
Figura 64:	Exemplo de desenho inadequado para a delimitação de espaços (Foster et al., 2006)	157
Figura 65:	O recurso dos canteiros elevados (Foster et al., 2006)	157
Figura 66:	Exemplos de cercas protetoras de canteiros (Foster et al., 2006)	157
Figura 67:	Efeito de cercas e muros com diferentes configurações (Boutet, 1987 apud Bittencourt e Cândido, 2010)	158
Figura 68:	Arrefecimento do ar pela vegetação (Mascaró, 1985)	159

Figura 69:	Efeito do posicionamento das massas vegetais no fluxo do vento (Material de aula, disciplina Conforto ambiental e eficiência energética, PROARQ/FAU/UFRJ, 2012)	161
Figura 70:	Efeitos da vegetação na modificação da direção dos ventos (Mascaró, 1996, apud Barbirato et al., 2011)	161
Figura 71:	Cercas vivas direcionando os ventos (Mascaró, 1985)	162
Figura 72:	Influência da vegetação na ventilação natural (Lamberts et al., 2014)	162

## Capítulo 6

### E. M. Sérgio Vieira de Mello

Figura 73:	E. M. Sérgio Vieira de Mello – Localização ( <i>Google Earth</i> )	166
Figura 74:	Entorno Imediato em vista aérea ( <i>Google Earth</i> e <i>Google Maps</i> )	167
Figura 75:	Entorno Imediato em perspectiva (Maquete de Felipe Rohen)	167
Figura 76:	Entorno – Rua Gilberto Cardoso ( <i>Google Earth</i> e foto da autora)	168
Figura 77:	Entorno – Rua Adalberto Ferreira ( <i>Google Earth</i> e foto da autora)	168
Figura 78:	Entorno – Via secundária pertencente à Praça Nossa Sra. Auxiliadora ( <i>Google Earth</i> )	169
Figura 79:	Entorno – Feira livre nos limites da escola ( <i>Google Earth</i> )	169
Figura 80:	Fachada Principal ( <i>Google Earth</i> )	169
Figura 81:	Fachada Lateral ( <i>Google Earth</i> )	169
Figura 82:	Implantação	170
Figura 83:	Térreo - Planta Baixa	170
Figura 84:	1º Pavimento – Planta Baixa	171
Figura 85:	2º Pavimento – Planta Baixa	171
Figura 86:	Corte Esquemático	171
Figura 87:	Salas de aula (a autora)	173
Figura 88:	Fachada Oeste - Sol das 15h no solstício de verão (estudo de Felipe Rohen realizado no <i>Sketch Up</i> )	173
Figura 89:	Fachada Leste - Sol das 9h no solstício de verão (estudo de Felipe Rohen realizado no <i>Sketch Up</i> )	173
Figura 90:	Obstruções das janelas (a autora)	174
Figura 91:	Composteira (a autora)	175
Figura 92:	Recreio Descoberto da Educação Infantil – Vista 1 (a autora)	175
Figura 93:	Recreio Descoberto da Educação Infantil – Vista 2 (a autora)	175
Figura 94:	Recreio Descoberto do Ensino Fundamental (a autora)	175
Figura 95:	Pátio Descoberto - Piso em concreto, quadros de 210 x 210 cm (a autora)	177
Figura 96:	Estacionamento - Piso em blocos intertravados (a autora)	177

### E. M. Noel Rosa

Figura 97:	E. M. Noel Rosa – Localização ( <i>Google Earth</i> )	178
Figura 98:	Entorno Imediato em vista aérea ( <i>Google Earth</i> e <i>Google Maps</i> )	178
Figura 99:	Entorno Imediato em perspectiva (Maquete de Felipe Rohen)	178

Figura 100:	Entorno – Rua Barão do Bom Retiro ( <i>Google Earth</i> )	179
Figura 101:	Entorno – Rua Armando de Albuquerque ( <i>Google Earth</i> )	180
Figura 102:	Fachada Principal ( <i>Google Earth</i> )	180
Figura 103:	Implantação	181
Figura 104:	Térreo – Planta Baixa	181
Figura 105:	1º Pavimento – Planta Baixa	182
Figura 106:	2º Pavimento – Planta Baixa	182
Figura 107:	Corte Esquemático	182
Figura 108:	Salas de aula (a autora)	183
Figura 109:	Fachada Nordeste - Sol das 9h no solstício de verão (estudo de Felipe Rohen realizado no <i>Sketch Up</i> )	184
Figura 110:	Fachada Sudoeste - Sol das 15h no solstício de verão (estudo de Felipe Rohen realizado no <i>Sketch Up</i> )	184
Figura 111:	Obstruções das janelas (a autora)	185
Figura 112:	Parque Infantil (a autora)	186
Figura 113:	Pátio de Acesso (a autora)	186
Figura 114:	Vivência (a autora)	186
Figura 115:	Quadra Coberta (a autora)	186
Figura 116:	Fundo do terreno (a autora)	187
Figura 117:	Jardineiras (a autora)	187
Figura 118:	Pátio Coberto (a autora)	188
Figura 119:	Estacionamento (a autora)	188
Figura 120:	Portão de Serviço (a autora)	189
<b>E. M. Albino Souza Cruz</b>		
Figura 121:	Localização ( <i>Google Earth</i> )	189
Figura 122:	Entorno Imediato em vista aérea ( <i>Google Earth</i> e <i>Google Maps</i> )	190
Figura 123:	Entorno Imediato em perspectiva (Maquete de Felipe Rohen)	190
Figura 124:	Entorno – Av. dos Democráticos ( <i>Google Earth</i> )	191
Figura 125:	Lateral esquerda do terreno – Rua informal ( <i>Google Earth</i> )	191
Figura 126:	Lateral direita do terreno ( <i>Google Earth</i> )	191
Figura 127:	Fachada Principal ( <i>Google Earth</i> )	192
Figura 128:	Térreo – Planta Baixa	193
Figura 129:	1º Pavimento – Planta Baixa	193
Figura 130:	2º Pavimento – Planta Baixa	193
Figura 131:	Corte Esquemático	194
Figura 132:	Salas de aula (a autora)	195
Figura 133:	Vistas das salas de aula (a autora)	195
Figura 134:	Construções vizinhas (a autora)	195
Figura 135:	Fachada Leste - Sol das 9h no solstício de verão (estudo de Felipe Rohen realizado no <i>Sketch Up</i> )	196
Figura 136:	Fachada Oeste - Sol das 17h no solstício de verão (estudo de Felipe Rohen realizado no <i>Sketch Up</i> )	196

Figura 137:	Circulações dos pavimentos superiores (a autora)	196
Figura 138:	Acesso de serviço e estacionamento (a autora)	197
Figura 139:	Acesso principal (a autora)	197
Figura 140:	Vivência (a autora)	197
Figura 141:	Pátio descoberto 1 (a autora)	197
Figura 142:	Circulação do 1º Pav. (a autora)	197
Figura 143:	Pátio descoberto 2 (a autora)	198
Figura 144:	Escola Padrão – Alguns exemplos de construção em praças ( <i>Google Earth</i> )	200



## LISTA DE QUADROS

### Capítulo 3

Quadro 1:	Otimização Multicritério – Parâmetros para análise do conforto acústico (adaptado de Graça e Kowaltowski, 2004)	69
Quadro 2:	LEED for Schools – Lista de Verificação de Projeto (USGBC, 2015b)	73
Quadro 3:	Requisitos da categoria Sítio Sustentável (USGBC, 2015b)	73
Quadro 4:	As 14 categorias do Processo AQUA (FCAV, 2007 e 2013)	76

### Capítulo 4

Quadro 5:	Diretrizes de projeto apresentadas pela NBR 15220-3/2005 para a cidade do Rio de Janeiro (Adaptado de ABNT, 2005)	114
Quadro 6:	Quesitos arquitetônicos necessários para o conforto ambiental em instituições escolares no clima tropical úmido (a autora)	119

### Capítulo 5

Quadro 7:	Lista de verificação proposta para a composição dos relatórios de vistoria de terreno (a autora)	122
Quadro 8:	Exemplo de análise do sítio para o início da elaboração do Plano de Massas (estudo realizado por Alves et al., PROARQ/FAU/UFRJ, 2004)	126
Quadro 9:	Tipologias arquitetônicas frequentes em projetos escolares (Conde, 1987)	129
Quadro 10:	Classificação acústica dos ambientes escolares (FCAV, 2013)	134
Quadro 11:	Alguns efeitos aerodinâmicos dos ventos (figuras de Niemeyer, 2007 e baseado em Mascaró, 1985)	149
Quadro 12:	Gestão da Infiltração – Níveis de desempenho para os valores do Coeficiente de Impermeabilização (adaptado de FCAV, 2007)	154

### Capítulo 6

Quadro 13:	Variações do projeto padronizado modelo “Escola Padrão” (RioUrbe)	165
------------	---	-----

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 4

Tabela 1:	Normais Climatológicas do Rio de Janeiro (UFSC (2010))	94
Tabela 2:	Frequência de ocorrência dos ventos no Rio de Janeiro (%) – (UFSC 2009)	97
Tabela 3:	Ventos ausentes no Rio de Janeiro (%) – (UFSC (2009))	97

### Capítulo 5

Tabela 4:	Radiação solar incidente sobre superfícies verticais no Rio de Janeiro (em kWh/m <sup>2</sup> Dia) – (Corbella e Yannas, 2003)	137
Tabela 5:	Velocidade do vento (m/s) no ponto central dos ambientes (Bittencourt e Peixoto, 2001)	148

# INTRODUÇÃO

## Contextualização

Ao longo dos últimos anos, tem sido observado na sociedade um processo de evolução da consciência ambiental na direção do desenvolvimento sustentável (UNITED NATIONS, 1992; 2002). A indústria da construção civil se destaca dentre as atividades humanas, como de grande impacto sobre o meio ambiente (SILVA, 2003; GRIGOLETTI e SATTLER, 2003). Atualmente é mister que o projeto, a realização e a utilização de uma edificação incorporem parâmetros, valores e diretrizes de sustentabilidade, até por fim sua reabilitação, ou demolição. A condução por este caminho se dá através, por exemplo, do uso consciente de recursos naturais, da minimização de emissões poluentes, da promoção de saúde e conforto aos usuários, da relação harmoniosa com o entorno, da redução de custos e da elevação do padrão sociocultural da comunidade.

A qualidade ambiental da edificação está inserida no amplo tema da sustentabilidade e trata das questões ligadas à qualidade do ambiente construído e à sua relação de impactos com o meio ambiente, (MÜLFARTH, 2006). Ao longo do processo de projeto faz-se necessário assumir um enfoque holístico<sup>1</sup>, através do qual são definidas as prioridades relativas a cada etapa (ZANETTINI, 2006). As escolhas realizadas pelo projetista, referentes ou não a aspectos objetivos, conduzem a resultados que interferem diretamente no desempenho da edificação, porque estas estão relacionadas com as dimensões energético-ambiental, sociocultural e econômica da sustentabilidade.

A sensibilização pela aplicação desses conceitos à edificação escolar é imediata, considerando a importância do ambiente construído para a eficácia do processo educativo e a relevância do resultado desse processo para a nossa sociedade.

Importa ressaltar que as Nações Unidas declararam o período de 2005 a 2014 como a “Década da Educação para o Desenvolvimento Sustentável”, tendo como princípio norteador o alcance de um mundo em que todos tenham a oportunidade de se beneficiar de uma educação de qualidade, além de aprender valores, comportamentos e estilos de vida necessários para um futuro sustentável e para a transformação positiva da sociedade (DESD, 2014).

Assim, a qualidade ambiental da edificação escolar vem se tornando objeto de estudos frequentes (NAIR, FIELDING E LACKNEY, 2013; CHPS, 2006; AZEVEDO et

---

<sup>1</sup> Onde o todo é analisado globalmente, considerando que as partes que o compõem estão essencialmente inter-relacionadas.

al.,2006; Brasil/MEC, 2006; KOWALTOWSKI, 2011). A maior parte das pesquisas nacionais e internacionais tem abordado o seguinte: (a) aspectos perceptivos, cognitivos e comportamentais resultantes da interação dos usuários com a edificação escolar; (b) condições de salubridade e conforto oferecidas por esse ambiente construído; (c) o processo de projeto e/ou o desafio de conciliar múltiplos critérios para a concepção desse projeto arquitetônico.

### **Temática**

A presente pesquisa alinha-se às duas últimas vertentes citadas. Apesar de reconhecermos a importância de todos os aspectos perceptivos, cognitivos e comportamentais inseridos na ampla problemática da edificação escolar, concentramo-nos no conjunto de condições físicas capazes de proporcionar conforto e bem-estar aos seus usuários, motivados pela premissa de que tais condições apresentam relação direta com a eficácia do processo educativo.

O bom desempenho energético da edificação também é essencial. Tal resultado se dá, por exemplo, através da valorização da iluminação natural e da racionalização do uso da energia. Cabe lembrar que a busca por essa eficiência envolve uma diversidade de pontos, além do financeiro, passando pelo consumo de recursos naturais, poluição e influências sobre o clima terrestre.

Dessa forma, os requisitos de qualidade ambiental para a edificação escolar, que são evidenciados na presente pesquisa, estão relacionados com o **conforto ambiental** - através de seus componentes térmico, visual e acústico – e com a **eficiência energética do prédio**. Examinam-se os aspectos de planejamento e concepção de projeto pertinentes à **seleção do terreno para implantação da edificação escolar**, com foco na definição do plano de massas e no tratamento dado ao ambiente externo.

A opção pelo estudo das escolas públicas de Ensino Fundamental da cidade do Rio de Janeiro deve-se à enorme representatividade de tais instituições, atendendo um elevado número de alunos e desempenhando um importante papel social.

### **Problema**

Diversas avaliações pós-ocupação realizadas têm demonstrado que muitas escolas brasileiras apresentam uma série de problemas relacionados ao conforto ambiental (PÁSCOA, 2008; MOREIRA, 2005). As pesquisas também apontam para a necessidade de revisão dos processos de projeto, assim como dos parâmetros atualmente utilizados (KOWALTOWSKI et al., 2012; DELIBERADOR, 2010). O cenário nacional é precário e a rede de ensino público carioca não representa exceção.

A questão se torna um grande desafio no universo das instituições públicas, no qual imperam entraves econômicos e políticos, além daqueles gerados pelo tamanho e complexidade das redes de ensino em grandes centros urbanos, como é o caso do Rio de Janeiro. Por outro lado, a contínua demanda de vagas e o intenso uso das edificações exigem sistemas ágeis, eficientes e comprometidos com um constante processo de aperfeiçoamento.

A prática da padronização, onde um mesmo projeto é implantado em diversos terrenos, e a difícil obtenção de lotes adequados em áreas urbanas estabelecidas, geram frequentes problemas de implantação nas escolas públicas da cidade. O que demonstra a enorme fragilidade de um sistema onde projetos preconcebidos são “encaixados” em terrenos disponíveis.

Por outro lado, o conforto ambiental e a eficiência energética estão relacionados, entre outros fatores, ao melhor aproveitamento das condições oferecidas pelo sítio<sup>2</sup> de implantação, tais como ventos, insolação, entorno natural e construído. Também há relação com uma série de decisões de projeto - tais como organização espacial, volumetria e tratamento dado ao espaço externo - limitadas pelas características do terreno.

A **hipótese** levantada neste estudo é que os terrenos utilizados para a construção das escolas públicas da cidade do Rio de Janeiro frequentemente se revelam inadequados, sob o aspecto do conforto ambiental, aos projetos padronizados neles implantados.

### **Questão central**

A discussão apoia-se no seguinte questionamento, que concorre para os objetivos da pesquisa:

**Quando do processo projetual para uma escola pública de Ensino Fundamental da cidade do Rio de Janeiro, quais seriam os aspectos mais relevantes para a seleção de um terreno, tendo em vista o conforto ambiental e a eficiência energética?**

### **Objetivo geral**

Discutir sobre o conforto ambiental nas escolas públicas de Ensino Fundamental da cidade do Rio de Janeiro, enfocando os aspectos de planejamento e de concepção de projeto pertinentes à seleção do terreno e à implantação da edificação, de modo a apontar recomendações que possam vir a auxiliar o processo projetual de novas escolas.

---

<sup>2</sup> Neste trabalho utilizamos o termo “sítio” no amplo sentido de localidade: englobando não apenas o terreno, mas também suas imediações.

## **Objetivos específicos**

- Investigar o processo de projeto julgado ideal e de que forma as questões ambientais, em especial as de interesse da pesquisa, se inserem neste processo;
- Identificar os aspectos que devem ser considerados na seleção dos terrenos e no diagnóstico físico-climático do sítio, assim como os quesitos arquitetônicos – relativos à implantação da edificação escolar - a serem atendidos para promover o conforto ambiental e a eficiência energética nas unidades da rede escolar estudada;
- Elaborar recomendações que possam vir a auxiliar o processo projetual dessas escolas;
- Analisar as condições ambientais de algumas escolas à luz dos quesitos arquitetônicos considerados referenciais para este trabalho.

## **Justificativa**

O contexto descrito e a importância do conforto ambiental para a eficácia do processo educativo concorrem para a relevância do tema. Ainda é preciso destacar que apesar de a pesquisa acadêmica nacional referente à qualidade ambiental na edificação escolar ser vasta (MARTINS, 2013; PEREIRA, 2013; DELIBERADOR, 2010; SOUZA, 2009; PÁSCOA, 2008; BLOWER, 2008; GRAÇA, 2002 e 2008; MUELLER, 2007; MOREIRA, 2005; PIZARRO, 2005; ELALI, 2002; AZEVEDO, 2002; entre outros), são escassos os trabalhos recentes direcionados para as questões de conforto ambiental nas escolas cariocas (como AZEVEDO, 1995; MASI, 1996; ARAÚJO, 1999; MENEZES, 2004).

Considera-se que a discussão relacionada com o conforto ambiental e a eficiência energética nas escolas públicas da cidade do Rio de Janeiro, enfocando os aspectos de planejamento e concepção de projeto pertinentes à seleção do terreno e à implantação da edificação neste terreno, possa vir a auxiliar o processo projetual de novas edificações, contribuindo para um melhor desempenho das escolas da cidade e para a conscientização dos agentes envolvidos na problemática apresentada.

Apesar de a rede escolar estudada estar sendo dotada de climatização artificial, considera-se nesta pesquisa que a climatização natural deva ser priorizada, pois sob a ótica da eficiência energética entende-se que esta deverá ser utilizada nos períodos de clima mais ameno.

Também é necessário esclarecer que ainda que a qualidade do ar interno pertença ao conjunto de condições físicas capazes de proporcionar condições de salubridade, conforto e bem-estar aos seus usuários, tal assunto não será abordado, pois este se limitaria à garantia de condições para que os níveis adequados de renovação do ar fossem alcançados, isto é, a ventilação higiênica. Ocorre que em ambientes climatizados naturalmente e localizados em regiões de clima tropical úmido, os aspectos de projeto - pertinentes à relação entre terreno, volumetria e implantação - que possibilitem uma

ventilação adequada ao conforto térmico, atendem perfeitamente à ventilação higiênica. No entanto, vale ressaltar que para a climatização artificial é essencial que a ventilação higiênica seja assegurada, assim como a adequada manutenção e a limpeza do sistema mecânico.

### **Metodologia**

Para estudar o conforto ambiental nas escolas públicas de Ensino Fundamental da cidade do Rio de Janeiro, enfocando os aspectos de planejamento e de concepção de projeto pertinentes à seleção do terreno e à implantação da edificação, o procedimento metodológico empregado neste trabalho é constituído por pesquisa bibliográfica, pesquisa de campo e análise crítica.

A pesquisa bibliográfica foi utilizada para a composição do seguinte suporte teórico: (1) inserção do conforto ambiental no amplo tema da qualidade ambiental no espaço escolar; (2) histórico da rede escolar estudada com destaque para a origem e a evolução da problemática discutida; (3) requisitos energético-ambientais da rede escolar em questão; (4) etapas do processo de projeto da edificação escolar e a forma como questões de interesse da pesquisa se inserem neste processo; (5) metodologias multicriteriais aplicáveis em auxílio à concepção arquitetônica escolar, em seus aspectos pertinentes ao tema da pesquisa.

A pesquisa de campo foi realizada em duas etapas. A primeira consistiu em coleta de dados referentes ao processo de projeto atualmente praticado para a construção das escolas públicas da cidade. A etapa foi cumprida através de pesquisa documental, entrevistas e observação.

O referencial teórico e a coleta de dados sobre o momento atual foram acompanhados de análises críticas para, em seguida, haver a definição das diretrizes de projeto a serem propostas para a rede escolar em estudo. Destas diretrizes foram extraídos os quesitos arquitetônicos considerados referenciais para este trabalho.

Com base nos quesitos destacados como referenciais, novamente recorreu-se à pesquisa bibliográfica e à análise crítica, de forma a elaborar recomendações para implantação da edificação escolar em clima tropical úmido.

Por fim, a pesquisa de campo foi completada através da análise das condições ambientais de três instituições, à luz dos quesitos arquitetônicos referenciais, utilizando como ferramenta de exame a observação sistemática.

## **Apresentação da tese**

A tese encontra-se desenvolvida em seis capítulos, descritos a seguir.

O Capítulo 1 estabelece a inserção da temática do trabalho num contexto mais amplo nacional e mundial, de modo a tornar evidente a importância da qualidade ambiental na edificação escolar. Em seguida, concentra-se no conforto ambiental e na eficiência energética demonstrando serem estes os requisitos de qualidade ambiental focados na presente pesquisa. Finalmente destaca a importância da conexão do usuário e da edificação com o ambiente externo.

No Capítulo 2 é apresentado um breve relato histórico sobre as escolas públicas de Ensino Fundamental da cidade do Rio de Janeiro, onde se procura descrever a origem e a evolução da problemática discutida no presente estudo: a padronização dos projetos, a difícil obtenção de terrenos adequados, dificuldades de implantação nos terrenos obtidos e a pouca importância dada ao ambiente externo.

O Capítulo 3 apresenta uma reflexão sobre o processo de projeto de uma edificação escolar e de que modo as questões ambientais, em especial as de interesse da pesquisa, se inserem neste processo. Em seguida, são examinados alguns métodos de avaliação e de auxílio ao projeto da edificação escolar, todos dedicados a múltiplos critérios. Procura-se identificar os aspectos pertinentes à seleção do terreno e à implantação da edificação que são considerados importantes por tais instrumentos. Finalmente, descreve a forma como o processo de projeto atualmente se desenvolve em se tratando das escolas públicas da cidade, e no tocante à problemática estudada.

O Capítulo 4 sugere um roteiro a ser percorrido para a elaboração de um projeto arquitetônico escolar que atenda aos requisitos de conforto ambiental, já focalizando a cidade do Rio de Janeiro. Para tanto, faz uma breve análise do clima da cidade, mostra a abrangência que o diagnóstico físico-climático do sítio deve ter e demonstra como chegar às diretrizes de projeto a partir do clima regional. Em seguida, apresenta as principais estratégias de projeto para edificações escolares com climatização natural (e eventualmente artificial) localizadas no clima tropical úmido, e delas extrai os **questos arquitetônicos** que devem ser observados na fase de concepção. Em virtude do recorte deste trabalho, finalmente concentra a atenção nos quesitos relacionados ao **plano de massas** e ao **ambiente externo**, passando a chamá-los de **referenciais**.

O Capítulo 5 trata de estratégias conceptuais para a arquitetura escolar com ênfase na adequação da edificação ao sítio/terreno, para fins de conforto ambiental dos usuários e de qualidade para o espaço educacional. Na discussão, que objetiva auxiliar o processo projetual das instituições escolares no clima tropical úmido, inicialmente é proposto um



abrangente relatório de vistoria dos terrenos passíveis de utilização. Em seguida, é apresentado um conjunto de recomendações com conteúdo organizado em duas partes: o plano de massas e o tratamento dado ao ambiente externo.

Por fim são apresentadas as visitas realizadas em três escolas recentemente construídas pela Prefeitura do Rio de Janeiro, através de projetos padronizados, no mesmo modelo arquitetônico. O objetivo de tais visitas foi analisar as condições ambientais destas instituições apenas a título de exemplos, onde se buscou: (1) contribuir para a comprovação da hipótese levantada neste estudo; (2) demonstrar a importância dos quesitos arquitetônicos, adotados como referenciais neste trabalho, para a obtenção de uma escola que ofereça conforto ambiental e eficiência energética no clima tropical úmido. Como ferramenta de análise, foi utilizada a observação sistemática. A pesquisa de campo realizada e seus respectivos diagnósticos encontram-se descritos no Capítulo 6.

Nas Considerações finais são destacadas as principais conclusões obtidas ao longo dos capítulos e apontam-se as perspectivas de continuidade desta pesquisa.

## CAPÍTULO 1 – Conforto e Qualidade Ambiental em Escolas

### 1.1 Qualidade ambiental na edificação

Devido ao seu caráter transversal, as discussões relacionadas à qualidade ambiental mantêm interfaces com diversos campos de conhecimento, se caracterizando como assuntos que envolvem desde variáveis objetivas/mensuráveis até percepções subjetivas/individuais.

Assim, a questão relacionada com a qualidade ambiental na edificação permite uma diversidade de abordagens, o que requer um estudo amplo e interdisciplinar para fins de compreensão e análise.

Inicialmente, examinemos o conceito de **Ambiência**.

Ambiência é um termo carregado de significados e confere à entidade física “espaço” o status de entidade poética, sensorial e multidirecional. Ambiências são as atmosferas materiais e morais (Amphoux, Thibaud e Chelkoff, p. 18, 2004) que englobam as sensações térmicas, lumínicas, sonoras, mas também culturais e subjetivas que envolvem um determinado lugar e seus ocupantes (DUARTE et al., p.2, 2008).

Ao tratar da humanização em ambientes de saúde (Brasil-MS, 2006), o Ministério da Saúde ressalta que o conceito de ambiência – e isto se aplica a qualquer edificação - percorre simultânea e primordialmente três eixos:

- O espaço que visa à confortabilidade - focado na privacidade e individualidade dos sujeitos envolvidos, valorizando a interação das pessoas com os elementos do ambiente e garantindo conforto aos usuários;
- O espaço que possibilita a produção de subjetividades – encontro de sujeitos;
- O espaço usado como ferramenta facilitadora do processo da atividade ali realizada.

Considerando a clássica definição de Tuan (1983) - para quem o “espaço” transforma-se em “lugar” quando o indivíduo estabelece com este uma relação de afetividade – podemos nos referir à **qualidade do lugar**.

O lugar da atualidade pode ser entendido como “intensos focos de acontecimentos, concentrações de dinamismo, torrentes de fluxos de circulação, cenários de fato efêmeros, cruzamentos de caminhos, momentos energéticos” (MONTANER, p.44, 2001). Lugares de informação, experimentação e interação, cujos limites físicos podem se diluir ou se tornar imperceptíveis (RHEINGANTZ et al., p. 23, 2012).

Essa visão considera significados simbólicos e psicológicos e vem ampliar em qualidade o conceito de espaço cartesiano que se limita às dimensões e características

físicas do ambiente natural ou construído. Nesta linha de pensamento, Schlee et al. (2009 apud RHEINGANTZ et al., 2012) adotam a designação **ambiente**, como um conjunto complexo e dinâmico de relações sociotécnicas, ao espaço experimentado, vivido, relacional e que se transforma permanentemente.

Tal discussão tem como foco o papel do espaço - ocupado e vivenciado – no ambiente construído. Trata-se de examinar a edificação como artefato espacial dotado de valores simbólicos e de utilização vindos do modo de fruição do espaço.

Com uma abordagem ambiental, Gauzin-Müller (2011) descreve a qualidade ambiental como uma associação do conforto dos seres humanos à utilização sustentável dos recursos naturais e ao controle dos resíduos. “Aplicado à arquitetura, este conceito pressupõe a incorporação de novas exigências no processo global da construção e requer mudanças nos comportamentos dos profissionais e dos usuários”. A autora complementa com a observação de que a abordagem ambiental é uma forma inovadora de analisar, em equipe, o programa, a concepção, a execução e a gestão das construções.

Para Keeler e Burke (2010), “a qualidade do ambiente interno” se refere ao grau de eficiência e de conforto experimentado pelas pessoas em espaços internos, o qual, por sua vez, é interpretado como a soma das reações psicológicas e fisiológicas frente aos fatores do projeto de arquitetura. Destacam, ainda, que a qualidade do ambiente interno requer a integração de muitas funções e sistemas dentro de uma única edificação.

O presente trabalho considera que o conceito de qualidade ambiental na edificação abrange todos esses aspectos. A questão está inserida na ampla problemática da edificação sustentável, relacionando-se com todas as suas dimensões. Tal edificação deve incorporar parâmetros, valores e diretrizes de sustentabilidade desde a etapa de concepção, passando por execução e operação, até a sua demolição. Esta preocupação se traduz, principalmente, na busca por uso consciente de recursos, minimização de emissões poluentes, promoção de saúde e conforto aos usuários, relação harmoniosa com o entorno, redução de custos e elevação do padrão sociocultural da comunidade.

Assim, as escolhas de projeto, estejam elas relacionadas a aspectos objetivos ou subjetivos do ambiente construído, conduzem a resultados que interferem diretamente no desempenho da edificação face às dimensões energético-ambiental, sociocultural e econômica da sustentabilidade.

## **1.2 A edificação escolar com qualidade ambiental**

Inicialmente, é preciso reconhecer a importância do ambiente construído para a eficácia do processo educativo. A ambiência escolar deve não apenas atender a função, mas permitir a fruição de seus espaços; através de ambientes confortáveis, saudáveis, seguros, acolhedores, estimulantes, convidativos, interativos e propícios às relações interpessoais.

Conforme esclarece Azevedo (2012), as evidências dessa importância têm fundamentado estudos, pesquisas e ações - numa abordagem transdisciplinar – buscando-se a criação de lugares comprometidos com a valorização e a promoção do desenvolvimento das múltiplas dimensões humanas. “A pedagogia, a psico-pedagogia, a psicologia, a sociologia da infância, a antropologia, a arquitetura, as ciências ambientais, a educação física e as ciências do corpo, a história e até mesmo a geografia tem tratado deste tema” (GOULART DE FARIA, 2011: 35 apud AZEVEDO 2012).

O olhar individualizado dos diferentes especialistas tende à abordagem segundo enfoques específicos, sem que haja a integração entre as diferentes áreas. Superar esta visão fragmentada do conhecimento se mostra uma necessidade para a obtenção de um espaço escolar que assuma um papel participativo no processo de ensino-aprendizagem eficaz.

Grandes mudanças vêm ocorrendo no País e no mundo e os espaços construídos devem acompanhar estas transformações. O IBAM (1996) destaca que com a substituição do formalismo didático, é necessária uma escola ativa, onde o espaço físico seja parte integrante do processo pedagógico. A figura tradicional do professor está sendo substituída, aparece em seu lugar o professor facilitador da busca de informações e ao mesmo tempo agente motivador das ações. Por outro lado, a escola precisa preparar seus alunos para a inserção no mercado profissional que exige, cada vez mais, indivíduos capazes de grande interação e de capacidade iniciativa.

Mesmo assim, Kowaltowski (p. 170, 2011) observa que no Brasil, de uma forma geral, ainda predominam as edificações com salas de aula tradicionais, “que não tiveram seu conceito espacial alterado em função das mudanças das metodologias pedagógicas e demandas sociais dos últimos anos”. Os envolvidos no processo de ensino/aprendizagem podem ser desmotivados por esta configuração tradicional, visto que “a arquitetura dessas escolas valoriza a autoridade, e não o indivíduo, o que estaria em desacordo com as novas metodologias educacionais”.

O ambiente escolar deve ser projetado com base na prática pedagógica vigente, criando espaços de aprendizado que estimulem o estudante a ser ativo em relação ao processo de aprendizado. Baseados no conceito de responsividade dos ambientes, preconizado por Henry Sanoff<sup>3</sup>, Azevedo et al. (2004) destacaram a necessidade de substituir a imagem de estrutura inerte por uma concepção de “escola responsiva” onde o ambiente escolar

[...] deixa de lado sua neutralidade – meramente concebido como espaço geométrico tridimensional - para assumir mais fortemente sua condição de ‘lugar’ do conhecimento, participando, dando respostas e interagindo com os usuários (AZEVEDO et al., p. 3, 2004).

Considerar esses aspectos da arquitetura escolar viabiliza o entendimento de que – em sua materialidade – intenções pedagógicas, simbólicas, culturais, políticas e ideológicas são reveladas, implícita ou explicitamente.

Compreende-se assim, que deve ser produzida uma arquitetura que atenda aos valores e às necessidades de seus usuários, estabelecendo um compromisso entre o ambiente físico e a filosofia educacional, na qual arquitetos e educadores deverão compartilhar experiências.

Na década de 1970, Christopher Alexander desenvolveu uma teoria que denominou “linguagem dos padrões”<sup>4</sup>, cujo conteúdo foi apresentado em dois livros: “*A Pattern Language*” (ALEXANDER, 1976) e “*The timeless way of building*” (ALEXANDER, 1981). Baseados em seus conceitos, que continuam atraindo a atenção dos pesquisadores de metodologias de projeto, Nair e Fielding (2005) estabeleceram vinte e cinco padrões para a escola do século XXI. Trata-se de uma abordagem “que não apenas é capaz de absorver os conceitos dos novos modelos de ensino e aprendizagem aplicados internacionalmente, como também providencia uma expressão física destes modelos” (DELIBERADOR, p. 72, 2010).

Como ainda enfatizaram os autores (NAIR e FIELDING, 2005), não se pretendia que tais 25 padrões representassem um vocabulário completo para o projeto escolar. Este seria apenas o começo da construção de uma linguagem gráfica para o projeto de ambientes

---

<sup>3</sup> SANOFF, H. *Creating Environments for Young Children*. Mansfield, Ohio: BookMasters, Inc., 1995.

<sup>4</sup> Para Alexander (1981 apud Santos, 2012), o caráter de um lugar pode ser definido a partir dos padrões de acontecimentos que ali ocorrem e que nos permitem experimentar o espaço. Assim, a questão centra-se na tarefa de compreender a relação existente entre padrões de eventos inter-relacionados com os aspectos geométricos do espaço, que combinados podem dotar o espaço de uma qualidade que os torna “vivos”. Para ele, a forma das cidades e dos edifícios provém dessa linguagem de padrões, formando uma organização que combina padrões de acontecimentos a padrões de espaço. Toda a estrutura artificial, ou seja, toda a estrutura construída pela “mão do homem” origina-se dessa linguagem, dessa combinação de padrões. Baseado nisso, o autor apresenta os “padrões” que são representações gráficas de soluções de problemas frequentes de projeto, acompanhadas de uma breve narrativa, oriundas de um processo analítico que servem de inspiração e diretriz à síntese da forma.

educacionais saudáveis e funcionais. Autores de projetos escolares deveriam considerar os padrões propostos como um ponto de partida para o desenvolvimento de seus próprios padrões ou para adaptações. Confirmando tal proposta, a publicação já se encontra em sua terceira edição (NAIR, FIELDING E LACKNEY, 2013), com uma extensão do número de padrões:

- 1- Salas de Aula, ambientes de ensino e comunidades pequenas de aprendizado
- 2- Entrada convidativa
- 3- Espaços de exposição dos trabalhos dos alunos
- 4- Espaço individual para armazenamento de materiais
- 5- Laboratórios de ciências e artes
- 6- Arte, música e atuação
- 7- Área de educação física
- 8- Áreas casuais de alimentação
- 9- Transparência e supervisão
- 10- Vistas interiores e exteriores
- 11- Tecnologia distribuída
- 12- Conexão entre espaços externos e internos
- 13- Mobiliário macio para sentar
- 14- Flexibilidade, adaptabilidade e variedade
- 15- *Campfire* (uma figura central compartilhando seu conhecimento / o contador de histórias)
- 16- *Watering hole space* (espaços de aprendizado mais informais)
- 17- *Cave space* (espaço individual)
- 18- Projeto para inteligências múltiplas
- 19- Iluminação natural e energia solar
- 20- Ventilação natural
- 21- Iluminação, cor e aprendizagem
- 22- Elementos de sustentabilidade<sup>5</sup>
- 23- Assinatura local
- 24- Conexão com a comunidade
- 25- Banheiros acolhedores
- 26- Profissionalidade<sup>6</sup> dos docentes
- 27- Recursos de aprendizagem compartilhada e biblioteca
- 28- Proteção e segurança
- 29- Síntese dos padrões (“colocando tudo isso junto”)

Outro aspecto a ser abordado, refere-se ao entendimento de que atualmente qualquer construção, não importa seu uso, deve ser projetada sob os conceitos da sustentabilidade. É evidente que na edificação escolar o enfoque sustentável deva ser ainda mais valorizado. O papel desempenhado pelo ambiente educacional, no processo de construção do conhecimento, torna esta edificação profundamente comprometida com os valores a serem transmitidos aos cidadãos em formação que ali se encontram. Assim, as

---

<sup>5</sup> Certamente que a sustentabilidade é um tema de caráter transversal relacionado a todas as decisões de projeto. Aqui os autores se referem aos elementos físicos, visíveis aos alunos, que funcionam como ferramentas de ensino e demonstram a importância dessa mentalidade para o planeta.

<sup>6</sup> Designa primordialmente o que foi adquirido pela pessoa como experiência e saber e sua capacidade de utilizá-lo em uma situação dada, seu modo de cumprir as tarefas (LÜDKE e BOING, 2004).

estratégias utilizadas devem estar evidenciadas, pois não se pode perder a preciosa oportunidade de fazer das escolas, por si mesmas, ferramentas de ensino.

Por sua importância, o tema vem se tornando objeto de estudos frequentes. No âmbito internacional, constata-se que os países desenvolvidos discutem o ensino de uma maneira ampla, e o ambiente físico é considerado um elemento essencial na busca da qualidade do aprendizado. Tais países recebem suporte de diversas entidades e proliferam-se os manuais que orientam para a obtenção de uma escola sustentável.

De acordo com o guia publicado pelo governo da Austrália do Sul (DECS, 2007), escolas sustentáveis desenvolvem valores, visão compartilhada, entendimentos e práticas para a construção de uma comunidade mais sustentável. Esta comunidade inclui alunos/estudantes, educadores, funcionários, familiares, grupos governamentais, empresariais e comunitários; todos parceiros na criação de estilos de vida sustentáveis. Isto baseado em valores tais como: (1) valorização e igualdade dos diversos atores envolvidos; (2) respeito a si mesmo, ao outro e ao meio ambiente; (3) valorização da voz e da ação estudantil; (4) parcerias e relações com a comunidade; (5) diversidade de perspectivas culturais; (6) visão de longo prazo e pensamento holístico.

O mesmo documento destaca que um programa de educação para a sustentabilidade só poderá ter sucesso se integrar currículo, processos pedagógicos e de aprendizagem. Este currículo, sustentado pela inovação, criatividade e ação, deve fornecer uma base sólida, onde conceitos de sustentabilidade ambiental e social perpassam as múltiplas áreas essenciais de aprendizado.

No Reino Unido, pode-se ressaltar o trabalho realizado pela *Commission for Architecture and the Built Environment*, com fomento governamental, que gerou um conjunto de publicações tais como *Being involved in school design*; *21<sup>st</sup> century schools: learning environment of the future*; *Creating excellent secondary schools: a guide for clients* (CABE, 2004a, 2004b e 2007).

No Canadá, podem ser citados: *Guide for Sustainable Schools in Manitoba* (IISD, 2010) e o *Sustainable Schools: Best Practices Guide* (BCED, 2010).

Entre as diversas iniciativas americanas, destacam-se as publicações do *Collaborative for High Performance Schools*<sup>7</sup> (CHPS, 2006 e 2004), sendo que o volume II (*Design*, 2006) foi adaptado pelo Governo dos Estados Unidos, através do Programa U.S.

---

<sup>7</sup> O CHPS foi criado em 1999 no estado da Califórnia/EUA, quando órgãos ligados a produção e fornecimento de energia se reuniram com a intenção de encontrar a melhor forma de promover o alto desempenho nas escolas. Esta parceria foi aos poucos recebendo novas adesões e hoje, como uma organização sem fins lucrativos, oferece: autocertificação e programa de reconhecimento; treinamento para profissionais de projeto; manual prático; e orientação quanto a recursos (materiais e serviços) com alto desempenho.

*Department of Energy's Rebuild America Energy Smart Schools*, criando um documento de referência nacional, o *National Best Practices Manual for Building High Performance Schools (NBPM-BHPS, 2007)*, voltado especificamente para arquitetos e engenheiros envolvidos em reformas e construções de escolas.

O CHPS (2006, v.1) qualifica uma escola “de alto desempenho” como aquela que emprega as melhores estratégias de projeto e tecnologias de construção da atualidade, de forma que ofereça ambientes saudáveis e confortáveis; utilize racionalmente os recursos, incluindo energia e água; funcione como uma ferramenta de ensino; ofereça espaços e serviços à comunidade; tenha funcionalidade e facilidade de manutenção; estabeleça uma atmosfera educacional segura e protegida.

O manual (CHPS, 2006, v.2) segue destacando que as características de uma escola com alto desempenho refletem um conjunto de objetivos ambientais, econômicos e sociais. Para alcançar estes objetivos, o processo de projeto requer um compromisso efetivo com:

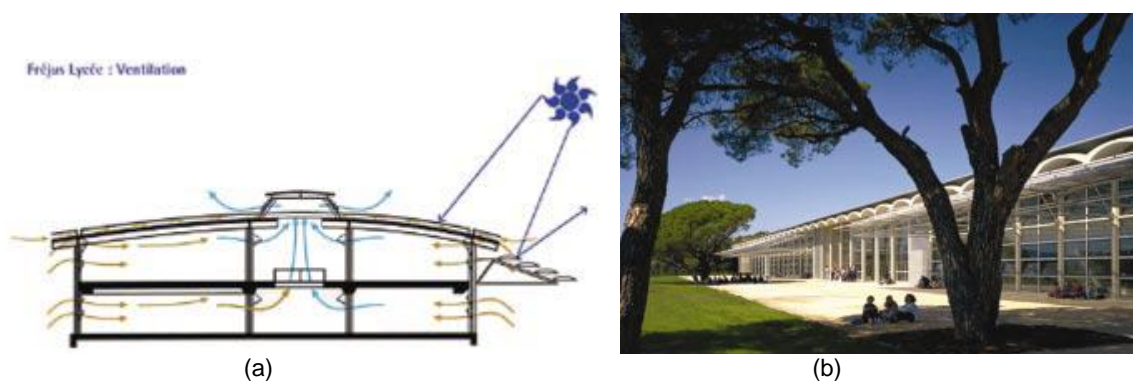
- critérios de desempenho energético e ambiental;
- a visão de que a edificação escolar e seu sítio estão inseridos no contexto de sua comunidade;
- o entendimento de que a escola está inserida em um ecossistema natural, ainda que localizada em uma área urbana;
- a incorporação de colaboração interdisciplinar ao longo do processo de projeto e construção;
- a maximização do desempenho dos estudantes com a adoção de medidas voltadas para a obtenção da qualidade ambiental;
- a integração de todas as estratégias e decisões significativas, desde a fase de planejamento;
- a otimização das decisões de projeto através de simulações, modelos ou outras ferramentas de projeto;
- a consideração do ciclo de vida da edificação ao analisar o custo de todas as decisões a serem tomadas;
- o projeto de sistemas que sejam fáceis de operar e manter;
- a provisão da edificação com equipamentos e sistemas que garantam o bom desempenho contínuo;
- a documentação do alto desempenho dos materiais e técnicas escolhidos para a edificação, de forma que manutenção e reparos possam ser feitos de acordo com a intenção original de projeto;
- a promoção de construção e manutenção eficientes;
- o fornecimento de manual de fácil entendimento, documentação e treinamento à equipe para operação e manutenção.

Os esforços para a realização de escolas sustentáveis vêm produzindo resultados positivos em todo o mundo. Convém ser citado como exemplo o *Lycée Albert Camus*,



localizado numa zona de expansão na *Coté d'Azur* e projetado pelo arquiteto britânico Norman Foster (Figura 1).

[...] o autor estabeleceu como premissa a construção de um edifício flexível, com uma estrutura aberta e o conceito de baixo consumo de energia, apropriado ao clima mediterrâneo, explorado, principalmente através de sua cobertura, das aberturas para a ventilação natural em amplas circulações, cobertas por abóbadas inspiradas na arquitetura árabe. Além disso, o arquiteto desenvolveu um sistema de troca de ar e proteção da insolação, através da cobertura e dos grandes brises-soleil metálicos, que permitem, tanto no verão quanto no inverno, um condicionamento ambiental confortável e saudável nos diversos ambientes da escola, sem o auxílio de meios mecânicos de refrigeração. Os materiais foram escolhidos de acordo com o clima local e disponibilidade na região, utilizado em diversos projetos na França, economizando-se no deslocamento, na mão de obra e no custo final da construção (HAZAN, p.15, 2008).

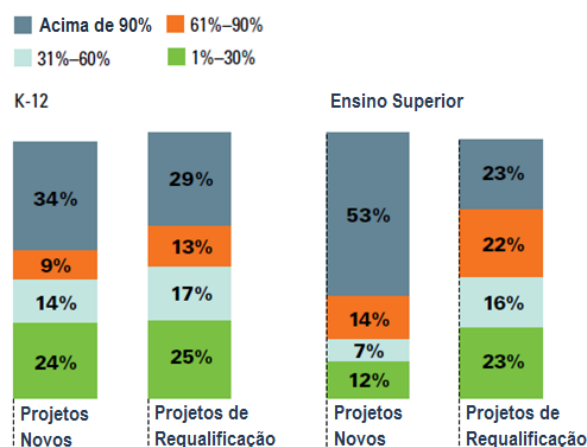


**Figura 1:** Lycée Albert Camus  
(a) Esquema de ventilação (b) Exterior  
Fonte: Hazan (2008)

Nos EUA, o *McGraw-Hill Construction* (MHC, 2013) destaca que desde a primeira publicação de seu relatório intitulado *Education Green Building SmartMarket Report*, em 2007, verifica-se que as escolas americanas demonstram estar na vanguarda da construção verde, estimando-se que 45% das construções escolares iniciadas em 2012 enquadram-se, de alguma forma, nesta categoria. Sendo que esta estimativa nem mesmo inclui o trabalho que vem sendo feito nas edificações através de requalificações e de adaptação dos sistemas de operação e manutenção a padrões verdes.

Pesquisa realizada pelo MHC (Figura 2) demonstra que mais de 80% dos entrevistados responsáveis por projetos de escolas k-12<sup>8</sup> e de ensino superior consideram-nas verdes ao menos sob algum aspecto do projeto. Além disso, mais de um terço dos entrevistados sobre projetos novos para escolas k-12 assim como mais da metade dos entrevistados sobre projetos novos para escolas de ensino superior relatam que mais de 90% do seu trabalho é verde.

<sup>8</sup> K-12 significa Kindergarten-12th grade, ou seja, do jardim de infância (educação infantil) até a última série do ensino médio. Fonte: <http://www.sk.com.br/sk-intsch.html>



**Figura 2:** Porcentagem de “conteúdo verde” em Projetos Escolares conduzidos entre 2010 e 2013  
 Fonte: McGraw-Hill Constructions (2013)

Entre as iniciativas governamentais brasileiras, apesar de não haver publicações dedicadas à sustentabilidade em edificações escolares, pode-se observar a preocupação com questões relacionadas ao tema em vários trabalhos. O documento Parâmetros Básicos de Infraestrutura para Instituições de Educação Infantil (AZEVEDO et al., 2006), publicado pela Secretaria de Educação Básica do Ministério da Educação representa um bom exemplo. Apesar de não estar voltado para o segmento de ensino abordado nesta pesquisa – o fundamental – nele se pode encontrar muitas recomendações aplicáveis a qualquer edificação escolar e parte delas adequadas a toda edificação que seja construída, reformada ou adaptada à luz dos princípios do desenvolvimento sustentável.

Outras publicações que podem ser citadas: Espaços Educativos Ensino Fundamental - Subsídios para Elaboração de Projetos e Adequação de Edificações Escolares (BRASIL/MEC, 2002) e Padrões mínimos de funcionamento da escola do ensino fundamental – ambiente físico escolar: guia de consulta (BRASIL/MEC, 2006), pertencentes ao programa FUNDESCOLA<sup>9</sup> e que também possuem conteúdo relacionado ao tema.

O compromisso entre o ambiente físico e a filosofia educacional, na qual arquitetos e educadores deverão compartilhar experiências tem direcionado diversos estudos, dentre os quais podemos fazer referência ao trabalho do Grupo Ambiente-Educação-GAE<sup>10</sup>, que atua

<sup>9</sup> O Fundo de Fortalecimento da Escola (FUNDESCOLA) é um programa do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE/MEC), com a interface das secretarias estaduais e municipais de Educação das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste e financiamento proveniente do Banco Mundial (Bird). Tem por objetivo promover, em regime de parceria e responsabilidade social, a eficácia, eficiência e equidade no ensino fundamental público, por meio da oferta de serviços, produtos e assistência técnico-financeira inovadores e de qualidade, que focalizam o ensino-aprendizagem e as práticas gerenciais das escolas e secretarias de educação. ampliando a permanência das crianças nas escolas públicas, assim como a escolaridade nessas regiões do país.

<sup>10</sup> O GAE é um Grupo de Pesquisa multidisciplinar, liderado pelos Professores Giselle Arteiro Nielsen Azevedo e Paulo Afonso Rheingantz (ambos do PROARQ/FAU/UFRJ), que incentiva a colaboração interinstitucional tendo como integrantes profissionais e/ou estudantes das Universidades UFRJ/UERJ/UCP, nas áreas de Arquitetura, Desenvolvimento Sustentável, Psicologia e Educação.

em pesquisas relacionadas com a qualidade dos ambientes escolares, focando a relação entre o espaço físico, o projeto pedagógico e o desenvolvimento da criança, bem como sua adequação ao meio ambiente.

Estudos voltados para a avaliação do desempenho têm tratado aspectos não apenas psicológicos, mas também técnicos e funcionais da edificação escolar. Neste contexto, inserem-se os diagnósticos e recomendações resultantes da APO<sup>11</sup>, e podemos destacar que as metodologias aplicadas no Brasil, sofreram grande influência das pesquisas realizadas por Sanoff (2001a, 2001b).

A pesquisa acadêmica nacional referente à qualidade ambiental na edificação escolar é vasta, com diversas teses e dissertações publicadas. Com enfoque na Avaliação Pós-Ocupação e em aspectos perceptivos, cognitivos e comportamentais dos ambientes escolares, existem trabalhos como os de Martins (2013), Pereira (2013); Souza (2009), Páscoa (2008), Blower (2008), Azevedo (2002) e Elali (2002). Trabalhando abrangentemente a temática do conforto ambiental, podem ser citadas pesquisas referentes principalmente ao estado de São Paulo: Graça (2002 e 2008), Mueller (2007) e Moreira (2005), Deliberador (2010) e Pizarro (2005), entre outros. No entanto, identifica-se que ainda são escassos os trabalhos direcionados para as questões de conforto ambiental nas edificações escolares situadas em todo o estado do Rio de Janeiro. Destacamos os trabalhos de Azevedo (1995), Masi (1996), Araújo (1999), Menezes (2004) e, como raro exemplo recente, cita-se Monteiro (2009), que estudou a qualidade ambiental em escolas da cidade de Volta Redonda.

### **1.3 Conforto ambiental**

O estudo de questão com tamanha amplitude – a qualidade ambiental na edificação escolar - requer um adequado recorte. Assim, os aspectos perceptivos, cognitivos e comportamentais resultantes da interação da edificação escolar com seus usuários, apesar de relevantes, não constituem o objeto de estudo deste trabalho. Concentramo-nos no conjunto de condições físicas capazes de proporcionar conforto e bem-estar aos seus usuários, motivados pela premissa de que tais condições apresentam relação direta com a eficácia do processo educativo. **Assim, os requisitos de qualidade ambiental focalizados neste trabalho estão restritos ao conforto ambiental – térmico, visual e acústico.**

---

<sup>11</sup> APO – avaliação pós-ocupação; é um processo interativo, sistematizado e rigoroso de avaliação de desempenho do ambiente construído, passado algum tempo de sua construção e ocupação. Focaliza os ocupantes e suas necessidades para avaliar a influência e as consequências das decisões projetuais no desempenho do ambiente considerado, especialmente aqueles relacionados com a percepção e o uso por parte dos diferentes grupos de atores ou agentes envolvidos (RHEINGANTZ et al., 2009).

As características de um processo de projeto normalmente remetem à realidade da região onde é implantado. EUA, Inglaterra e outros países da Europa discutem o ensino de uma maneira ampla, em que o ambiente físico é considerado um elemento essencial na busca da qualidade do aprendizado. Ao mesmo tempo, as estratégias de projeto relativas aos requisitos de conforto ambiental estão pouco presentes na literatura internacional, justamente por já constituírem uma prática de projeto (KOWALTOWSKI et al., 2009; KOWALTOWSKI, 2011).

Já no Brasil, conforme destaca Mueller (2007), é preocupante a quantidade de escolas (públicas ou privadas) que não oferecem as mínimas condições físicas para que ali sejam realizadas as atividades básicas a que se propõem, além de ser alarmante o estado físico de grande parte de nossas escolas públicas. A conservação destes espaços é precária, muitas vezes somando-se a este problema a falta de qualidade do projeto e da execução da obra. A autora ainda observa que são condições extremamente prejudiciais para o processo de ensino-aprendizagem na escola: cores inadequadas ou a falta de pintura nas paredes, má iluminação, excesso de frio ou calor, má ventilação, má qualidade do ar, ruídos e ambientes improvisados.

Esse quadro é reafirmado pelos resultados de diversas Avaliações Pós-Ocupação realizadas (BLOWER E AZEVEDO, 2010; ELALI e GONDIM, 2010; PÁSCOA, 2008; ORNSTEIN, 2005; MOREIRA, 2005; PIZARRO, 2005; AZEVEDO, 2002). Tais análises demonstram que, de uma forma geral, as edificações escolares brasileiras apresentam uma série de problemas relacionados ao conforto ambiental, e remetem à necessidade dos parâmetros atuais de projeto passarem por uma revisão criteriosa.

### 1.3.1 Conforto térmico em escolas

Conforme esclarecem Lamberts et al. (2012), o conforto térmico, tomado como uma sensação humana se situa no campo subjetivo e depende de fatores **físicos** (que determinam as trocas de calor do corpo com o meio), **fisiológicos** (referem-se a alterações na resposta fisiológica do organismo, resultantes da exposição contínua a determinada condição térmica) e **psicológicos** (relacionados às diferenças na percepção e na resposta a estímulos sensoriais, frutos da experiência passada e da expectativa do indivíduo).

Dessa forma, torna-se impossível que todos os ocupantes de um ambiente se sintam confortáveis termicamente, ao se procurar criar condições de conforto para um grupo. Assim, é almejado proporcionar-se condições nas quais a maior porcentagem das pessoas se encontre em conforto térmico. Tal busca motiva os estudos na área, visando

principalmente analisar e estabelecer os requisitos para a avaliação e concepção de um ambiente térmico adequado às atividades e ocupação humanas.

A importância do estudo de conforto térmico se encontra relacionada principalmente com três fatores: o bem-estar humano, seu desempenho<sup>12</sup> e a conservação de energia.

Barroso-Krause (2011) lembra que se o ambiente apresenta condições térmicas desfavoráveis ao homem, com temperaturas elevadas, o organismo humano através do sistema regulador interno passa a trabalhar excessivamente provocando a sudorese para manter a temperatura interna em torno de 37°C. Desta forma, podem manifestar-se no indivíduo condições de fadiga e queda no rendimento de suas atividades laborais. Com uma continuidade desta exposição ao ambiente térmico desfavorável poderão ocorrer sintomas como tontura e desmaio.

Assim, o conforto térmico é uma importante variável com implicações no desempenho de alunos e professores. Salas de aula quentes ou excessivamente frias reduzem a atenção e limitam a produtividade. Por outro lado, ainda que o conforto seja assegurado através da climatização, faz-se necessária a busca pela eficiência energética, através de edifícios adequadamente projetados, construídos e utilizados.

Também pesquisas recentes (NOGUEIRA, 2008; DIAS, 2009; BITTENCOURT, 2007 e 2011) demonstram o mau desempenho térmico de edificações escolares brasileiras, tornando a questão tema frequente de estudos.

### **1.3.2 Conforto visual em escolas**

O conforto visual depende de um bom projeto de iluminação, que integre e harmonize os sistemas de iluminação natural e artificial. Este conforto é requerimento fundamental para as tarefas visuais - realçando as cores e a aparência dos objetos – e deve estar aliado à redução de consumo de energia (BRASIL/MEC, 2006a).

O uso efetivo da luz natural no interior das edificações possui imenso valor. Nas últimas décadas, um grande número de pesquisas têm indicado uma ligação entre a quantidade de luz natural que uma pessoa recebe e sua saúde e produtividade. Nestas pesquisas, há um consenso de que a luz do sol tem um efeito criativo sobre os seres humanos. É sabido também, que a luz natural intensifica o processo enzimático do

---

<sup>12</sup> Muito embora os resultados de inúmeras investigações não sejam conclusivos a esse respeito, e a despeito dessa inconclusividade, os estudos mostram uma clara tendência de que o desconforto causado por calor ou frio reduz o desempenho humano. As atividades intelectuais, manuais e perceptivas, geralmente apresentam um melhor rendimento quando realizadas em conforto térmico (LAMBERTS, et al., 2012). A presente pesquisa considera a premissa de que tal conforto apresenta relação direta com a eficácia do processo educativo.

metabolismo, aumentando a atividade hormonal, e equilibra o sistema nervoso central e o sistema muscular. Recentes pesquisas indicam, ainda, que existe uma forte relação entre a qualidade da luz natural em salas de aula e a frequência dos estudantes e seu desempenho acadêmico (INNOVATIVE DESIGN, 2013). Além disso, é importante notar que a luz natural, além de seus benefícios para a saúde e desempenho, dá a sensação psicológica do tempo – cronológico e climático – no qual se vive, ao contrário da monotonia fornecida pela luz artificial.

No entanto, a introdução da luz natural no ambiente construído deve ser controlada através de medidas que evitem tanto o acesso da radiação solar direta quanto o excesso de radiação solar difusa e/ou refletida pelo entorno. Tais medidas destinam-se a evitar um maior ganho térmico no ambiente interno e o ofuscamento do usuário pelo excesso de luz.

Pesquisas relativas à qualidade desta iluminação no ambiente escolar têm sido desenvolvidas e demonstram que a questão deve ser cuidadosamente trabalhada conforme o projeto em questão (NOGUEIRA, 2008; ALVES et al., 2008).

### **1.3.3 Conforto acústico em escolas**

O conforto acústico carece de valorização, pois segundo a Organização Mundial de Saúde, a poluição sonora é hoje, depois da poluição do ar e da água, o problema ambiental que afeta o maior número de pessoas, sendo o limite tolerável para o ouvido humano o nível de 50 decibéis (WHO, 1999). Acima disso, o organismo humano começa a sofrer. “Distúrbios do sono, estresse, perda da capacidade auditiva, surdez, dores de cabeça, alergias, distúrbios digestivos, falta de concentração e aumento do batimento cardíaco são algumas das consequências resultantes da exposição ao excesso de ruído” (SILÊNCIO, 2013).

De acordo com a Organização Mundial de Saúde, os níveis sonoros excessivos na escola e em casa, além de afetarem a qualidade da comunicação verbal, acarretam uma série de problemas no desenvolvimento intelectual dos alunos como: demora na aquisição da linguagem, dificuldades com a linguagem escrita e falada, limitações na habilidade de leitura e na composição do vocabulário. Um ambiente ruidoso pode, ainda, levar a mudanças no comportamento das crianças. Ruídos em excesso contribuem para um comportamento agressivo e fácil irritabilidade, o que pode afetar o ambiente social dentro e fora da escola.

De acordo com Santos (2009), o que um projeto objetiva visando a qualidade acústica pode ser resumido em três fatores:

- Inteligibilidade – garante a boa comunicação verbal entre os usuários, e em especial entre professores e alunos;
- Privacidade – evita a transferência do som entre ambientes;
- Salubridade – previne a saúde auditiva e psicológica dos usuários, tomando como referencia as normas estabelecidas.

Devido aos prejuízos que o excesso de ruído pode trazer à saúde, ao aprendizado e ao desempenho, ressalta-se a importância de níveis sonoros adequados no ambiente escolar, principalmente nas salas de aula. Além disto, com a alteração do ritmo cardíaco ocorre a redução da produtividade física e mental. Ou seja, “[...] voltar a estudar após esse tipo de exposição parece mais difícil que se imagina. A falta de atenção da classe pode, nestes casos, não ser apenas reflexo do mau comportamento dos alunos, mas uma questão física mesmo.” (DREOSSI, 2005).

Ainda assim, constata-se que são precárias as condições acústicas em ambientes escolares (NOGUEIRA, 2008; DIAS, 2009), estando estas edificações sujeitas aos ruídos gerados internamente e àqueles provenientes do exterior, sendo que habitualmente o ruído interno representa a principal fonte de incômodos (SANTOS, 1993).

#### **1.4 Conexão com o ambiente externo**

O ser humano tem necessidade de se conectar com o ambiente externo. Além de agradável, a proximidade com o verde, o contato visual com o céu e a sensação do ar externo sobre a pele são naturalmente reconfortantes. No entanto, por passarmos a maior parte do tempo em ambientes artificiais, não nos conectamos regularmente com a natureza. “Muitos ícones da arquitetura têm resgatado essa relação entre seus principais valores de projeto”, baseados no conceito de **biofilia**, que enfatiza a necessidade de restaurar ou estreitar a relação do ambiente construído com a natureza (KEELER e BURKE, p. 102, 2010).

Tais considerações são referentes à humanidade como um todo, mas o que dizer da criança, para quem o ambiente externo oferece tantas oportunidades de atividades e interações, essenciais ao seu desenvolvimento?

Conforme relatam Azevedo et al. (2011), os instrumentos de pesquisa utilizados pelos grupos GAE<sup>13</sup>, ProLUGAR<sup>14</sup> e SEL-RJ<sup>15</sup> têm confirmado a importância do pátio e das

---

<sup>13</sup> Ver nota p. 16.

<sup>14</sup> Grupo de Pesquisa Qualidade do Lugar e Paisagem - ProLUGAR, vinculado à Linha de Pesquisa *Cultura Paisagem e Ambiente* do PROARQ-FAU/UFRJ, liderado pelos Professores Paulo Afonso Rheingantz e Vera Regina Tangari. Entre seus objetivos, destacam-se a reflexão, a geração, o desenvolvimento, a difusão e

áreas de recreação no cotidiano das crianças, principais usuários das instituições escolares. Isso, apesar da precariedade e da inadequação de muitos deles.

Para Martins (2013), a busca pela qualificação dos pátios escolares se torna cada vez mais relevante. A crescente escassez de espaços livres nas cidades, a frequente falta de manutenção e de adequação dos espaços públicos disponíveis e o aumento da criminalidade urbana são fatores que tornam o pátio escolar o local onde há oportunidades mais frequentes, e seguras, para a prática de atividades indispensáveis ao pleno desenvolvimento infantil. Assim, eleva-se ainda mais a sua importância no sistema de espaços livres das cidades.

A desqualificação do ambiente externo da escola, muitas vezes tem início na seleção de terreno com forma e/ou dimensões inadequadas, vindo a gerar projetos cujas áreas livres se apresentam insuficientes para as atividades de recreação, exploração, convívio e socialização das crianças. A este fator, outros podem ser somados, tais como falta de conscientização por parte dos profissionais de projeto e, na fase de utilização, verdadeiro abandono, no que tange à manutenção – o que também evidencia falta de conscientização por parte dos responsáveis.

Além disso, se observa que diversos educadores ainda limitam o uso das áreas livres às atividades de recreação e de prática esportiva, menosprezando tantas possibilidades criativas que estas áreas oferecem, além de desconsiderarem sua condição de ambiente de extensão das salas de aula.

[...] é preciso neutralizar a fronteira entre o “lado de dentro” – representado pelos ambientes e práticas da educação formal – e o “lado de fora” – representado por brincadeiras, descanso e liberdade, responsáveis pela explosão de alegria quando as crianças saem para as áreas livres no horário da Educação Física ou do recreio. Essa visão reducionista, consolidada pelo viés institucional de não compreender a relação entre os “dois lados”, resulta em não pensar a Educação como uma atividade mais criativa, prazerosa e menos controladora, em não levar em conta o potencial das áreas livres para o processo educativo (AZEVEDO et al., p. 15, 2011).

Foster et al. (p.13, 2006) fazem recomendações detalhadas acerca do projeto do ambiente externo escolar. A tônica do texto é a valorização da comunidade em que se insere a instituição. Os autores destacam que cada comunidade é única e que ela deve ser a fonte de inspiração para o projeto da instituição escolar que, por sua vez, deve se localizar

---

aplicação da percepção ambiental e da qualidade do lugar na produção de um ambiente construído mais responsivo e sustentável.

<sup>15</sup> Grupo de Pesquisa interdisciplinar Sistema de Espaços Livres no Rio de Janeiro – SEL-RJ, vinculado ao PROARQ-FAU/UFRJ, liderado pela Prof. Vera Regina Tângari, e ao Grupo ProLUGAR. O Grupo tem como objetivo o estudo dos sistemas de espaços livres de edificação e sua relação com o planejamento e desenho urbanos e com a configuração e a dinâmica da paisagem na cidade e no Estado do Rio de Janeiro.



“no coração” desta comunidade. As recomendações partem da premissa de que o espaço externo deve ser projetado e construído para:

- **aprender e ensinar:** espaços alternativos de ensino e possibilidade de aprendizagem experiencial;
- **desenvolver estilos de vida saudáveis:** atividades físicas e jogos (Figura 3), desenvolvimento do bem-estar emocional, cultivo de alimentos, vivência quanto a segurança, riscos e desafios;
- **desenvolver comportamentos positivos:** ambientes propícios à interação social (Figura 4) e que reduzam as oportunidades de conflito, furto e vandalismo;
- **desenvolver a comunidade:** espaços que criem identificação com a comunidade e que possibilitem as atividades fora do horário escolar e as ações comunitárias;
- **obter resultados sustentáveis:** concepção e gestão sustentáveis, conservar e incrementar os ambientes naturais, experimentar técnicas inovadoras e sustentáveis, tornar-se o cenário de práticas e desenvolvimento de mentalidades sustentáveis, reforçar o sentimento de pertencimento à comunidade, assegurar que o espaço é continuamente utilizado, desenvolvido, adaptado e mantido;
- **atender a diferentes necessidades:** faixas etárias e necessidades especiais.



**Figura 3:** Equipamentos fixos que encorajam a atividade física individual e colaborativa  
Fonte: Foster et al. (2006)



**Figura 4:** Equipamentos móveis promovem a interação social  
Fonte: Foster et al. (2006)

Procurando destacar a importância dos conceitos aqui apresentados sobre a qualidade e o conforto ambiental em escolas, dentre diversos autores bem sucedidos em projetos escolares, cita-se a obra de Richard Neutra. As escolas por ele concebidas valorizaram tanto o conforto ambiental quanto o ambiente externo na condição de espaço educativo.

Para Loureiro e Amorim (2002), a influência de Richard Neutra na arquitetura brasileira ainda está por ser devidamente estudada. Sua visita ao Brasil, em 1945, a serviço do Departamento de Estado dos Estados Unidos resultou na publicação de livro bilíngue fartamente ilustrado (NEUTRA, 1948), reunindo os projetos do arquiteto para o programa de educação e saúde do governo de Porto Rico, além de alguns projetos habitacionais na

Califórnia. Conforme esclarece em seu título, o livro é orientado para países de clima quente.

Apesar de pouco referida, Loureiro e Amorim (2002) consideram significativo o impacto dessa publicação, vindo a representar uma importante referência para a elaboração de projetos de edificações públicas, sobretudo para as redes de ensino e saúde brasileiras. As obras de Neutra apresentam uma conciliação entre racionalização e adequação climática, sendo esta conciliação que torna atrativa a incorporação de suas ideias no Brasil.

Os projetos escolares de Neutra apresentam os seguintes destaques (NASCIMENTO, 2012; HAZAN, 2008; LOUREIRO e AMORIM, 2002, NEUTRA, 1948):

- **Metodologia:** projeto arquitetônico visto de forma integral, com procedimentos sistemáticos que incluem o tratamento de dados, a elaboração criteriosa do programa arquitetônico, a definição de gráficos de relações funcionais, o dimensionamento criterioso e o desenho do mobiliário;
- **Organização espacial:** estabelecimento de procedimentos de classificação e ordenamento dos espaços em setores funcionais, permitindo, inclusive, formas de controle das ações sociais e interação das diversas categorias de usuários;
- **Adequação climática:** preocupação em oferecer amplas aberturas e áreas sombreadas, principalmente em cidades de clima quente, bem como adaptar as edificações às condições climáticas de cada lugar. O uso de pérgulas, brises, portas retráteis, jardins e áreas externas junto às salas de aula mostram a importância dada ao uso da iluminação e ventilação naturais, e principalmente ao bem estar e ao conforto das crianças;
- **Técnica construtiva:** coordenação modular e racionalização da construção: Suas soluções, simples e eficazes, demonstram a possibilidade de se projetar edificações modernas, com qualidade arquitetônica e de baixo custo de construção e manutenção. Para tanto, o arquiteto se valeu de sua experiência em pré-fabricação e aplicação de componentes modulares na construção de unidades habitacionais e edificações públicas tanto na Europa como nos Estados Unidos.

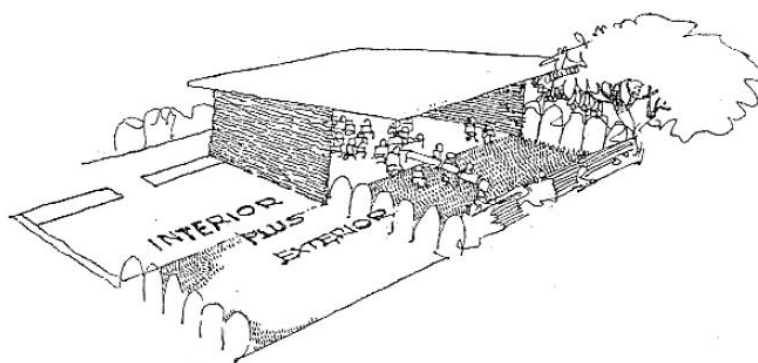
Neutra embasava suas ideias na relação entre o edifício, a natureza e o ser humano. Sua arquitetura proporcionava permeabilidade e relação entre os espaços, com divisórias móveis de vidro, espelhos d'água e coberturas que atravessavam os limites do edifício, criando espaços multifuncionais, ajustados às necessidades educacionais que se apresentavam. Para ele, a arquitetura tinha o dever e a possibilidade de auxiliar no processo educativo, tornando-se parte fundamental deste processo.

Assim os edifícios escolares de Neutra apresentavam uma nova concepção de espaço educacional. "Suas revolucionárias ideias estavam atreladas ao seu agudo senso de observação do comportamento humano em relação às características do ambiente natural e arquitetônico" (LOUREIRO e AMORM, 2002).

Tais ideias ainda decorriam de sua observação sobre o processo de ensino/aprendizagem e o comportamento dos alunos em sala de aula, apoiados no estudo de documentos científicos da época, como aqueles que apontavam que uma criança necessita de um volume de oxigênio duas ou três vezes maior do que um adulto. Daí decorrem os sistemas engenhosos, empregados nas escolas, para a constante troca de ar nas salas de aula. Em muitos casos, sua intuição sobre as características mais adequadas para o ambiente escolar foi posteriormente comprovada por estudos científicos (LAMPRECHT, 2000, apud LOUREIRO e AMORIM, 2002).

Neutra possuía a convicção de que luminosidade, ventilação e transparência são essenciais ao processo educacional, além de considerar de grande importância para a formação da criança, sua interação com a natureza. Em decorrência, propôs soluções que partiam de um esquema horizontal, com corredores abertos, conectando as salas em uma de suas faces, permitindo uma iluminação homogênea e adequada no interior das salas de aula. Mais significativa, no entanto, é a abertura das salas de aula para a área externa, permitindo uma perfeita integração entre as atividades pedagógicas no interior e no exterior do edifício. O arquiteto desenvolveu este conceito em muitas de suas obras, ampliando suas experimentações, desde a questão espacial até os métodos construtivos.

A sala de aula, relativamente pequena por motivos econômicos, e de espaço restrito, aumenta pela instituição da “área de instrução combinada de espaço interior-externo”. Aberta e adequadamente orientada para o lado da brisa, a área de instrução interior possui a necessária ventilação. A porta que se abre horizontalmente, não só permite comunicação livre entre o espaço interior e exterior, mas aumenta a “área de sombra”. Livre ventilação embaixo do teto e reflexão natural da luz são outras vantagens do desenho (NEUTRA, p.43, 1948).

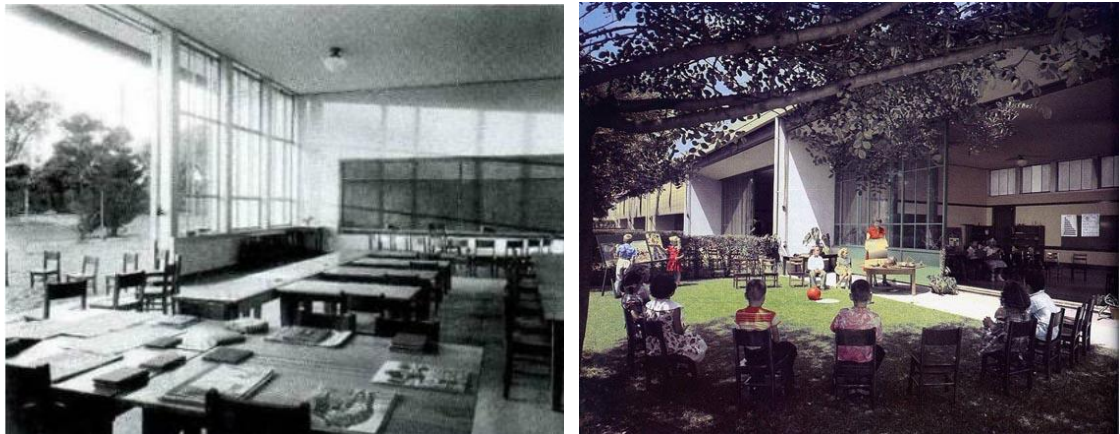


**Figura 5:** Espaço combinado interior-externo produz maior área educacional  
Fonte: Neutra (1948)

A solução espacial encontrada por Neutra possibilitava a realização de procedimentos pedagógicos menos formais. O acesso ao exterior permitia o desenvolvimento de atividades pedagógicas mais dinâmicas, superando a ortodoxa e

estática relação aluno/carteira – professor/quadro negro. A mesma dinâmica Neutra imprimiu no desenho do mobiliário, nunca fixo, permitindo grande variedade de leiautes e a utilização do pátio como extensão natural da sala de aula. Segundo ele “as crianças teriam um melhor aprendizado próximo do chão, como os primeiros Homo Sapiens o fizeram” (LAMPRECHT, 2000, apud LOUREIRO e AMORIM, 2002).

Um dos melhores exemplos da proposta de Richard Neutra é o seu projeto para a Corona School (1935, Figura 6), em Bell, Califórnia.



**Figura 6:** Corona School

Interior e exterior das salas de aula

Fonte: [http://etsavega.net/dibex/Neutra\\_Emerson-e.htm](http://etsavega.net/dibex/Neutra_Emerson-e.htm)

Os projetos de Neutra, ainda que desenvolvidos para uma realidade do passado, podem inspirar soluções adequadas a contextos urbanos atuais.

Demonstrada a importância do conforto ambiental e da conexão com o ambiente externo para a qualidade ambiental da edificação escolar, o próximo capítulo será dedicado a um resumo histórico sobre as instituições escolares públicas da cidade do Rio de Janeiro. Procura-se compreender a origem e a evolução da problemática relacionada à seleção do terreno e à implantação da edificação.

## **CAPÍTULO 2 – As Escolas Públicas de Ensino Fundamental da Cidade do Rio de Janeiro: Histórico e Problemática**

Neste capítulo é apresentado um breve histórico sobre a Rede Pública de Ensino Fundamental da cidade do Rio de Janeiro, onde se procura caracterizar e contextualizar o universo das escolas estudadas. Como o objetivo da tese não é o de evidenciar o cunho histórico da edificação escolar, limitamo-nos a apresentar relatos baseados principalmente em trabalhos acadêmicos publicados por outros autores, tais como: Fernandes (2006), Tavares Filho (2005), Ehrlich (2002), Dorea (2000), Azevedo (1995) e Sisson (1991).

### **2.1 Conhecendo um pouco nossas escolas**

Tomando como base os dados levantados de 2013, verifica-se que a Rede Pública Municipal de Educação do Rio de Janeiro compreende 1367 unidades escolares<sup>16</sup> em atendimento a cerca de 683.000 alunos. Sua amplitude é tamanha que a administração ocorre de forma descentralizada por 11 Coordenadorias Regionais de Educação (CRE), localizadas em diferentes áreas geográficas da cidade.

Essa complexa rede escolar vem sendo implantada desde o final do Império, podendo nela ser encontrados exemplares que se associam a todos os importantes momentos da história da educação brasileira. Constata-se que “a arquitetura escolar nesta cidade foi marcadamente influenciada pelas transformações políticas, econômicas, sociais e culturais e pelas reformas modernizadoras ocorridas no país” (TAVARES FILHO, 2005). A história se inicia no Brasil-Colônia, sendo apresentado, a seguir, um pequeno resumo.

#### **2.1.1 As primeiras escolas do Rio de Janeiro (1549/1930)**

A organização escolar no Brasil-Colônia esteve estreitamente vinculada à política colonizadora dos portugueses. Com uma economia baseada na agricultura rudimentar e no trabalho escravo, a população era deixada à margem do ensino, favorecendo um sistema de poder representado pela família patriarcal que, através dos jesuítas, importou conhecimentos da cultura medieval europeia. Além disso, havia empenho na catequese, fonte de novos adeptos do catolicismo, e meio de tornar o índio mais dócil aproveitando melhor sua mão de obra.

---

<sup>16</sup> Incluindo 864 Escolas, 246 Creches, 95 CIEP (Centros Integrados de Educação Pública), 151 EDI (Espaços de Desenvolvimento Infantil), 1 Centro Municipal de Referência de Educação de Jovens e Adultos e 10 Escolas Especiais. Fonte: <http://www.armazemdedados.rio.rj.gov.br>, 2013.

Em 1759, “num esforço de colocar a metrópole na linha do iluminismo europeu” (SCHWARTZMAN, p.18, 2005), o Marquês de Pombal comandou uma reforma na educação portuguesa, representando os primeiros esforços dedicados à criação de um sistema nacional de ensino elementar em Portugal, não acontecendo nada parecido no Brasil, onde houve um “desmantelamento quase total do ensino que existia na época” (SCHWARTZMAN, p.18, 2005).

A partir da vinda da família real para o Brasil-Colônia (1808), a educação e a cultura tomariam um novo impulso com o surgimento de instituições culturais e científicas, de ensino técnico e dos primeiros cursos superiores. O modelo continuou sendo o exterior “civilizado”, estruturado na linha acadêmica francesa. No entanto, na monarquia brasileira, ao contrário do que era praticado pelas monarquias europeias que lhe serviam de exemplo, a instrução primária não era oferecida a toda a população (EHRlich, 2002).

Após a Independência política (1822), o poder central delegou às províncias a incumbência de regulamentar e promover a educação primária e média. A Constituição de 1824 incluiu a ideia de um sistema nacional de educação como dever do Estado, assegurando “instrução primária e gratuita a todos os cidadãos”. Ainda assim, até o final do Império a percentagem de analfabetos era altíssima. A maioria da população localizava-se no campo, onde quase não existiam estabelecimentos escolares, e o número de escolas primárias públicas nas cidades era reduzido em relação aos colégios particulares destinados à elite.

No Rio de Janeiro, o primeiro incentivo à construção de prédios escolares públicos destinados ao ensino básico foi dado pelo Imperador Pedro II, pertencendo a este período as mais antigas escolas existentes em nossa rede atual. A partir de então, Sisson (1991) identifica alguns períodos distintos da construção escolar impulsionados pelas fases de modernização das políticas públicas de escolarização na história do Rio de Janeiro. O presente trabalho adota a nomenclatura utilizada pela autora, o que corresponde a: Escolas do Imperador, Ecletismo Republicano e Estilo missões/ Neocolonial.

- **Escolas do Imperador (1870/1889)** - “são a expressão de um período de colonização cultural onde até as plantas eram trazidas de fora e implantadas aqui, segundo modelo europeu e de acordo com o Ecletismo reinante na arquitetura do período” (EHRlich, 2002). Possuíam localização nobre, concentrando-se no centro e nas áreas de expansão residencial e atendiam ao programa que exigia alas separadas para meninos e meninas. Este programa arquitetônico se resumia a salas de aula e ambientes administrativos. A preocupação com critérios higiênico-sanitários fica clara nas dimensões das salas de aula, nos recursos de circulação, na ventilação e na iluminação. Uma arquitetura relacionada aos princípios clássicos de composição, imponente e simétrica, que se impunha no contexto urbano de então, pela sua escala, volumetria, estilo e qualidade construtiva. A Escola Municipal Gonçalves Dias



(Figura 7), representante deste período, é a mais antiga escola pública existente na cidade.

[...] projetadas em três corpos, sendo o central geralmente recuado ou mais baixo que os demais, as escolas ocupavam dois pavimentos e dispunham de pátios ajardinados [...] manifestavam imponência, nobreza e um caráter marcadamente institucional, qualidades condizentes com a intenção expressa de exaltação do poder imperial (TAVARES FILHO, 2005, p. 93).

- **Eclétismo Republicano (1889/1926)** - após a instituição da República, permanece a velha educação acadêmica e aristocrática além da precariedade da educação popular. A maioria das escolas funciona em prédios adaptados. Porém, com o desenvolvimento dos centros urbanos, a instrução primária torna-se essencial aos setores populares que buscam integrar-se ao mercado de trabalho. “Acontece uma significativa alteração, mais de ordem quantitativa que qualitativa na organização escolar brasileira, mas ainda longe de suprir a demanda” (EHRlich, 2002). Em 1894 é regulamentado o ensino primário com o estabelecimento de quatro classes para cada sexo. Neste período, também conhecido como República Velha, temos uma produção arquitetônica eclética, onde prevalece a variedade de estilos em prédios distintos, ou mesmo em um mesmo prédio, refletindo as novas tendências européias como o *art nouveau* e o *Sezessionsstil*<sup>17</sup>. A E.M. Tiradentes (Figura 8) é representante deste período.



**Figura 7:** E.M.Gonçalves Dias (1872) - fachada original  
Campo de São Cristóvão, 115 – São Cristóvão  
Fonte: <http://epf.rioeduca.net>



**Figura 8:** E.M. Tiradentes (1905)  
Rua Visconde do Rio Branco, 48 – Centro  
Fonte: <http://epf.rioeduca.net>

- **Estilo Missões/ Neocolonial (1926/1930)** - o clima de transformação política e cultural que caracteriza esta época impulsionou um movimento voltado para a valorização da função social da escola, com caráter nacionalista. Durante a administração do prefeito Prado Júnior (1926-1930), o professor Fernando de Azevedo empreendeu reformas no ensino primário, secundário e normal que revolucionaram a pedagogia e que se alastraram pelo país<sup>18</sup>. Seguindo sua orientação pedagógica iniciou-se um plano de construção de edifícios escolares no Distrito Federal, que se tornaram emblemas do clima político cultural, adotando o estilo Missões<sup>19</sup> entendido como uma afirmação cívica do estilo

<sup>17</sup> Movimento cultural de origens germânicas e tendências racionalistas do qual se originou a Bauhaus. Ao constituir uma reação ao *art nouveau*, propagou a valorização da simplicidade formal geométrica e o afastamento da ornamentação rebuscada (SISSON, 1991).

<sup>18</sup> Os novos programas de ação foram largamente difundidos em estados brasileiros como Ceará, Pernambuco, Minas Gerais, dentre outros, a partir da atuação de outros educadores, dentre os quais, o Professor Anísio Teixeira, no estado da Bahia.

<sup>19</sup> Estilo neocolonial com influência hispânica, também chamado de Mexicano, Californiano ou *Missiones*, importado dos EUA, onde era praticado na mesma tentativa de resgatar a cultura local. Foi criado a partir da

brasileiro e homenageando países ou personagens americanos. Um exemplo significativo desta fase é a E.M. Estados Unidos (Figura 9), cujo projeto é composto inicialmente de um único prédio com um pátio interno, como um claustro, tendo em seu ponto central o mastro da bandeira brasileira. Posteriormente foram acrescentados dois anexos - o jardim de infância e o auditório.

Deu-se uma ruptura em relação aos estilos europeus até então dominantes na arquitetura das escolas públicas do Rio de Janeiro. Em todas elas se manifesta maior racionalidade na organização dos espaços internos, [...]. Apresentam programas mais extensos nos quais, além das salas de aula comuns existiam pavilhão de ginástica, biblioteca, sala de projeções e museu, gabinete médico, oficinas, e também a preocupação com acústica, iluminação, ventilação adequadas e bom acabamento. A maioria foi implantada em centro de terreno e localizada em área carente (EHRlich, 2002, p. 8).



**Figura 9:** E.M. Estados Unidos (1930)  
Rua Itapiru, 453 - Catumbi  
Fonte: Ehrlich (2002)

### 2.1.2 Primeira fase do Modernismo (1930/1945)

Somente com a chamada Revolução de 1930, a educação finalmente surgiu como prioridade nacional (SCHWARTZMAN, 2005). O novo governo formou o primeiro Ministério da Educação e Cultura<sup>20</sup>, buscando a implantação de um sistema nacional de educação pública, sob a influência de todo aquele movimento de renovação da educação e do ensino, que, desde a década de 20, levava várias das unidades federadas a empreender reformas neste setor<sup>21</sup>.

---

idealização da arquitetura das chamadas Missões – misto de estabelecimentos religiosos e militares fundados pelos espanhóis no território que, após a guerra Hispano-americana de 1846-8, viria a fazer parte dos Estados Unidos, como estado da Califórnia (PINHEIRO, 1997, apud OLIVEIRA, p.25, 2008).

<sup>20</sup> No século XIX, a educação era responsabilidade do Ministério do Interior, ou do Império. No primeiro governo republicano houve, durante pouco tempo, o “Ministério da Instrução Pública, Serviço Postal e Telégrafos” (SCHWARTZMAN, 2005).

<sup>21</sup> A renovação vinha por conta dos novos métodos de ensino estabelecidos por Rosa Montessori, na Europa, e por John Dewey, nos Estados Unidos. Neles, foram abandonadas a submissão hierárquica do aluno ao professor e a educação repressiva. Isso significava uma liberdade de distribuição no interior da sala e uma estrutura dinâmica na organização das funções na escola, como representação da criatividade de docentes e estudantes (SEGRE, 2006).



As discussões pedagógicas animavam o setor cultural do país, sendo que, em 1932, o professor Fernando Azevedo, com a participação de outros 26 líderes do movimento de renovação educacional, entre os quais Anísio Teixeira, lança à nação o documento intitulado **Manifesto dos Pioneiros da Educação Nova**, cuja pregação básica é a consideração da educação - pública, gratuita, universal e laica - como direito de todos e dever do Estado.

Na gestão do prefeito Pedro Ernesto (1931-1935), o professor Anísio Teixeira assume o cargo de Diretor da Instrução Pública do Distrito Federal, encontrando um cenário pouco favorável à educação pública na capital do país.

Conforme descreve Dórea (2000), para Anísio Teixeira, o mal para o brasileiro era não apenas a falta de escolas, mas também a própria escola que existia. Considerava que mais grave do que a negligência em abrir escolas, era julgar que o programa escolar se limitasse à simples “alfabetização”. Para ele, a escola deveria ensinar a criança a “viver melhor”, proporcionando padrões mais razoáveis de vida familiar e social, promovendo o progresso individual e criando hábitos de leitura, estudo e meditação. Considerava ainda, que sem instalações adequadas não poderia haver trabalho educativo, e o prédio, base física e preliminar para qualquer programa educacional, tornava-se indispensável para a realização de todos os demais planos de ensino propriamente dito.

No Rio de Janeiro, como em todo o Brasil, a temática relacionada com as edificações escolares não havia sido antes objeto de soluções previamente planejadas e sistematicamente seguidas. Dórea (2000, p.153) cita relato do engenheiro-arquiteto Nereu de Sampaio, então chefe do Serviço de Prédios e Aparelhamentos Escolares (SPA), destacando que a administração anterior “chegou a esboçar um plano geral proibindo em lei a compra de propriedades particulares e fixando as dimensões mínimas dos terrenos a serem adquiridos”, deixando construídas algumas grandes escolas. “De resto, grande parte dos prédios escolares, existentes no Distrito Federal até o ano de 1932, não passava de escolas-pardieiros [...] que repeliam alunos e professores”.

Assim no decorrer do tempo, Anísio Teixeira desenvolve um **Plano Diretor das Edificações Escolares** que se inicia com a análise das edificações que existiam, quanto a aspectos diversos, como "custos de manutenção e reforma, áreas reservadas ao ensino e atividades complementares e conforto ambiental - iluminação, aeração e vizinhança" (SISSON, 1991, p.75). Em seguida estabeleceu uma classificação quanto às que devem ser conservadas, adaptadas, reformadas, ampliadas, reconstruídas ou condenadas “estas, podendo ser utilizadas para qualquer outra coisa, menos para escolas” (Teixeira, 1935:196

apud Dórea, 2000, p.154 ). Elabora-se, então, um plano de atuação para um período de 10 anos, incluindo a construção de 74 novos prédios<sup>22</sup>.

Seria necessário considerar a dificuldade em encontrar terrenos adequados em relação às dimensões e à localização, o enriquecimento do programa arquitetônico em função do programa educacional e o atendimento às condições adequadas de conforto; tudo isto em busca do máximo de eficiência com baixos custos de construção.

Dessa forma, Anísio Teixeira concebe uma proposta inovadora: um “*sistema*” escolar que conciliava esses elementos e previa edificações de duas naturezas: as **escolas nucleares** (ou escolas-classe) e os **parques escolares**, devendo as crianças frequentar regularmente as duas instalações. Para isso, o sistema escolar deveria funcionar em dois turnos para cada criança. Em um turno a criança receberia, em prédio adequado e econômico (escola-classe), o ensino da Matemática, Línguas, Ciências, História e Geografia; e no outro turno, em um parque escolar aparelhado e desenvolvido, Educação Social, Educação Física, Educação Musical, Educação Sanitária, prática da leitura e assistência alimentar (EPF, 2014).

Com esse plano, esperava-se resolver os seguintes problemas (Teixeira, 1935 p. 200 apud Dórea, 2000, p. 154):

- **terrenos:** seriam necessários somente 25% de terrenos de grande área (10.000m<sup>2</sup> em média), uma vez que cada parque escolar serviria a quatro escolas-classe; e os demais terrenos poderiam ter uma área equivalente a um lote de casa particular (13 m x 40 m);
- **economia:** cada escola possuiria somente o que fosse estritamente indispensável para o ensino em classe, reduzindo os custos de construção;
- **programa:** nenhum dos objetivos da escola deixaria de ser atendido; a escola seria educativa, sem a diminuição das suas funções instrutivas;
- **localização:** as crianças teriam escolas mais próximas de casa, e os terrenos menores seriam mais fáceis de ser encontrados nos locais necessários;
- **prédio:** divididas as funções da escola entre o parque escolar e a escola-classe, tornava-se mais fácil atender às condições adequadas de instalação.

Para materializar esse ideário, o arquiteto-chefe do SPAE, Enéas Silva, projetou os seguintes modelos de edificações escolares: a “*Escola Tipo Mínimo*” (destinada a regiões de reduzida população escolar); a “*Escola Tipo Nuclear*” ou escola-classe (que deveria ser

---

<sup>22</sup> Importa destacar que o caráter democrático do ensino era associado à presença da luz, do ar, da natureza e das atividades esportivas. Surgiram as normas básicas distributivas - contidas no manual de Neufert - e as tipologias planimétricas, indo desde as escolas rurais até as urbanas. A estética racionalista das caixas brancas, o uso de novos materiais - aço e concreto armado -, valorização das funções e o relacionamento com o espaço verde estabeleceram os padrões formais das escolas na década de 1930, aplicados na Europa, nos Estados Unidos e na América Latina (SEGRE, 2006).

complementada com o parque escolar); e a “*Escola Platoon*”. Este último tipo, obedecendo organizacionalmente ao sistema “*Platoon*”, constituído de salas de aula comuns e salas especiais destinadas a auditório, música, recreação e jogos, leitura e literatura, ciências, desenho e artes industriais. O seu funcionamento dava-se pelo deslocamento dos alunos, através de “pelotões”, pelas diversas salas, conforme programação pré-estabelecida.



**Figura 10:** E.M. Portugal (1937) - fachada original  
Av. Do Exército, nº 175 – São Cristóvão  
Tipo Nuclear 12 classes  
Fonte: PCRJ (apud Fernandes, 2006)



**Figura 11:** E.M. República Argentina (1935) –  
fachada original –  
Boulevard Vinte e Oito de Setembro, 125 - Vila Isabel  
Tipo “Platoon” 25 classes  
Fonte: PCRJ (apud Fernandes, 2006)

Como explica o próprio Enéas Silva em artigo publicado pela Revista da Diretoria de Engenharia do Distrito Federal em maio de 1935 (SILVA, 1935 apud FERNANDES, 2006), os parques escolares ou escolas-parque que funcionariam como polo de atendimento a vários bairros, apresentavam programa arquitetônico mais complexo: direção geral, serviço médico, ambiente destinado a cadastro e controle da educação física, auditório com palco, ginásio, banheiros e vestiários, refeitórios e anexos (copa, cozinha e serviços), sala de música, jardim de infância, biblioteca, salas para clubes escolares, sala de projeção, terraço-jardim, estádio para concentração e pista de corrida, campos para voleibol, equipamento completo para ginástica e playground.



**Figura 12:** Escola Parque – Perspectiva feita por Enéas Silva  
Fonte: Silva (1935 apud Fernandes, 2006)

Um único exemplar da escola-parque chegou a entrar em construção, mas seu funcionamento como tal nunca se efetivou. A escola foi inaugurada em 1936 (RODRIGUES,

2013 e EHRLICH, 2002), estando já Anísio Teixeira afastado do cargo, totalmente descaracterizada e incompleta, com o nome de Escola Municipal Dom Aquino Correia, na Praça Cardeal Arcoverde em Copacabana.

Assim, as escolas nucleares construídas dentro dessa nova proposta, sempre funcionaram nos antigos moldes, impossibilitando o horário integral aos seus alunos. A proposta de educação integral idealizada por Anísio Teixeira para o Rio de Janeiro, na prática, não se efetivou<sup>23</sup>.

No partido adotado para essas edificações prevalecem combinações de sólidos geométricos elementares desprovidos de ornamentações e rebuscamentos. Pode-se ainda destacar o cuidadoso tratamento dado ao conforto ambiental.

[...] no tipo Nuclear de 12 classes, construído à rua Ipanema, em Copacabana, todas as salas de classe tem a mesma orientação para sudeste e são dotadas de sistema capaz de garantir ampla ventilação natural e iluminação natural. [...] paredes divisórias e externas de alvenaria, de tijolos alveolares para isolamento térmico e acústico; [...] cobertura impermeabiliza da pelo sistema membrana (two-play) com isolamento térmico conseguido por uma camada de 15cm, convenientemente preparada e revestida de grama fina formando a grande terrasse - jardim para exercícios físicos ao ar livre. [...] Todas as esquadrias externas de ferro perfilado, tendo as janelas em caixilhos basculantes comandados por alavancas de metal e dispositivo de graduação, permitindo abertura das básculas em plano horizontal para completa ventilação; todas as portas externas de ferro, pantográficas de embutir, para perfeita circulação e ventilação nas galerias e hall; vidros brancos, foscos nas salas de aula para luz difusa nestes ambientes e liso em todas as demais (SILVA, 1935, p.359 apud FERNANDES, 2006, p.74).

A inovação na construção das escolas de Anísio Teixeira vai além da arquitetura dos prédios em si. O plano urbanístico recém-elaborado para a cidade, por Alfred Agache, orientou a distribuição de vários prédios escolares de forma a atender às possibilidades de uma demanda populacional e consonante com facilidades de transporte, baseando-se em "critérios quantitativos e estudos intersetoriais" (SISSON,1990, p.76).

Ao final de 1935, época da demissão de Anísio Teixeira da então Secretaria de Educação, o Rio de Janeiro contava com 25 novos prédios escolares construídos em conformidade com o plano diretor, segundo os tipos arquitetônicos adotados. Embora a constituição de 1934 tivesse definido avanços significativos no desenvolvimento educacional incorporando-os aos planos de expansão da rede escolar da década precedente, o autoritarismo instalado no período do Estado Novo (1937-1945), rompeu com o ímpeto modernizador e idealista implementado por Anísio Teixeira.

---

<sup>23</sup> Posteriormente, Anísio Teixeira retomou a proposta da escola-parque no estado da Bahia e conseguiu construir, na década de 1950, um único complexo escolar – o Centro Educacional Carneiro Ribeiro – que funcionou dentro desta concepção durante anos (MENEZES, 2000).

A maior parte das edificações escolares construídas após retomaram características arquitetônicas tradicionais (neocolonial) combinadas com elementos construtivos modernos. A E.M. Barão de Itacurussá (Figura 13) é representante deste período, sendo que o terreno em que foi construída foi doado pelo Barão de Itacurussá à Prefeitura do Distrito Federal, com o objetivo de se construir um grande prédio escolar, com extensa área destinada a recreação, ginástica e jogos ao ar livre. Até 1965 a escola funcionou de acordo com o objetivo original. Porém, neste ano, na área destinada à recreação, ginástica e jogos ao ar livre, foi inaugurada outra escola: a E.M. Almirante Barroso (EPF, 2014).



**Figura 13:** E.M. Barão de Itacurussá (1942)  
Rua Andrade Neves, 481 – Tijuca  
Fonte: <http://epf.rioeduca.net>

### **2.1.3 Segunda fase do Modernismo (1945/1960)**

No regime democrático que se instalou após a queda do Estado Novo (1945), a valorização da função socializadora da escola esteve em pauta mais uma vez. Visando atender às necessidades de uma sociedade urbano-industrial que crescia no pós-guerra, o sistema educacional brasileiro passou por mudanças significativas com expansão do ensino primário e superior. “Muito do idealismo da fase anterior foi retomado e consubstanciado no Projeto de Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional que foi enviado ao Congresso em 1948 e, após difícil trajetória, foi finalmente aprovado em 1961 (Lei nº 4.024)” (EHRlich, 2002).

As propostas para uma nova escola voltaram a ser discutidas. Tomando-se como parâmetros modelos pedagógicos e experiências europeias e retomando alguns conceitos já introduzidos nas escolas da década de 1930: a criança como referencial central de todas as reflexões e a educação entendida de forma mais abrangente, com a incorporação das atividades complementares à educação formal, também fundamentais para a formação do indivíduo.

Em um contexto caracterizado pela intensificação do processo de industrialização, surgimento de fábricas, aumento do fluxo migratório e uma expansão desordenada da

cidade; o problema de habitação se torna cada vez mais grave e as favelas se proliferam no Rio de Janeiro.

Assim, nas décadas de 1940 e 1950 a Prefeitura intensifica o programa de erradicação de favelas construindo diversos conjuntos habitacionais em diferentes escalas e tipologias. O Conjunto Residencial Prefeito Mendes de Moraes, projetado pelo arquiteto Affonso Eduardo Reidy, simboliza este período como uma resposta de boa qualidade ao grande déficit de habitação e representa um dos momentos mais importantes do urbanismo e da arquitetura moderna brasileira.

Renovando o conceito de “morar”, o conjunto integra as unidades residenciais aos serviços e aos espaços destinados à vida comunitária. A edificação escolar, E.M. Edmundo Bittencourt (Figura 14), ocupa posição de destaque na composição, o que se caracteriza tanto por sua localização central quanto por sua riqueza projetual em termos plásticos, construtivos, funcionais e pedagógicos.



**Figura 14:** E.M. Edmundo Bittencourt (1952)  
Rua Lopes Trovão, 287 – São Cristóvão  
Fonte: <http://nossarquitetura.blogspot.com.br>

O edifício escolar se adéqua à escala da criança, é resultado de um trabalho cuidadoso no que se refere a conforto térmico e iluminação natural, além de se integrar à natureza. “As cinco amplas salas de aula com capacidade para 40 alunos, dispostas ao longo do comprimento, têm uma varanda como prolongamento das mesmas e suas portas-janelas de vidro permitem a integração com o exterior” (EHRlich, 2002). As formas arrojadas, o pavimento sobre pilotis<sup>24</sup> e o uso de materiais não tradicionais também são fatores de destaque, como elementos vazados de cerâmica (cobogós), *brise-soleils* e painéis artísticos utilizados de forma lúdica e inovadora.

<sup>24</sup> No Movimento Moderno, surgiram vários paradigmas que duram até hoje. A escola urbana de planta compacta horizontal sobre pilotis, com faixas de janelas envidraçadas horizontais, começou com o projeto de Hannes Meyer e Hans Wittwer para a Petersschule, em Basileia, Suíça (1926), seguida pela Altstetten, em Zurique (Suíça), de Alfred Roth (1932), e pela escola de André Lurçat em Villejuif (Paris, 1932). Um esquema vertical foi desenvolvido por Johannes Duiker em Amsterdã (1929): um volume quase cúbico de quatro andares, com áreas de recreio em cada pavimento e uma circulação central. Esses modelos foram rapidamente assimilados na América Latina (SEGRE, 2006).

A E.M. Edmundo Bittencourt, um marco na arquitetura escolar brasileira, representa experiência única. No entanto, os elementos da arquitetura moderna, nela tão bem concretizados, estiveram presentes na maioria dos projetos escolares que se seguiram na década de 1950 na cidade do Rio de Janeiro, resultando em interessantes soluções plásticas, espaciais e de conforto ambiental. Em várias destas escolas, como E.M. Anita Garibaldi, E.M. Grécia, E.M. Orsina da Fonseca e E.M. Tamandaré, percebe-se que também houve a busca pela criação de um espaço mais integrador e lúdico, em edificações com organização espacial pautada em um programa arquitetônico amplo, localizadas em centros de bairro e em grandes terrenos.

#### **2.1.4 A propagação do projeto padronizado (1960/1983)**

Em 1960, com a transferência da capital do país para Brasília, o Rio de Janeiro transforma-se em estado da Guanabara. Nessa época, conforme descreve Ehrlich (2002), o espaço urbano já refletia o problema crônico da segregação dos diferentes segmentos sociais, o que se agravou com a elevação do índice de inflação, uma das conseqüências da ideologia desenvolvimentista de Juscelino Kubitschek (1956-61) e com a estagnação do crescimento econômico do país. Com isto, o solo urbano valorizou-se afetando o processo de expansão física da cidade e levando à crise o problema habitacional, principalmente para a população de baixa renda.

O primeiro governador do novo estado, Carlos Lacerda (1961-1965) obteve nos Estados Unidos, além de empréstimos, apoio político e técnico que possibilitaram a realização de amplas e profundas reformas urbanas e de serviços públicos, inclusive a reestruturação e expansão do ensino básico com a construção de 242 escolas primárias públicas municipais para suprir vagas para 102.000 crianças, com idade entre 8 e 14 anos, que estavam fora da escola. Inicia-se assim, mais uma fase de modernização da política de escolarização na cidade-estado. (RODRIGUES, 1997).

A orientação pedagógica era padronizar o projeto da edificação pelo número de salas (múltiplos de cinco que correspondessem às cinco séries do ensino primário e aos cinco dias da semana) com funções genéricas de estudo e idênticas, e prever a implantação do prédio escolar em qualquer terreno disponível pois, com a ocupação desordenada do solo urbano, o impacto de uma densidade tão grande e inesperada e o desprezo, por parte do poder público em relação ao equipamento urbano, não havia alternativas, naquele momento, de implantação das escolas de forma eficiente e em tão curto prazo (EHRlich, 2002, p. 16).

Mais uma vez, a pretensão curricular era oferecer um ensino para o desenvolvimento das habilidades básicas de ler, escrever e fazer as quatro operações, em turnos de quatro horas. Assim, foram construídas escolas compactas, com programas reduzidos, onde áreas

já reconhecidas pedagogicamente como de grande importância para o pleno desenvolvimento da criança, como o pátio livre para atividades esportivas e recreativas, biblioteca e laboratório, foram excluídas. Ocorre um grande retrocesso no que se refere à qualidade de nossas edificações escolares públicas.

Além de reformar e ampliar as escolas existentes, Francisco Bologna, então diretor do Departamento de Prédios e Aparelhamento Escolar (DPAE), projetou cinco tipos diferentes de prédios<sup>25</sup> “*que se adaptassem facilmente a qualquer terreno e tivessem baixo custo*”. Conforme analisa Azevedo (1995), o vocabulário arquitetônico das construções revelava alguma interação com as condições ambientais - como o uso de telha cerâmica na cobertura, onde se empregavam grandes beirais de telhado para proteção contra chuvas e sombreamento das fachadas; ou "numa interpretação mais criativa do partido, a construção recebe telhado em *shed*, proporcionando boa aeração às salas de aula e aspecto movimentado à fachada" (XAVIER et al., 1991, p.118 apud AZEVEDO, 1995).

No entanto, somente um desses projetos foi tomado como padrão, o da E.M. Joaquim Abílio Borges (Figura 15), por apresentar solução mais afinada com os objetivos da política educacional daquele momento. Quanto aos quatro projetos restantes, foi construída apenas uma unidade de cada.

O importante era atender à demanda com rapidez e baixo custo, para isto adotaram-se projetos padronizados e sistemas pré-fabricados. O método construtivo levou a uma linguagem arquitetônica que mistura elementos tradicionais e contemporâneos: telhado cerâmico e beiral com encaibramento duplo (exceto na E.M. Adolpho Bloch), concreto e tijolo aparentes, cobogós, brises de madeira, pés-direitos altos e ventilações cruzadas. A construção seriada com materiais de baixo custo, manutenção simples e à prova de vandalismo, foi coerente com o programa educacional de grande escala. Houve ainda a introdução do pátio coberto que funcionava como refeitório e área de recreação.

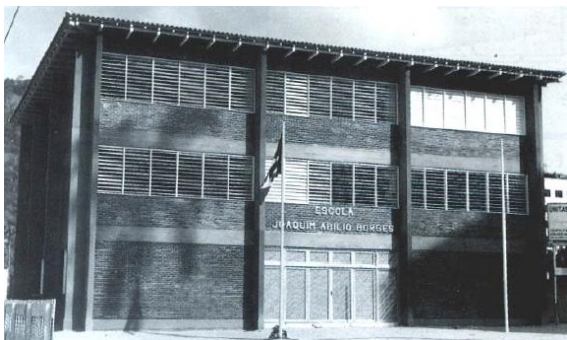
Entre 1962 e 1965 também foi desenvolvido pelo arquiteto Rostham de Farias, ainda pertencente à equipe técnica do DPAE, um conjunto de projetos padrão denominado “Econômico”. Os projetos tinham como diretrizes certos elementos construtivos e soluções espaciais, além do mesmo programa arquitetônico mínimo do padrão Joaquim Abílio Borges, podendo ser: de pavimento único e cobertura em *shed*; ou de 2 pavimentos com cobertura em uma água (Figura 16). Sendo que este último foi o mais repetido, por possibilitar a implantação em terrenos com áreas muito reduzidas.

---

<sup>25</sup> As escolas construídas, segundo estes projetos, foram: E.M. Joseph Bloch, E.M. Roma, Escola Inácio do Azevedo Amaral, E.M. Cícero Penna e E.M. Joaquim Abílio Borges.



O projeto ainda adota elementos já experimentados com sucesso nas construções modernas dos anos 1940 e 1950 quanto à forma e ao conforto ambiental. Foram utilizados cobogós nas circulações e aberturas superiores nas salas de aula, favorecendo a ventilação cruzada. No lugar de janelas convencionais há brises de madeira, como nas escolas do Bologna, na tentativa de amenizar problemas de insolação, manutenção, segurança e vandalismo.



**Figura 15:** E.M. Joaquim Abílio Borges (1964)  
Rua Humaitá, 19 - Humaitá  
Tipo Bologna - Fonte: Ehrlich (2002)



**Figura 16:** E.M. Pintor Lazar Segal (1963)  
Praça Estado de Israel, s/nº - Realengo  
Tipo Econômico 2P/5S/63 - Fonte: Ehrlich (2002)

No final da década, já sob nova administração, foram criadas variações do tipo Joaquim Abílio Borges, porém com solução muito inferior à da proposta por Bologna. São os chamados “Caixotes” com 3 ou com 4 pavimentos (Figura 17).

Cabe destacar que o novo regime autoritário, implantado pela Revolução de 1964, acentuou ainda mais a ação discriminatória sobre o espaço urbano, priorizando as áreas mais ricas das cidades. Na Guanabara, esta prática se demonstra pelo favoritismo dedicado ao centro e à zona sul. No aspecto educacional, as necessidades das camadas populares são vistas de forma reducionista, viabilizando-se a equação demanda-oferta num modelo de 35 alunos/classe em três turnos. A padronização das soluções arquitetônicas e seus componentes é praticamente absoluta. Além do que, na falta de terrenos disponíveis, escolas são implantadas em praças e áreas verdes da cidade ou ocupando áreas livres de unidades escolares já existentes.

Em paralelo e visando ao programa de reestruturação e expansão do ensino básico do Governo Estadual, a Fundação Otávio Mangabeira (FOM)<sup>26</sup> construíram-se 42 unidades escolares, que ficaram conhecidas como Escolas “FOM”, seguindo duas linhas de projeto, com técnicas construtivas diferentes: o sistema convencional e o sistema pré-fabricado.

<sup>26</sup> Fundada na gestão do Governador Carlos Lacerda, a Fundação Otávio Mangabeira tinha como objetivo viabilizar obras sociais através do patrocínio conseguido junto à iniciativa privada.

Esse último, largamente empregado, compreende uma estrutura de aço, colunas revestidas em alumínio anodizado, painéis de vedação em fibrocimento com miolo em poliestireno, forro de madeira e cobertura metálica (Figura 18). Apesar da ventilação cruzada no interior das salas de aula, a cobertura metálica simples (sem isolamento) somada à inexistência de laje de cobertura, causam “a sensação de desconforto térmico, tanto no frio como no calor” conforme constatação de Ehrlich (2002).

As escolas “FOM” foram construídas em caráter temporário, visando à economia de execução, à versatilidade da implantação em diversos tipos de terreno e à rapidez na construção. Uma escola era construída no tempo recorde de 14 dias, para durar cinco anos. Apesar do tempo decorrido e das gradativas substituições, a rede municipal ainda conta com 35 unidades neste modelo<sup>27</sup> (EPF, 2014).



**Figura 17:** E.M. Lima Barreto (1969)  
Rua Olavo Souza Aguiar, s/nº - Magalhães Bastos  
Tipo “Caixote” - Fonte: Ehrlich (2002)



**Figura 18:** E. M. Alípio Miranda Ribeiro (1962)  
Rua Agenor Porto, S/Nº - Coelho Neto  
Escola Tipo “FOM” - Fonte: <http://epf.rioeduca.net>

Com a Lei 5.692, de 11 de agosto de 1971, que fixa as Diretrizes e Bases para o Ensino de primeiro e segundo graus, ficam estabelecidos oito anos de escolaridade obrigatória e gratuita para o ensino de primeiro grau, e três anos de escolaridade para o ensino de segundo grau. A mudança pedagógica decorrente traz como consequência uma nova interpretação física e espacial dos prédios e da rede de prédios escolares.

Vinculado ao Programa de Expansão e Melhoria do Ensino (PREMEN), através da iniciativa do MEC, é criado o CEBRACE (Centro Brasileiro de Construções e Equipamentos Escolares) que, em sua publicação intitulada *Critérios para Elaboração, Aprovação e Avaliação de Projetos de Construções Escolares*, e que pretende oferecer:

[...] aos projetistas e aos organismos federais, estaduais, municipais e particulares que se incumbem da elaboração, avaliação ou aprovação de projetos, [...] um modelo que possa contribuir, se não para a padronização de critérios, pelo menos para a caracterização dos principais aspectos a

---

<sup>27</sup> Vale registrar os problemas enfrentados nessas escolas em decorrência da movimentação dos elementos construtivos, causando a queda de placas do forro e conseqüente perigo aos usuários; além da preocupante presença do amianto nos painéis de vedação (PAES, 2008).

serem considerados na elaboração, avaliação e aprovação dos projetos (BRASIL, 1976, p.5).

As recomendações do CEBRACE incluem o conforto ambiental como requisito de projeto a ser alcançado através de aspectos tais como condições favoráveis de ventilação, sombreamento, iluminação e acústica. Mas estas recomendações apresentavam-se num âmbito geral, sem uma investigação aprofundada em cada questão e sem a formalização efetiva de critérios. Cabe registrar que a publicação dedica atenção à implantação da edificação escolar no terreno sem, contudo, definir critérios para a seleção deste terreno.

### **2.1.5 Algumas escolas construídas pelo governo do estado do Rio de Janeiro (1983/2001)**

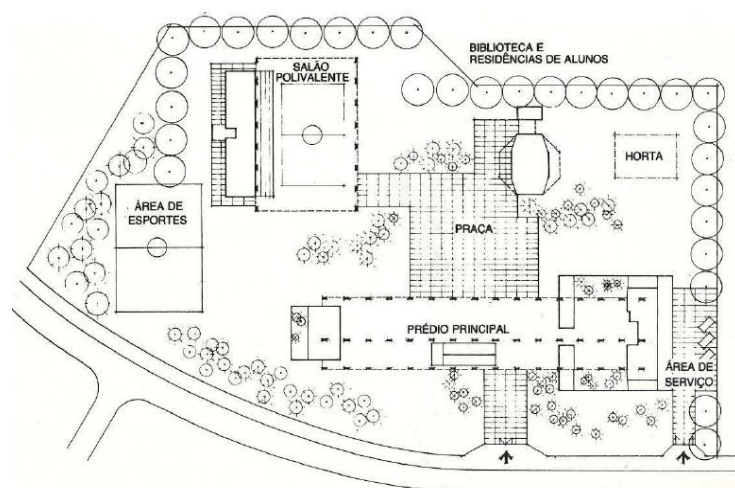
Na década de 1980, período de abertura política no país, começam a ser rediscutidas as questões sociais e dentre elas a educação pública. No estado do Rio de Janeiro, ao qual a cidade do Rio de Janeiro já pertencia desde a fusão de estados (Guanabara e Rio de Janeiro) em 1975. Com o objetivo de expandir a rede pública, é então implementado o Programa Especial de Educação, dividindo-se em duas frentes: os CIEP - Centros Integrados de Educação Pública e a Fábrica de Escolas. Posteriormente tais escolas construídas na cidade do Rio de Janeiro foram transferidas para a rede municipal.

A construção dos CIEP se deu por todo o estado durante o governo de Leonel Brizola, totalizando 506 unidades e constituindo verdadeiro marco simbólico da política educacional de seu governo. O modelo foi idealizado pelo antropólogo e educador Darcy Ribeiro e nada trazia de novo em termos de proposta educacional, segundo suas próprias palavras, pois representava apenas ideias que eram “defendidas há cinquenta anos pelos melhores educadores brasileiros” (RIBEIRO, 1994 apud CASTRO, 2009). Seguiam-se os preceitos das escolas de Anísio Teixeira, desta vez com um caráter industrial, permitindo sua replicação e implantação por todo o estado do Rio de Janeiro em um relativamente curto espaço de tempo.

A proposta tinha como meta a educação integral, agregando ao currículo regular atividades físicas, culturais e de estudo dirigido. Além disso, ofereceria aos mil alunos previstos por unidade, refeições completas e atendimento médico e odontológico. Também era objetivo do projeto atender a crianças carentes, tirando-as das ruas e lhes oferecendo moradia e “pais sociais”, funcionários públicos que ali também residiriam.

O projeto arquitetônico, de Oscar Niemeyer, é padronizado e utiliza peças moduladas e pré-fabricadas, facilitando sua produção em série. A composição é feita por três prédios

distintos, dispostos de forma diversificada em sua implantação, sendo estes um bloco principal de três pavimentos, um ginásio e uma biblioteca.



**Figura 19:** Concepção Original de Implantação do CIEP (típica)  
Fonte: Castro (2009)

Os CIEP foram inseridos das mais diversas formas no tecido urbano das cidades, podendo-se perceber a preferência clara por pontos estratégicos que permitissem grande visibilidade, e por amplos terrenos ou quadras inteiras que comportassem o grandioso conjunto da forma como ele foi idealizado, sem maior compromisso com a qualidade ambiental. O projeto podia ser implantado na forma completa, apresentando os três elementos arquitetônicos de sua composição, ou na forma compacta, onde a quadra era acomodada na cobertura do prédio principal.



(a) Na forma completa

(b) Na forma compacta

**Figura 20:** CIEP – Centro Integrado de Educação Pública

Fonte: <http://www.rioeduca.net>

Assim,

[...] o caso dos CIEP evidencia a fragilidade da utilização de projetos-padrão, sendo adotado sem uma análise aprofundada a respeito das especificidades climáticas e socioculturais de cada região, apresentando muitas vezes, dificuldades de implantação e o comprometimento da qualidade ambiental (AZEVEDO, 2008, p. 11).

Em consulta aos usuários de CIEP, durante pesquisa de mestrado realizada pela autora (PAES, 2008), foram registradas diversas queixas quanto ao desconforto térmico, lumínico e acústico deste modelo arquitetônico.

Buscando a redução de alguns desses problemas, foi elaborado o Projeto de Modernização dos CIEP, sob a supervisão do autor do projeto original – Oscar Niemeyer. As melhorias<sup>28</sup> consistem em: instalação de forro acústico em todo o teto das circulações e de algumas placas deste forro no teto do interior das salas de aula; elevação das paredes divisórias entre as salas e a circulação até certo nível, conjuntamente com a instalação de atenuadores acústicos sobre estas paredes. Sempre que um CIEP precisa de reforma, tais melhorias são aplicadas<sup>29</sup>.

Em paralelo à idealização e à construção dos CIEP, e na tentativa de atender com rapidez a uma demanda crescente, o Programa Especial de Educação também expandia a rede pública através da Fábrica de Escolas construindo as Escolas Isoladas (nomenclatura utilizada na época) e moduladas, de autoria do arquiteto João Filgueiras Lima, conhecido como Lelé. Foram construídas, em caráter provisório, 200 unidades distribuídas pelo estado do Rio de Janeiro (SILVEIRA, 2001). Atualmente, estes prédios se encontram em processo de substituição gradativa.

O projeto das “Escolas do Lelé” (como ficaram conhecidas) havia sido desenvolvido para implantação de escolas transitórias rurais em Abadiânia-GO, o que caracteriza condições bastante diversas às encontradas na cidade do Rio de Janeiro. O prédio foi concebido em pré-moldados de argamassa armada, procurava racionalizar a construção e atender a demanda com flexibilidade espacial, rapidez e baixo custo. Previa-se também a utilização de mão de obra local, já que a especialização técnica era necessária apenas no processo de fabricação dos componentes.

Em sua pesquisa, Azevedo (1995) analisa um destacado exemplo construído nesse modelo, em amplo terreno no Centro da cidade do Rio de Janeiro: a E.M. Tia Ciata (Figura 21) que posteriormente veio a ter seu prédio substituído (figura 23).

Ainda a autora tece uma série de comentários relacionados com o desconforto ambiental experimentado pelos usuários da instituição, incluindo os problemas gerados por uma implantação inadequada, que não privilegiava a ação dos ventos dominantes. Esta implantação ainda resultava em orientação solar insatisfatória, sendo que os beirais, apesar

---

<sup>28</sup> O projeto também previa a substituição das esquadrias e a inclusão de elementos sombreadores nas fachadas. No entanto, tais melhorias não chegaram a ser aplicadas por força do tombamento dos CIEP para fins de preservação histórica e urbanística - Lei Municipal N° 5.183/2010.

<sup>29</sup> Informação proveniente de entrevistas realizadas, em janeiro de 2015, com profissionais da RioUrbe.

de generosos, não foram suficientes para proteger as esquadrias das salas de aula e de trabalho, todas voltadas para Leste e Oeste.

Positivamente, houve a clara intenção de integrar ambientes interno e externo, onde as portas pivotantes das salas de aulas se abriam para a área verde, que incluía um jardim central, inúmeras árvores e horta, intercalada por caminhos destinados a pedestres.

Também cabe citar um modelo desenvolvido entre as duas gestões de Leonel Brizola, no governo Moreira Franco (1987 a 1991) - as Escolas Convencionais Moduladas - com projeto dos arquitetos Francisco Amaral e Ronaldo Lisboa (EMOP - Empresa de Obras Públicas do Estado do Rio de Janeiro). Apesar de estas construções continuarem no âmbito do governo estadual, é de interesse da pesquisa examiná-las por identificar neste projeto características interessantes.

O partido arquitetônico do projeto baseia-se em um módulo padrão de 16 x 16 metros, desenvolvido a partir das dimensões definidas para as salas de aula. A partir deste módulo, a subdivisão interna compõe tanto variações destas salas (dois tamanhos) quanto os demais ambientes escolares. O número de repetições do módulo, assim como a organização dos mesmos, se dá conforme a necessidade.

Azevedo (1995) e Masi (1996) analisaram uma escola construída segundo este modelo – Escola Estadual Albert Sabin (Figura 22) - chegando a instigantes conclusões. Azevedo (1995) observa que esta solução constitui obra aberta, flexível, admitindo ampliações futuras e adaptação em terrenos diversos, utilizando a padronização de componentes de forma a racionalizar a construção.

[...] a utilização de construções modulares, com partido arquitetônico padronizado - ao invés de projeto padronizado - possibilitam variações da temática, apresentando flexibilidade de adaptação às diversas situações do sítio (AZEVEDO, p.156, 1995).

O projeto inclui uma série de elementos destinados à promoção do conforto térmico e lumínico como cobogós; cobertura em telhas cerâmicas; corredores largos, ventilados e com iluminação zenital; peitoris ventilados; lanternins; janelas recuadas da fachada e beirais generosos. Além disto, continha a especificação de brises nas janelas, o que foi abandonado em função dos custos. Apesar destes esforços, as autoras citadas indicaram que o resultado geral não é satisfatório no que se refere a conforto ambiental, atribuindo os resultados negativos principalmente à falta de estudos específicos (como dimensionamento dos lanternins e dimensionamento e localização das aberturas) e à alteração sofrida pela implantação durante a construção (à revelia dos autores do projeto).





**Figura 21:** E.M. Tia Clata - edificação original (1989)  
Av. Presidente Vargas s/nº, Centro  
Fonte: Azevedo (1995)



**Figura 22:** Escola Estadual Albert Sabin (1993)  
Rua Tenente Ronaldo Santoro, Campo Grande  
Fonte: Masi (1996)

### 2.1.6 Escola Padrão (2001/2010)

No ano de 2001, foi iniciado um novo projeto padronizado de edificação escolar destinado ao ensino fundamental público na cidade do Rio de Janeiro – a Escola Padrão - de autoria da arquiteta Teresa Rosolem de Vassimon e desenvolvido pela Empresa Municipal de Urbanização – RioUrbe. A construção destas novas unidades buscou ampliar o número de vagas disponíveis, tendo em vista a eliminação do sistema escolar em três turnos, e atender ao novo programa educacional com a inserção de laboratório de informática, auditório, sala de leitura, sala de artes, quadra de esportes coberta, e aumento e reformulação das áreas da cozinha e da área de serviço, além do atendimento às normas de acessibilidade para portadores de necessidades especiais.

Conforme esclarece Vassimon (2011), frente à demanda por novas salas e à disponibilidade de terrenos próprios (municipais), foram definidas três tipologias de edificação, com variações internas e externas, conforme necessidades específicas do local de implantação. A verticalização da solução arquitetônica pretendeu viabilizar a utilização de terrenos com área plana mínima de 2.000m<sup>2</sup> e a criação de áreas livres destinadas a atividades orientadas e de lazer.

Em pesquisa anterior, a presente autora (PAES, 2008) examinou uma escola (re) construída segundo esse projeto - E. M. Tia Ciata (Figura 23) – ficando notório o salto de qualidade ocorrido ao compará-la àquelas construídas pela prefeitura nas décadas anteriores. Inclusive em relação ao conforto ambiental, citando-se diversas estratégias positivas agora adotadas.

Ressalvas feitas ao recorrente problema das precárias condições acústicas nas salas de aula e à iluminação zenital padronizada para o refeitório, que não funcionou a contento

naquelas condições de implantação, trazendo aquecimento excessivo para o ambiente. Constatou-se ainda que uma orientação extremamente desfavorável deixou as janelas das salas de aula e de trabalho a mercê da radiação solar, demonstrando que os critérios determinantes para a solução de implantação adotada foram outros. Em acréscimo, as janelas das salas de aula não foram contempladas com os *brises* previstos em projeto, por razões orçamentárias.



**Figura 23:** E.M. Tia Ciata (2004)  
Av. Presidente Vargas s/nº, Centro  
Fonte: [www.rio.rj.gov.br/sme](http://www.rio.rj.gov.br/sme)

A situação é agravada pelo conflito entre as condições de conforto térmico e conforto acústico, que se estabelece através da ventilação cruzada, onde janelas altas internas trazem para o interior das salas de aula o ruído das circulações horizontal e vertical – todas também internas. Por outro lado, não há proteção acústica nas janelas externas, ainda que a região seja de grande movimentação de trânsito.

O momento atual será tratado no próximo capítulo.

## **2.2 Identificação de alguns problemas**

Ao longo da história da cidade do Rio de Janeiro, constata-se a evolução das edificações escolares públicas, assim como a alternância entre momentos favoráveis e desfavoráveis à educação. As escolas construídas até o final da década de 1950 são providas de espaços amplos mais confortáveis e adequados. Mas a medida em que uma maior faixa da população foi conquistando o direito à educação, os ambientes escolares passaram por um processo de simplificação do programa e redução dos espaços. Assim, os anos 1960 são marcados pela compactação das escolas e pela propagação do projeto padronizado, numa tentativa de suprir a imensa demanda com baixos custos, marcando retrocesso tanto no âmbito educacional quanto no arquitetônico. Os períodos que se



sucederam registram a busca pela retomada do processo de qualificação da edificação escolar, mas também registram a recorrência de uma série de problemas.

Relativamente aos aspectos de conforto enfocados na presente pesquisa, constata-se que em vários momentos as soluções arquitetônicas adotadas demonstram cuidados direcionados ao conforto térmico e visual, ainda que na elaboração de projetos padronizados (referimo-nos aqui ao projeto da edificação propriamente dita, fase anterior à implantação da mesma em qualquer terreno). No entanto, estes esforços nem sempre se reverteram em bons resultados.

Observa-se também que tem sido presente nestas relatadas iniciativas contemporâneas de projeto para edificações escolares no município do Rio, uma constante escassez de medidas direcionadas para propiciar o conforto acústico.<sup>30</sup>

Em relação ao conforto ambiental, o fraco desempenho de uma edificação geralmente se concretiza pela ineficiência de soluções adotadas, tais como especificação de materiais, volumetria e orientação da(s) edificação(ões), organização espacial, dimensionamento e localização das aberturas, tipologia das esquadrias, recursos de sombreamento, tratamento dado à área externa, entre outras. Não basta somente a intenção de produzir uma arquitetura alinhada aos princípios do bioclimatismo e de eficiência energética, com a mera especificação de elementos e materiais porventura adequados. Estes só funcionarão efetivamente se forem especificados, dimensionados e localizados adequadamente. Além disso, o desempenho do conjunto/sistema deverá ser analisado para que a estratégia bioclimática selecionada seja cumprida adequadamente pela edificação.

Por vezes, elementos previstos em projeto são eliminados na obra em função da redução de custos, como os brises para sombreamento nas janelas, por exemplo. Em outros casos, por saberem o quão esporádica é a manutenção, os projetistas nem chegam a adotar estratégias de projeto necessárias, procurando evitar materiais e sistemas – tais como forros acústicos – que, caso não sofram manutenção, poderão oferecer risco à segurança dos usuários.

A importância da integração de aspectos de qualidade ambiental na etapa de planejamento se confirma pela observação de uma série de restrições impostas ao projeto das escolas públicas cariocas. Tais restrições são de cunho político, econômico, organizacional, entre outros, contribuindo para o mau desempenho de nossas escolas.

---

<sup>30</sup> Sob esse aspecto e conforme descrito no Capítulo 3, identifica-se um avanço nas escolas atualmente em construção, cujo projeto inclui medidas voltadas para o conforto acústico.

Dessa forma, janelas são desprovidas de brises, salas de aula não recebem forro acústico, terrenos inadequados são utilizados, praças e áreas verdes são subtraídas, onde caberia uma unidade escolar são implantadas duas, e assim por diante. Sendo que todas estas decisões estão fora do alcance dos profissionais de concepção.

Considerando o foco desta pesquisa, a seguir examinaremos mais detidamente os pontos de maior interesse.

### **2.2.1 A padronização**

A prática da padronização é corrente na construção de escolas públicas cariocas – onde um mesmo projeto (chamado de padrão ou típico) é construído em diversos terrenos. Esta repetição gera uma responsabilidade ainda maior em relação à qualidade do projeto. No entanto, conforme descreve Azevedo (p.11, 2008), “É comum a adoção de soluções prontas ou partidos arquitetônicos e componentes construtivos padronizados, sem maior reflexão sobre o contexto físico-ambiental e sociocultural existente”.

De acordo com Rowe (1982), os estudos do processo criativo indicam pelo menos cinco tipos de heurística aplicados na solução de projetos arquitetônicos: (a) analogias antropométricas - baseiam-se no corpo humano e nos limites dimensionais; (b) analogias literais - uso de elementos da natureza como inspiração da forma; (c) relações ambientais - aplicação com maior rigor de princípios científicos ou empíricos da relação entre homem e ambiente, tais como clima da região, tecnologia e recursos disponíveis; (d) tipologias - aplicação do conhecimento de soluções anteriores a problemas relacionados, podendo-se dividir em modelos de tipos de construção, tipologias organizacionais e tipos de elementos ou protótipos; e (e) linguagens formais: estilos adotados por grupos ou escolas de projetistas.

Trapano e Bastos (2011) constatam que, na contemporaneidade, a concepção da forma arquitetônica apresenta-se para o arquiteto como um grande desafio, face ao compromisso necessário com a qualidade ambiental. Os autores destacam duas situações: (a) quando a forma é resultante de um processo de concepção, fundamentado nos requisitos de qualidade ambiental, (b) quando parte-se de uma forma já pré-determinada, mas os requisitos de qualidade ambiental se fazem presentes como orientadores no processo de concepção. Por fim, expressam a opinião de que a segunda condição seja a mais frequente, onde a forma pré-determinada, da qual parte o projeto, se baseia em referências arquitetônicas. A referência pode ser uma linguagem formal ou uma tipologia conhecida, que ao profissional, naquele momento, parece atender adequadamente às necessidades do projeto.

As referências arquitetônicas podem ser constituídas por padrões construtivos, organização espacial, formas, proporções, princípios compositivos ou mesmo por elementos arquitetônicos característicos, tais como esquadrias, dispositivos de sombreamento e de distribuição de luz, entre outros. A adoção de tais referências pode apresentar em alguns casos uma grande interferência nas questões de conforto ambiental.

Compreende-se que na concepção da edificação escolar pública da cidade do Rio de Janeiro, ainda que sejam reconhecidas linguagens formais, o que predomina é a referência tipológica. Reconhece-se, ainda que neste caso as relações ambientais - que deveriam representar requisito em qualquer processo criativo – estão frequentemente sendo relegadas a um segundo plano.

A inspiração em alguns modelos arquitetônicos preexistentes que já trazem em si problemas de qualidade ambiental, vem concorrer para consequências ainda piores quando a concepção é voltada para um projeto padrão. Visto que, tais problemas serão replicados e a solução original pode não se adaptar ao novo sítio em questão.

A tendência pela simplificação e padronização é consequência direta da era da industrialização visando a otimizar a produção. A utilização de projetos padronizados para a construção de escolas públicas tem sido uma prática comum desde a década de 30 quando foi iniciada a sistematização da produção da arquitetura escolar, no contexto do processo de modernização e reestruturação da sociedade brasileira (EHRlich, 2002).

A padronização apresenta vantagens inegáveis: redução de prazos, de custos e do insumo de recursos, além de melhor qualidade na execução, facilidade de gerenciamento e manutenção da rede edilícia. Por outro lado, caracteriza-se por grande fragilidade no que se refere à adequação do projeto a sítios diversos. Esta fragilidade é confirmada pelas dificuldades e incoerências na implantação das edificações, “onde as soluções são quase que independentes dos terrenos onde estão situadas” (AZEVEDO, p. 11, 2008). O que resulta em inadequações quanto à orientação, ao entorno, às peculiaridades do terreno e às características e necessidades dos usuários locais. Também é constatada a insuficiência de áreas externas livres e de tratamento paisagístico, entre outros problemas.

A racionalização construtiva tem papel fundamental na minimização das perdas e na qualidade dos serviços executados. O planejamento dimensional, através do dimensionamento padronizado e da utilização de elementos pré-fabricados é capaz de maximizar o potencial de racionalização embutido nos processos construtivos. Edificações padronizadas, como as escolas que geralmente se constroem no município, são bastante propícias a elementos produzidos em série. Contudo, a utilização de pré-moldados oriundos de linhas de produção criadas especificamente para o atendimento a estas construções é

preocupante. A continuidade desta produção fica totalmente a mercê de decisões não apenas técnico-administrativas, mas também políticas; o que pode tornar extremamente problemática a manutenção das unidades existentes. Citam-se como exemplos as “Escolas do Lelé”, (Figura 21, p.45) projeto concebido em pré-moldados de argamassa armada, e para o qual a reposição de painéis tornou-se inviável (PAES, 2008). Já a utilização de peças que se ajustem a padrões comerciais pode representar uma boa solução.

Outro resultado devido à prática da padronização é a vinculação da imagem da escola à administração responsável por sua construção, utilizando-se assim a arquitetura escolar como uma “marca de governo”. Desta forma, a cada administração (salvo louváveis exceções), programas são interrompidos e as experiências com resultados menos satisfatórios são abandonadas sem que haja oportunidade de aperfeiçoamento. Perde-se a continuidade do trabalho. Quanto às experiências satisfatórias, estas também são abandonadas, tudo em nome da quebra de vínculo com a gestão anterior.

Os dados históricos mostram repetidamente que, para inviabilizar a continuidade dos grupos no Poder, grupos antagônicos buscam negativizar a “marca” que parece garantir a adesão popular, por meio de críticas contundentes à arquitetura escolar, vinculando-a ainda mais à imagem da representação social de Escola. Os governos seguintes, [...] para desassociarem-se da “marca”, abandonam as políticas de expansão e, o que é mais grave, deixam de investir na manutenção dos prédios existentes, acelerando sua deterioração (MOUSSATCHE, ALVES-MAZZOTTI & MAZZOTTI, 2002, p. 151).

Cabe ressaltar que, conforme analisa Páscoa (2008), não é necessário padronizar um modelo e repeti-lo exaustivamente para que uma marca governamental se institua arquitetonicamente. O resultado também pode ser obtido através do estabelecimento de um padrão construtivo, com a vantagem de permitir certa liberdade na concepção de cada projeto.

As Escolas Convencionais Moduladas<sup>31</sup> construídas pelo governo estadual não chegam a representar um padrão construtivo, e sim um projeto padronizado de maior flexibilidade, visto que se puderam articular os blocos de acordo com o terreno. Contudo, o exemplo parece demonstrar que, se há alguma possibilidade de se conciliar padronização e implantações compatíveis com a qualidade ambiental, é através de uma destas duas vertentes.

---

<sup>31</sup> Mencionadas no item 2.1.5 deste capítulo.

## 2.2.2 A edificação e o terreno

Ainda que se utilizem modelos arquitetônicos com certa versatilidade quanto à organização espacial, os problemas de implantação frequentemente são graves, em função da necessidade de se adequar projetos pré-concebidos aos terrenos disponíveis.

Além do que, muitas vezes as condições oferecidas pelo terreno, tais como suas dimensões, localização ou condições de vizinhança, já deveriam inviabilizar sua utilização.

A falta de terrenos com dimensões adequadas disponíveis para a construção de escolas, entrave que Anísio Teixeira já procurava contornar na década de 1930, só vem se agravando. Certamente que, em outros momentos de nossa história, a situação se mostrou ainda mais crítica pela grande quantidade de unidades que se deveria construir em busca de sanar enormes déficits de vagas. No entanto, considerando a densa ocupação urbana e o constante crescimento da população em alguns bairros da cidade, o desafio continua se apresentando.

Ao longo dos anos pôde-se constatar uma série de soluções adotadas, emergenciais e/ou inadequadas, em busca de minimizar essa dificuldade, tais como:

- Implantação de escolas em praças públicas e parques, reduzindo áreas verdes e de lazer, já tão insuficientes na cidade;
- Utilização de áreas públicas ou de clubes de bairro para atividades físicas, estando sujeita a uma série de entraves como disponibilidade de funcionários para garantir a segurança das crianças em espaços públicos, condições climáticas e disponibilidade de horários na agenda do clube. Caso não seja adequadamente planejado o sistema certamente atenderá às necessidades de forma precária<sup>32</sup>;
- Em nome da obtenção de um maior número de vagas, a edificação escolar sofre ampliações, frequentes e excessivas, que descaracterizam completamente a implantação original, comprometendo profundamente o desempenho do conjunto.

Podemos citar como exemplo a E.M. Dilermando Cruz (Figura 24, p. 52), composta por um conjunto de edificações que foi sendo formado ao longo do tempo. A escola apresenta níveis diversificados de qualidade ambiental em suas instalações: os blocos anexos sofrem sérios problemas de conforto, já no prédio principal, os ambientes que não sofreram interferência das novas construções se apresentam agradáveis (PAES, 2008).

Tamanha ocupação chega a se apresentar através do compartilhamento do mesmo terreno por duas ou três unidades escolares. Esta foi uma solução muito comum na década de 1960 para atender rapidamente à demanda, reduzindo muito as áreas livres de cada unidade (EHLICH, 2002). Um exemplo ocorrido

---

<sup>32</sup> Diferentemente do que propõem programas como o **Mais Educação** (BRASIL, 2009), o **Bairro-Escola** (ASSOCIAÇÃO CIDADE ESCOLA APRENDIZ, 2015) e o **Cidade Educadora** (AICE, 2015) através da integração da escola e da comunidade de forma sistemática e organizada, transformando a cidade em um ambiente educador.

nesta época foi a construção da E.M. Almirante Barroso no terreno da E.M. Barão de Itacurussá (esta exibida na Figura 13, p.35). Por vezes a solução ainda é adotada, variando o grau de compartilhamento de espaços (chegando a não haver compartilhamento) e de comprometimento das atividades esportivas e de recreação.

Em ambas as situações, condições adequadas de ventilação e insolação raramente são atingidas, pois o novo bloco ou a nova unidade escolar simplesmente é “encaixado” no espaço que “estava sobrando”. Desta forma, fica praticamente inviável a implantação do novo elemento com orientação e distanciamento apropriados, inclusive comprometendo o conjunto já construído.



**Figura 24:** E.M. Dilermando Cruz (Bonsucesso)  
Fonte: *Google Earth* em 12/08/2014

- A verticalização da construção, chegando ao extremo de implantar a quadra esportiva na cobertura da edificação, como no caso dos CIEP construídos na forma compacta (ver Figura 20, p. 42), o que representa uma enorme adição de desconforto acústico às salas de aula localizadas no pavimento imediatamente inferior.

Os terrenos com excessivas dimensões também são problemáticos por outros aspectos: acarretam dificuldades na manutenção, dispersam as áreas de convívio e tornam mais difícil o controle disciplinar e de segurança dos alunos.

Em áreas urbanas estabelecidas, é fato a dificuldade da obtenção de terrenos adequados para a construção de escolas. No entanto, torna-se inevitável a comparação entre a pouca efetividade das ações governamentais em prol da obtenção destes terrenos, e os esforços orientados para a disponibilização de espaços públicos destinados a outras intervenções urbanas, como abertura de vias, por exemplo.

Por outro lado, as grandes intervenções urbanas representam excelentes oportunidades de destinar terrenos adequadamente, desde a fase inicial de projeto, para a

instalação de equipamentos urbanos prioritários, como é o caso das instituições educacionais públicas, e colocá-las na posição de destaque que lhes é de direito.

Uma oportunidade que se apresenta na atualidade é a Operação Urbana Consorciada da Região do Porto do Rio de Janeiro – o Porto Maravilha – que pretende requalificar a região portuária e reintegrá-la à cidade, transformando uma área de cinco milhões de metros quadrados e executando obras de infraestrutura e de prestação de serviços públicos. O processo de reurbanização prevê o aumento da população de 28 mil para 100 mil pessoas até 2020 (CDURP, 2014). A Lei Complementar nº 101/2009, que modifica o Plano Diretor da cidade e institui esta Operação, determina que dentre os princípios norteadores da intervenção esteja o atendimento econômico e social da população diretamente afetada pela Operação. Do conjunto de diretrizes constituídas pela Lei, damos destaque às seguintes: estimular o uso residencial e de atividades de ensino; promover a Habitação de Interesse Social e o atendimento à população residente em áreas objeto de desapropriação; e propiciar a criação de equipamentos públicos e áreas de lazer. No entanto, apesar do tanto que projeto e obras já avançaram, segundo informação da Secretaria Municipal de Educação<sup>33</sup>, ainda não há terrenos definidos para a implantação de unidades escolares.

Outra dificuldade que se coloca é a falta de conscientização de alguns profissionais atuantes na fase de construção quanto à importância da fidelidade ao projeto.

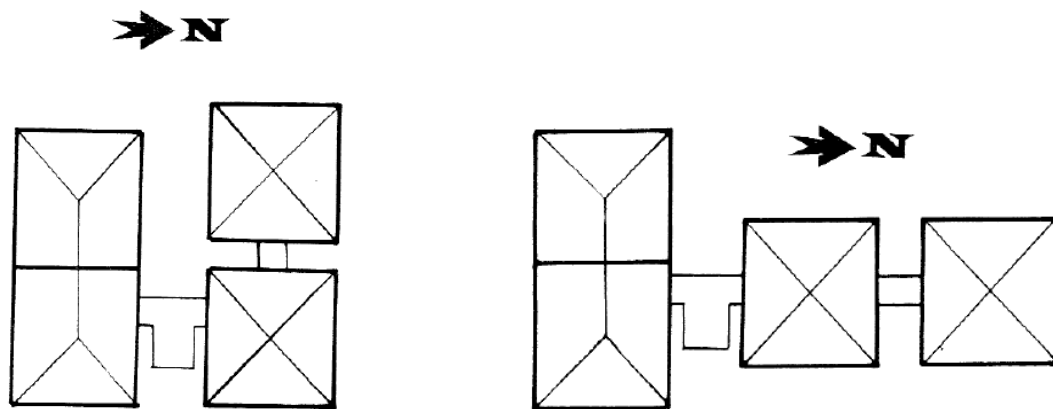
Por vezes, os responsáveis pela construção e pela fiscalização, em comum acordo, alteram algumas definições de projeto, inclusive de implantação. - frente a problemas que se apresentam no decorrer da construção ou, simplesmente, por julgarem outra solução mais adequada<sup>34</sup>. Aqui citamos o exemplo da Escola Estadual Albert Sabin (Figuras 22, p.45 e 25, p. 54) cuja implantação de projeto previa os três blocos com janelas orientadas para N-S, mas foi alterada na construção, privilegiando a acessibilidade pelas vias principais, em detrimento de uma orientação mais favorável (AZEVEDO, 1995 e MASI, 1996).

É fundamental que em caso de divergências ou problemas inesperados, na fase de execução, haja uma interação entre os projetistas e executores, pois esta é a melhor forma de se chegar às melhores soluções.

---

<sup>33</sup> Informação recebida de profissional da SME em outubro de 2014.

<sup>34</sup> Relato da autora a partir de sua experiência profissional.



(a) Orientação projetada

(b) Orientação construída

**Figura 25:** Escola Estadual Albert Sabin – Campo Grande  
Fonte: MASI (1996)

### 2.2.3 O ambiente externo

A insuficiência de área e/ou a morfologia inadequada do terreno são condições que contribuem para a precariedade da área livre. Muitas vezes os pátios descobertos são lineares e excessivamente estreitos, resumindo-se a corredores decorrentes de afastamentos e recuos. Também são comuns os espaços residuais, onde os recantos de terreno que “sobraram” após a implantação da edificação representam as únicas áreas que poderiam ser chamadas de pátio descoberto. Tais formas podem ser bastante limitantes na prática de uma série de atividades, principalmente nas desenvolvidas em grupo. Ainda há terrenos onde a topografia apresenta desníveis excessivos, oferecendo perigo às crianças e impossibilitando a acessibilidade universal.

A escassez de área costuma vir acompanhada pelo grande percentual de superfícies pavimentadas, geralmente em cimento ou em concreto. O excesso de pavimentação geralmente se dá pela necessidade de áreas revestidas para a realização de atividades e também mais tarde, na fase de ocupação, para evitar a poeira e facilitar a manutenção do espaço.

A precariedade de condições para o desenvolvimento das espécies vegetais é frequente. Ao procurar vencer as dificuldades topográficas, é comum que ocorra nos terrenos grande movimentação de terra (cortes e aterros), o que torna o solo superficial extremamente pobre e inadequado ao plantio. Também, é frequente que as especificações de projeto não sejam completamente atendidas, sendo plantadas espécies com desenvolvimento inferior ao especificado em covas com dimensões também inferiores ao especificado. A utilização intensa dos espaços (muitas vezes incluindo ações de



vandalismo) e a falta de manutenção são os condicionantes finais para que a maioria dos jardins nunca chegue realmente a se estabelecer.

Desse modo, a grama que geralmente reveste a maior parte das áreas não pavimentadas na entrega da obra, rapidamente é substituída pelo solo natural (nas áreas mais solicitadas) ou tomada por ervas daninhas (nos recantos menos utilizados).

As espécies arbóreas, apesar de mais resistentes, também apresentam dificuldades em se desenvolver sob condições tão adversas. Assim, há muitas mudas que não morrem, mas não chegam a se desenvolver suficientemente (ou levam um tempo muito maior) para oferecer sombra e frescor ao ambiente. Desse modo, é comum que em escolas construídas há várias décadas haja poucas árvores realmente estabelecidas, além daquelas que tenham sido preservadas apesar da construção.

Nesse contexto, a falta de sombreamento é frequente e os espaços externos deixam de oferecer as condições mínimas de conforto para sua utilização (Figura 26).



**Figura 26:** CIEP Yuri Gagarin- Bonsucesso (inaugurado em 1987)  
Fonte: *Google Earth* em 17/10/2015

A utilização inadequada das áreas abertas, tais como Recreio Coberto e Pátio Descoberto, também é vista com frequência. Uma situação recorrente tem sido a transformação destes espaços em estacionamento (Figura 27).



**Figura 27:** Pátio Descoberto sendo utilizado como Estacionamento  
Fonte: *Google Earth* em 17/10/2015

Com base no resumo histórico aqui apresentado, puderam-se identificar os principais problemas ocorridos, nas instituições escolares públicas cariocas, relacionados ao interesse desta pesquisa. Destacam-se: (1) as restrições de cunho político, econômico e organizacional impostas ao projeto; (2) a prática corrente da padronização das edificações; (3) as dificuldades de implantação dos projetos padronizados nos terrenos disponíveis; (4) a pouca importância dada ao ambiente externo.

O próximo capítulo enfoca o processo de projeto da edificação escolar e de que modo as questões ambientais, em especial as relacionadas à problemática estudada, se inserem neste processo.

## **CAPÍTULO 3 – O Projeto das Escolas e a Qualidade Ambiental**

As pesquisas sobre a qualidade do ambiente construído evidenciam a relação desta com a eficiência de uma série de atividades ao longo do ciclo de vida da edificação, que se inicia no planejamento, e segue pela concepção, construção, manutenção e o uso adequado (KOWALTOWSKI, 2011; MONTEIRO 2009; PAES, 2008; ZAMBRANO, 2008).

Assim, o presente capítulo tem como objetivo discutir a abrangência do processo de projeto da edificação escolar através dos seguintes enfoques:

- Apresentação das etapas desse processo e da forma como as questões ambientais, em especial as de interesse da pesquisa, nelas se inserem;
- Exame de alguns métodos de avaliação e de auxílio ao projeto da edificação escolar dedicados a múltiplos critérios. Busca-se identificar os aspectos, pertinentes à seleção do terreno e à implantação da edificação, que são destacados por tais instrumentos;
- Descrição da forma como o processo de projeto atualmente se desenvolve, em se tratando das escolas públicas cariocas e no tocante à problemática estudada.

A elaboração do projeto escolar é uma atividade complexa. Inicialmente, pelo dinamismo da própria educação e de seus métodos pedagógicos, que demandam constantes atualizações da edificação para abrigar adequadamente as atividades de ensino. “Projeta-se um futuro desconhecido com uma rápida obsolescência tecnológica e com o conhecimento em constante revisão” (KOWALTOWSKI et al., p. 161, 2012a). Ainda se pode destacar a diversidade de usuários que a escola abriga: alunos com idades variadas e em etapas de desenvolvimento diferentes, professores, funcionários, pais e membros da comunidade que frequentam a escola.

Além disso, grande parte das escolas públicas brasileiras é implantada em regiões onde é preciso lidar com condições de vizinhança e de infraestrutura muitas vezes caóticas e com lotes completamente inadequados. Ainda convém observar sobre a falta de conscientização e/ou vontade política, além dos entraves econômicos. Tamanha multiplicidade de exigências e obstáculos só vem confirmar a complexidade desse projeto e a necessidade de uma gestão eficiente desse processo.

### **3.1 Processo de projeto**

O processo de projeto de uma edificação em geral é uma sequência de procedimentos, que se desenvolvem em etapas evolutivas até a concretização do objeto arquitetônico, compreende-se que a estrutura em si de tal processo adéqua-se a qualquer

ambiente construído. Assim, muitos conceitos e considerações aqui apresentados não se restringem à edificação escolar.

A consideração das questões relativas à qualidade ambiental, e mais amplamente à sustentabilidade, não descaracteriza as etapas usuais do processo de projeto. Tampouco veio tornar complexa uma estrutura que antes se mostrava simples. A complexidade sempre existiu e a dinâmica de tal processo há muito é estudada justamente por isso. No entanto, é legítimo afirmar que essa complexidade aumentou, e muito, em função do grande número de novas demandas. Em se tratando da edificação escolar, tais demandas podem ser resumidas no conjunto de objetivos ambientais, econômicos e sociais apresentados pelo CHPS (2006, v.2) e listados no item 1.2 deste trabalho (p.14).

Apesar da inclusão dos objetivos citados não mudar fundamentalmente o desenrolar habitual do projeto ou a condução do empreendimento, ela se integra a cada uma das fases desse processo, induzindo a modificações na tomada de decisão, na forma de trabalhar e nas relações entre os envolvidos (ADEME, 2002 apud ZAMBRANO, 2008).

O contexto torna indispensável a prática do projeto integrado, caracterizado pela elaboração simultânea e participativa de todos os projetos referentes aos sistemas e componentes da edificação. Isso traz o envolvimento de todas as disciplinas envolvidas e suas recomendações passam a ser vistas como um todo. **Trabalha-se considerando que cada decisão tomada irá impactar de alguma forma sobre o restante do projeto e tal entendimento permite o alcance de uma melhor solução.** Quanto mais cedo for feita a integração no processo de projeto, maiores serão os benefícios. Para a obtenção de uma escola de alto desempenho, a colaboração e a integração dos projetistas devem começar na fase de programação.

Segundo Gauzin-Müller<sup>35</sup>, a abordagem ambiental é uma forma inovadora de analisar, em equipe, o programa, a concepção, a execução e a gestão das construções. Diversos autores também estão alinhados nesta ideia, tal como Fernandez (2007) que relaciona as quatro etapas de resolução de problemas, propostas por Prost (1992), ao macro processo de projeto. Onde se relaciona a formulação do problema, a formulação da solução, a concretização da solução e a apropriação da solução, às etapas de evolução de um empreendimento, sendo elas: a programação, a concepção, a realização da obra e a utilização do edifício. Para o autor, a completa abordagem da problemática concentra-se na coerência entre essas quatro etapas descritas.

Fernandez denomina **programação** a etapa inicial, também descrita por Silva (1998 apud ZAMBRANO, 2008) e por este intitulada como planejamento. Para Zambrano (2008), o

---

<sup>35</sup> Conforme mencionado no Capítulo 1.

termo planejamento é mais usual no contexto brasileiro, e por esse motivo, ela o adota em seu trabalho.

A partir de análise crítica do procedimento francês HQE® - Haute Qualité Environnementale (Alta Qualidade Ambiental)<sup>36</sup>, do método ADDENDA®<sup>37</sup>, e de depoimentos de arquitetos atuantes na Europa, a autora recomenda algumas práticas julgadas importantes na etapa de planejamento. São elas: **a formação de um comitê consultivo, a elaboração do programa de necessidades e de um caderno de encargos ambientais, e a escolha do sítio de implantação.**

Van Der Voordt e Van Wegen (2013) utilizam a expressão **processo de construção** e o classificam em fases: fase exploratória; programa de necessidades; projeto; especificação, escolha das empreiteiras e construção; uso e gerenciamento. Kowaltowski (2011) identifica o projeto arquitetônico como “parte da família de processos de decisão”, considerando que, embora os nomes difiram, os estágios reais seguem os passos comuns à resolução de problemas (*problem solving*): definir o problema, verificar as opções, escolher um caminho, implantar e avaliar; correspondendo esses estágios ao programa de necessidades, projeto, avaliação e decisão, construção e avaliação pós-ocupação. Para esses autores, assim como para a ABNT (1994, 1995)<sup>38</sup>, quaisquer requisitos e recomendações (inclusive ambientais) estão incluídos no programa de necessidades.

Diversas são as subdivisões e nomenclaturas utilizadas, citamos aqui apenas alguns exemplos. Independentemente dessa variedade, importa considerar que, de uma forma geral, quando se analisa o processo de projeto, este deve ser entendido como algo amplo, uma sequência de procedimentos que abrange muito mais do que somente a fase de concepção, como frequentemente interpretado na prática projetual. Onde deve ser considerada ainda, a importância da valorização da qualidade ambiental em todas as etapas desse processo.

Procurando seguir Fernandez e Zambrano, além de estar conectado com a prática brasileira, o presente trabalho considera o **processo de projeto** como o conjunto

---

<sup>36</sup> No Brasil, convém que atualmente seja aplicado o Processo AQUA, versão atualizada do referencial francês e adaptada à realidade brasileira. Para maiores detalhes ver item 3.3.3.

<sup>37</sup> Criado por empresa francesa de mesmo nome e desenvolvido para apoiar a aplicação do referencial HQE®.

<sup>38</sup> A NBR 6492/1994 define o programa de necessidades como o documento preliminar do projeto que caracteriza o empreendimento ou o projeto objeto de estudo, que contém o levantamento das informações necessárias, incluindo a relação dos setores que o compõem, suas ligações, necessidades de área, características gerais e requisitos especiais, posturas municipais, códigos e normas pertinentes. De forma mais sucinta, mas também abrangente, a NBR 13531/1995 o define como a etapa destinada à determinação das exigências de caráter prescritivo ou de desempenho (necessidades e expectativas dos usuários) a serem satisfeitas pela edificação a ser concebida.

constituído das seguintes etapas: **planejamento, concepção, construção e utilização**. Tais etapas serão examinadas a seguir.

### **3.1.1 Planejamento**

Por corresponder à formulação do problema, essa é uma etapa de grande relevância, apesar de frequentemente desvalorizada. Trata-se do delineamento do empreendimento, onde metas de desempenho, exigências, recomendações e restrições devem ser explicitadas. Nessa fase, importantes decisões são tomadas, sendo elas em grande parte de ordem política.

Assim, a integração de aspectos de qualidade ambiental e, mais amplamente, de sustentabilidade, precisa ocorrer na etapa de planejamento, sob pena de não ser alcançada, caso a documentação produzida nessa etapa não defina claramente metas, exigências e estratégias a serem adotadas, nas demais etapas, em prol desses aspectos. Além do que, tal integração realmente requer a abordagem de questões que emergem durante essa fase.

Para a etapa de planejamento, Zambrano (2008) estabelece algumas práticas que julga como essenciais:

#### **3.1.1.1 Formação de um Comitê Consultivo**

Grupo constituído por representantes de todos os atores envolvidos no processo de projeto. Em se tratando de uma edificação pública escolar, podemos citar como atores os órgãos competentes, os profissionais atuantes em todas as etapas do processo de projeto, a comunidade escolar (alunos, pais, professores e funcionários) e a comunidade local.

Para Henry Sanoff, o envolvimento dos usuários no processo de decisão é essencial para garantir que suas necessidades e valores sejam levados em consideração. Desde a década de 1970, quando lançou as bases do **projeto comunitário** ou **abordagem pesquisa-ação**, que tal ideia é defendida pelo autor (RHEINGANTZ, 2000).

Possuindo vasta experiência no assunto, Sanoff argumenta que quando estudantes, professores, pais, administradores e outros membros da comunidade conversam e ouvem uns aos outros, adquirem entendimento sobre os desafios apresentados pela educação e sobre como enfrentá-los (SANOFF, 2001a).

Na dinâmica do processo de projeto, a articulação entre os atores envolvidos desempenha um papel fundamental, no sentido de conduzir processos de decisão que considerem simultaneamente as opiniões e enfoques de todas as partes envolvidas,

favorecendo assim uma melhor qualidade da edificação. Vale lembrar que **envolver os atores no processo significa abordar o enfoque social da sustentabilidade**.

O Comitê Consultivo deve reunir-se nos momentos estratégicos, para opinar nas principais decisões do projeto. Observa-se com isso a aplicação do princípio da governança<sup>39</sup>, criando-se o caminho para a efetiva participação e opinião de todos os afetados pelo projeto. Zambrano et al. (2009) também ressaltam que para viabilizar a plena participação dos usuários, adota-se o procedimento de concertação<sup>40</sup>, de forma que todos os envolvidos possam ser consultados e as decisões elaboradas de comum acordo, entre aqueles que devem aplicá-las e aqueles que devem sofrer suas consequências.

### 3.1.1.2 Elaboração do Programa de Necessidades

Para que uma edificação dê suporte ao seu uso, é preciso que a fase de concepção seja precedida pela compreensão das condições a serem atendidas pela mesma. Dessa forma, o registro das necessidades, desejos e anseios de clientes e futuros usuários, assim como das condições limitantes que envolvem o empreendimento, representa parte fundamental do processo de projeto, sendo conhecida como **programa de necessidades**.

A enumeração e a descrição das necessidades às quais a edificação deve atender implicam na identificação dos valores do usuário em relação ao ambiente construído, considerando-se como **valores** as qualidades mais importantes em um edifício, segundo a percepção de seu ocupante.

Hershberger (2000) considera que a fase de elaboração do programa é o momento de identificar, analisar, debater, rejeitar, aceitar e priorizar valores tais como: propósitos institucionais, eficiência funcional, conforto do usuário, economia na construção, segurança, sustentabilidade ambiental, qualidade visual, entre outros. A identificação desses valores e preocupações pode ter um profundo efeito sobre a forma final do edifício. Um cuidadoso e abrangente processo de programação arquitetônica irá ajudar a garantir que todos os valores apropriados foram identificados e priorizados. Tal procedimento oferece a oportunidade de analisar questões importantes ou tomar decisões críticas que impactarão diretamente na relação do usuário com o ambiente construído.

---

<sup>39</sup> Significa uma gestão baseada em consenso na sociedade. Consiste na atitude ética e responsável dos governantes e administradores, em todas as escalas públicas e privadas, nos processos de decisão, de forma a garantir o consenso e os interesses comuns entre todos os atores sociais envolvidos e impactados pelos possíveis resultados das decisões tomadas (ZAMBRANO, 2008).

<sup>40</sup> Envolve um trabalho de transferência de conhecimento aos envolvidos para que estes possam participar dos processos decisórios de forma mais efetiva.

O autor relaciona uma série de valores contemporâneos que devem ser discutidos para que os prioritários sejam selecionados. Tais valores são perfeitamente aplicáveis à edificação escolar, sendo eles:

- Humanos: adequação funcional, social, física, fisiológica e psicológica;
- Ambientais: sítio, clima, contexto, recursos naturais e resíduos;
- Culturais: histórico, institucional, político e legal;
- Tecnológicos: materiais, sistemas e processos;
- Temporais: crescimento, mudança e permanência;
- Econômicos: financeiro, construção, operação, manutenção e energia;
- Estéticos: forma, espaço, cor e significado;
- De Segurança: estrutural, ao fogo, química, pessoal e ao crime (vandalismo).

Não é claramente definido a quem cabe a função de desenvolver o programa de necessidades para um empreendimento. Há casos onde o próprio Cliente (Empreendedor) o elabora ou contrata um especialista para essa elaboração, e casos onde o arquiteto, já em sua atividade de concepção, desenvolve o programa.

Van Der Voordt e Van Wegen (2013) esclarecem que a preparação do programa pelo arquiteto projetista tem partidários e adversários entre os profissionais, inclusive de arquitetura, enumerando algumas vantagens e desvantagens, no caso de este procedimento ser adotado. Os autores destacam como vantagem a possibilidade de interação entre programa e concepção, onde cabem revisões no programa à medida que o projeto avança, logicamente com a aprovação do cliente, em prol da qualidade da edificação. Para eles, o caráter estático do programa como documento que antecede a fase de concepção é antiquado.

Compartilhamos da opinião de Zambrano et al. (2009) ao alegarem que o ideal para a sustentabilidade de um empreendimento é que o programa seja desenvolvido ainda na esfera de planejamento, junto à equipe do empreendedor, ou por um profissional externo contratado, definindo os critérios e níveis de desempenho exigidos para o projeto. Caso o programa seja desenvolvido pelo arquiteto projetista, corre-se o risco deste induzir o conteúdo do programa ao seu próprio repertório de projeto e aos limites de seu conhecimento.

Sendo o programa o principal documento a reunir objetivos e características do empreendimento, é fundamental que contenha critérios claros e direcionados para a sustentabilidade. Assim, a busca pela qualidade da edificação deve estar alinhada a objetivos de eficiência energética, conforto ambiental, economia de recursos, eliminação de



desperdícios, reaproveitamento de recursos (água, energia, calor, etc) e uso de materiais com ciclos de vida menos impactantes, além de harmonização e integração com o entorno.

Programas de Necessidades, em geral, devem conter dados fundamentais para a elaboração do projeto tais como: normas e legislação, características do sítio, clima e microclima, de forma a identificar potencialidades e fragilidades e orientar para uma implantação menos impactante. Como se não bastasse, devem listar as exigências técnicas e funcionais, por ambientes, com ênfase na qualidade ambiental. Além disso, é desejável que contenham indicação do orçamento disponível, de forma a nortear o nível tecnológico das soluções técnicas a serem adotadas.

O programa de uma instituição educacional ainda inclui dados de aspectos conceituais, como projetos de referência, esquemas que relacionam as metodologias pedagógicas da escola com as possíveis soluções espaciais, recomendações e exigências provenientes de literatura especializada, avaliações pós-ocupação já realizadas e estudos de caso.

Em resumo, tal documento parte de um diagnóstico do contexto em que o empreendimento será inserido e apresenta, da forma mais completa possível, diretrizes e requisitos a serem atendidos.

### **3.1.1.3 Elaboração do Caderno de Encargos Ambientais**

Ainda na etapa de planejamento, Zambrano et al. (2009) observam a importância da criação de um Caderno de Encargos Ambientais, que se soma ao Programa de Necessidades, prescrevendo critérios para o projeto em função das necessidades específicas, das características do sítio, das potencialidades e limitações existentes na escala urbana, etc. Esse pode ser considerado um instrumento, através do qual, se estabelecem os aspectos ambientais da sustentabilidade, a serem observados ao longo de todo o ciclo de vida da edificação.

O documento deve trazer exigências e recomendações bem definidas que deverão ser interpretadas e traduzidas em resultados concretos no projeto, e pode se juntar ao programa de necessidades de formas variadas (ADEME, 2002 apud Zambrano et al., 2009), conforme descrito a seguir: (1) programa clássico, acompanhado de uma simples afirmação da preocupação ambiental do empreendedor e de suas prioridades; (2) programa clássico, acompanhado de um documento de especificações técnicas e de exigências ambientais de referência, que é utilizado de forma geral pelo Cliente, em todos os seus empreendimentos; (3) programa funcional, técnico e arquitetônico clássico, acompanhado de um programa específico ambiental, desenvolvido levando-se em conta as peculiaridades do sítio e do

empreendimento; (4) programa único, fazendo a síntese das problemáticas e de exigências de todas as naturezas, ambientais e não ambientais, levando-se em conta as peculiaridades do sítio e do empreendimento.

Em se tratando de escola, os levantamentos preliminares podem indicar a necessidade de análises detalhadas do sítio onde será implantada a futura unidade, como por exemplo, estudos sobre ruídos *urbanos*, qualidade do ar e índices de alagamento ou enchentes.

#### **3.1.1.4 Escolha do sítio de implantação**

De acordo com diversos autores (GAUZIN-MÜLLER, 2011; KEELER E BURKE, 2010; ZAMBRANO, 2008), a sustentabilidade do empreendimento começa na escolha adequada do sítio e na inserção da nova construção na escala urbana, tanto no que se refere às restrições relacionadas aos aspectos ambientais, quanto no respeito ao cenário sociocultural da região. Trata-se de comparar vantagens e desvantagens apresentadas pelos vários terrenos elegíveis, e verificar a compatibilidade das necessidades funcionais da edificação com as adversidades e potencialidades de cada um deles.

Importa considerar não apenas as consequências da implantação para o próprio empreendimento, mas também os impactos ambientais, sociais e econômicos, positivos ou negativos, na escala urbana. Essas análises prévias devem ser conduzidas pela equipe técnica de suporte ao Cliente na etapa de planejamento.

Os fatores a serem analisados para uma adequada escolha do sítio de implantação serão examinados no Capítulo 5.

#### **3.1.2 Concepção**

Trata-se da etapa de criação do projeto arquitetônico – a formalização da solução - onde o arquiteto deverá elaborar uma solução arquitetônica capaz de responder a toda uma problemática estruturada na fase de planejamento.

Para Nair e Fielding (2005, p. 2), na concepção das escolas atuais, há uma grande dependência em relação a especificações educacionais, diretrizes projetuais e tipologias, sobrando muito pouco espaço para a criatividade real e a inovação. Os autores ressaltam que “as especificações escolares criam a escola antes que ela seja criada”, sendo os guias de projeto tão prescritivos que, muitas vezes, os arquitetos ficam relegados ao simples papel de encaixar as peças ao invés de desenvolverem projetos reais de arquitetura. Tais projetos parecem bons quando ainda no papel e podem realmente funcionar bem em certas

circunstâncias específicas, mas têm pouco a ver com as necessidades de determinadas comunidades.

Trazendo a questão para a realidade brasileira, Kowaltowski et al. (2012) acentuam que a rigidez dos programas arquitetônicos estabelecidos pelas Secretarias Municipais de Educação também sofre críticas frequentes. Tais programas seriam excessivamente prescritivos, sendo insuficientes quanto a metas, objetivos, desejos e níveis de desempenhos a serem atingidos – critérios que permitiriam maior liberdade nos momentos iniciais do processo criativo. “Isso faz com que as escolas sejam projetadas dentro de um padrão, o que significa uma reduzida preocupação com as necessidades específicas de cada comunidade” (KOWALTOWSKI et al., p. 168, 2012). Assim, muitas instituições ao serem inauguradas já apresentam deficiências que acabam supridas através de adaptações de espaços, originando muitas vezes problemas funcionais e de conforto ambiental.

A situação se agrava pelo déficit de construções brasileiro. Como resultado, as diretrizes focam-se pouco na renovação e na produção de um espaço escolar de qualidade e adequado às atuais demandas. A realidade é que os esforços são concentrados na produção de prédios que atendam ao programa mínimo estabelecido pelas Secretarias Municipais de Educação e que tenham a robustez necessária para resistir ao uso intenso a que serão expostos.

Em seu trabalho de investigação sobre o processo de projeto aplicado pela FDE para as escolas públicas do estado de São Paulo, Deliberador (2010) confirma os problemas aqui levantados, pois ao entrevistar arquitetos responsáveis pela concepção de diversas unidades escolares, os mesmos declararam interesse na criação de ambientes escolares cada vez mais instigantes e apropriados às necessidades atuais. Por outro lado, apontaram os maiores desafios a serem superados: compatibilização de custos, rigidez no programa de necessidades, técnicas construtivas fechadas e implantação em terrenos com graves problemas (dimensões insuficientes, formatos irregulares, topografias difíceis e restrições ambientais). A autora ainda destaca a ausência de representantes da comunidade envolvida (futuros usuários e comunidade local) durante as discussões sobre os parâmetros de projeto a serem considerados essenciais, em busca de uma arquitetura escolar de qualidade<sup>41</sup>.

Para Cunha (2006), a partir da definição do programa arquitetônico e da verificação dos condicionantes legais, físicos e climáticos, o processo de concepção tem início nos estudos preliminares para definição do partido. “Nesse momento são travadas batalhas entre os condicionantes e os princípios estruturadores” (CUNHA, p.45, 2006). O autor

---

<sup>41</sup> O levantamento realizado pela presente pesquisa não identificou trabalho algum que tenha feito o mesmo tipo de investigação quanto ao processo de projeto das escolas públicas da cidade ou do estado do Rio de Janeiro.

destaca que o arquiteto deve considerar uma série de relações estruturais – com visão holística - a partir dos diversos aspectos (princípios estruturadores) que definem a conceituação de um projeto arquitetônico.

Na visão de Cunha (2006), a definição dos princípios estruturadores está a cargo do arquiteto no início da concepção. O que se contrapõe a opinião de Hershberger (2000), já citado no item 3.1.1.2, com o qual concordamos. Para este último autor, **os valores de projeto prioritários (ou princípios estruturadores) devem ser selecionados na fase de planejamento.**

Desse modo, **para garantir que as questões ambientais estejam inseridas na fase de concepção, estas já devem constar dos valores prioritários de projeto.**

### 3.1.3 Construção

Correspondendo à concretização da solução, parte do que ocorre no canteiro de obras é resultado das decisões de projeto. No entanto, a sustentabilidade do canteiro, assim como do empreendimento, depende também “de um bom planejamento do espaço do canteiro, da organização das rotinas, do controle de procedimentos, da escolha das equipes e fornecedores da obra, bem como da verificação e controle de qualidade” (ZAMBRANO et al., p.7, 2008).

Importa ter consciência dos efeitos nocivos dos canteiros de obras sobre os trabalhadores, a vizinhança e o planeta. Assim, são relevantes as medidas que visem a: gestão da circulação de máquinas, minimização da produção de resíduos e descarte ou reuso adequados, controle da poluição sonora e visual, controle da propagação de poeira, entre outros. Contudo, as medidas necessárias só podem ser implementadas caso, na seleção da empresa construtora, além do preço, critérios como esses também sejam considerados.

É necessário tornar a atitude ambiental um hábito entre os profissionais. Entretanto, “para adquirir novos hábitos, é preciso desenvolver métodos de trabalho adequados e transmitir aos trabalhadores as exigências regulamentares e as soluções técnicas” (GAUZIN-MÜLLER, p. 129, 2011).

Convém serem destacadas as publicações da Fundação para o Desenvolvimento da Educação (FDE/SP)<sup>42</sup>, como o Manual para Gestão de Resíduos em Construções Escolares (2010), Catálogo de Especificações do Canteiro de Obras (2005) e Manual de Sinalização

---

<sup>42</sup> Disponíveis em: [http://catalogotecnico.fde.sp.gov.br/meu\\_site/index.html](http://catalogotecnico.fde.sp.gov.br/meu_site/index.html)

do Canteiro de Obras (2013), que padronizam os procedimentos das obras contratadas pela Fundação.

Em vários países, nota-se uma forte tendência à padronização e à pré-fabricação dirigidas para uma racionalização econômica e redução de impactos ambientais. Formas arquitetônicas simples tendem a facilitar a padronização.

A repetição facilita a otimização do material e dos detalhes construtivos. Geralmente, tem uma repercussão positiva sobre a qualidade e sobre o controle dos custos. A padronização favorece a pré-fabricação (GAUZIN-MÜLLER, p. 129, 2011).

A pré-fabricação também proporciona uma diminuição efetiva da poluição nos canteiros de obras, pela redução da duração da obra e, portanto, o ruído, o pó e a circulação de máquinas.

Por fim ressaltamos que a fidelidade ao projeto é fundamental. Caso, durante a fase de execução, ocorram divergências ou problemas inesperados, a interação entre os projetistas e os executores será a melhor forma de serem alcançadas as soluções.

#### **3.1.4 Utilização**

Antes do período de ocupação do imóvel, deve ser realizada a atividade de **Comissionamento**. Esta tem por objetivo fornecer ao futuro usuário informações sobre o novo ambiente e as inovações que apresenta, incentivando-o para uma participação ativa em seu uso e manutenção. O comissionamento pode ser também usado enquanto um período para a realização de pequenos ajustes ou reparos quando da etapa de entrega da obra (KOWALTOWSKI et al., 2009).

A prática do Comissionamento em edificações já é usual em diversos países. No Brasil, é frequente em edificações industriais e naquelas cuja operação requer qualificação especial, porém sua utilização vem se firmando também em outros setores da construção.

A realização do Comissionamento não substitui a elaboração do **Manual do Usuário**. Este é um documento fundamental, que deve possuir conteúdo direto e de fácil entendimento. O manual deve ser gerado objetivando orientar a direção da escola e sua equipe quanto a utilização, limpeza, conservação e manutenção do ambiente construído, instalações prediais e equipamentos, contribuindo para a obtenção do desempenho adequado e da vida útil prevista.

Ressalta-se ainda a importância de aplicação de uma Avaliação Pós-Ocupação<sup>43</sup> decorrido algum tempo de ocupação da instituição escolar. As informações obtidas com a aplicação dessa metodologia podem ser utilizadas tanto para a realimentação do processo projetual, quanto para a identificação de melhorias a serem implementadas na própria escola pesquisada ou em outras existentes.

### **3.2 Alguns instrumentos de análise de desempenho e de auxílio ao projeto escolar**

Constitui-se um desafio a ação do projetar que considere toda a variedade de questões ambientais e energéticas que vêm se somar aos critérios usuais de projeto. Com o intuito de melhor auxiliar o arquiteto, têm sido desenvolvidos vários instrumentos de auxílio ao processo projetual dedicados a múltiplos critérios. Examinaremos a seguir alguns destes instrumentos voltados para a edificação escolar, procurando identificar os aspectos, por eles destacados, que sejam pertinentes à seleção do terreno e à implantação da edificação.

As ferramentas destinadas à aplicação direta no mercado da construção civil para obtenção de selos e certificações ambientais também podem auxiliar nesse sentido. Por este motivo, aqui examinaremos as certificações de maior utilização no Brasil: o *LEED* e o *AQUA*.

#### **3.2.1 Metodologias de avaliação e de auxílio ao projeto escolar**

##### **3.2.1.1 Otimização Multicritérios**

O “Método de avaliação de conforto ambiental de projetos escolares - Otimização Multicritérios” (GRAÇA, 2002; GRAÇA e KOWALTOWSKI, 2004) foi elaborado para a avaliação das condições de conforto ambiental em projetos de edificações escolares da rede pública estadual de São Paulo.

O propósito principal da teoria de otimização é ajudar o projetista na seleção de um projeto que pertence a um conjunto de soluções viáveis ao problema, proporcionando direcionamento ao processo de decisão pela comparação entre os projetos e pela seleção do melhor. [...] Na prática, a garantia de encontrar o melhor projeto é ilusória. Na verdade, encontra-se o melhor projeto dentro de um conjunto existente de projetos (STADLER e DAUER, 1992 apud GRAÇA e KOWALTOWSKI, p.25, 2004).

---

<sup>43</sup> A APO é um processo interativo, sistematizado e rigoroso de avaliação de desempenho do ambiente construído, passado algum tempo de sua construção e ocupação. Focaliza os ocupantes e suas necessidades para avaliar a influência e as consequências das decisões projetuais no desempenho do ambiente considerado, especialmente aqueles relacionados com a percepção e o uso por parte dos diferentes grupos de atores ou agentes envolvidos (RHEINGANTZ et al., p.16, 2009).

Esse método é constituído de três fases e foi desenvolvido com a utilização de uma amostra de trinta e nove projetos da rede escolar estudada.


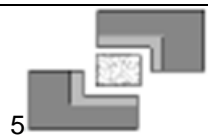





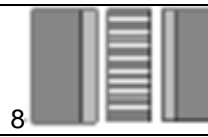

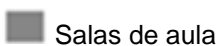
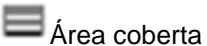

Na primeira fase a amostra foi dividida em grupos de edificações de acordo com o número de salas de aula existentes. Cada grupo foi analisado quanto à influência do terreno na forma da edificação. Procurou-se delimitar, dentre os terrenos da amostra, os valores mínimos para a largura, o comprimento e a relação entre estas duas medidas, de modo a permitir certa flexibilidade de decisões em projeto.

A segunda fase consta de uma análise gráfica das variações tipológicas encontradas na amostra, considerando os seguintes parâmetros:

- **Para o conforto térmico** – a orientação e a disposição das aberturas na sala de aula;
- **Para o conforto luminoso** – a orientação, a disposição das aberturas e o formato da sala de aula;
- **Para o conforto acústico** – a proximidade entre a sala de aula e os ambientes ruidosos como o pátio e a área recreativa.

Como exemplo, o Quadro 1 apresenta as tipologias consideradas para a avaliação do conforto acústico. O conjunto completo pode ser visto no ANEXO 3.

**Quadro 1:** Otimização Multicritério – Parâmetros para análise do conforto acústico

CONFORTO ACÚSTICO – localização da área recreativa							
1		Área recreativa em frente ao corredor que dá acesso às salas de aula	5		Área localizada entre os blocos pode ser usada para atividades recreativas ou de convivência		
2		Área recreativa do lado oposto ao corredor que dá acesso às salas de aula	6		Área localizada entre os blocos pode ser usada para atividades recreativas ou de convivência		
3		Área recreativa próxima a um dos cantos do corredor	7		Área localizada entre os blocos pode ser usada para atividades recreativas ou de convivência		
4		Área localizada entre os blocos pode ser usada para atividades recreativas e de convivência	8		Área localizada entre os blocos pode ser usada para atividades recreativas ou de convivência		
 Corredor		 Salas de aula		 Área coberta		 Área de recreação	

Fonte: adaptado de Graça e Kowaltowski (2004)

Os valores destas tipologias são expressos em graus de pertinência para cada variável encontrada, sendo que estes graus foram definidos através de questionários respondidos por especialistas de cada área. Para o conforto funcional analisam-se as

distâncias entre as salas de aula e os banheiros, e tais medidas são também convertidas em graus de pertinência.

Por fim, através da comparação entre os graus de pertinência obtidos por cada projeto, há a escolha de uma solução de compromisso de projeto, já que os parâmetros de conforto interferem entre si. O critério para identificar as soluções inferiores é: soluções que possuem todas as avaliações de parâmetros de conforto com índices inferiores a outro projeto. Define-se por eliminação o critério de maximização de projeto que identifica as soluções de compromisso da seguinte maneira: soluções que possuem pelo menos uma avaliação de parâmetro de conforto com índice superior a outro projeto<sup>44</sup>.

Ressaltamos que o método “Otimização Multicritérios” foi o único, detectado pela presente pesquisa, dedicado à avaliação do conforto ambiental em edificações escolares brasileiras e desenvolvido nos últimos anos. Porém, a configuração original da metodologia está especificamente voltada para as condições contextuais das escolas públicas do estado de São Paulo. Desta forma, sua utilização em outra localidade está condicionada a uma adaptação ao novo contexto, incluindo a revisão dos graus de pertinência utilizados na avaliação.

### **3.2.1.2 Design Quality Indicator - DQI for Schools**

Também dedicado à edificação escolar, o método *Design Quality Indicator - DQI for Schools* foi elaborado pelo *Construction Industry Council* e pelo *Department for Education and Skills* para auxiliar na criação e na reabilitação de escolas no Reino Unido.

O método está fundamentado na visão tripartida proposta por *Vitruvius*<sup>45</sup> - *Firmitas, Utilitas et Venustas* – compreendendo uma **grade conceitual** de avaliação formada por três indicadores principais e seus respectivos atributos, a saber:

- Funcionalidade - acesso, espaço e uso;
- Qualidade da construção - desempenho, sistemas de engenharia e construção;
- Impacto - integração social e urbana, ambiente interno, formas e materiais e características e inovação.

A coleta de dados é baseada nesses dez atributos e, por seu formato, é denominada de questionário, constituindo uma lista de verificação (CABE, 2005 e DQI, 2013).

O mecanismo de peso apresenta-se em forma de pontuação, onde a impressão dos avaliadores (tipicamente entre cinco e quinze pessoas envolvidas com o empreendimento)

---

<sup>44</sup> Para maiores detalhes sobre o método, ver GRAÇA (2002).

<sup>45</sup> Arquiteto e engenheiro romano que viveu no século I a.C. deixando como legado uma obra em 10 volumes, *De Architectura*, o mais antigo Tratado de Arquitetura do qual se tem notícia nos dias atuais.



pode variar de “discordo fortemente” a “concordo fortemente”, incluindo as opções “não aplicável” e “não sei”. Em cada indicador principal as características devem ser pontuadas e, por fim, cada indicador também é avaliado.

Recomenda-se que a avaliação seja feita em quatro diferentes estágios do processo: Programa, Projeto (Concepção), Ocupação e Avaliação Pós-Ocupação; sendo que os tópicos constituintes da grade conceitual são diferenciados e compatíveis com as necessidades de cada uma dessas fases (DQI, 2013). São elas:

- **Primeira fase** - estabelece as necessidades dos usuários (alunos, professores, funcionários, pais, e membros da comunidade) procurando-se chegar a um consenso sobre as prioridades que deverão integrar o programa de necessidades;
- **Segunda fase** - os aspectos considerados têm a função de auxiliar a concepção. Esta versão do DQI ajuda a checar se o projeto está progredindo e se está respondendo às necessidades originais levantadas no programa de necessidades;
- **Terceira fase** – corresponde ao comissionamento e possui uma grade conceitual que deve ser aplicada imediatamente após a ocupação, tendo por objetivo a verificação de como o edifício em uso satisfaz as intenções originais do projeto; da satisfação dos ocupantes e da sua segurança; bem como do funcionamento otimizado de toda a infraestrutura do empreendimento;
- **Quarta fase** - a grade conceitual equivale a uma APO, aplicada depois de um a três anos da obra finalizada. A etapa deverá informar ao cliente e ao time de projetistas o desempenho do produto. Aqui, pode-se verificar o desempenho do edifício com base nas metas traçadas no início do processo, o que além de possibilitar as necessárias correções, tem a função primordial de realimentação do processo.

Examinando a Grade Conceitual destinada à segunda fase de avaliação, versão “Avaliação do Projeto” (PEREIRA, 2013)<sup>46</sup>, constatou-se o destaque dado aos seguintes requisitos relacionados à **seleção do terreno e à implantação**: acessibilidade, valorização do ambiente externo e/ou sua inter-relação com o ambiente interno, adaptabilidade/versatilidade, iluminação natural de qualidade, conforto térmico, conforto acústico e eficiência energética. Ainda procurou-se extrair, da caixa de diálogo referente a cada um dos requisitos selecionados<sup>47</sup>, as variáveis que estariam diretamente relacionadas ao atendimento aos mesmos. De uma forma geral, as **variáveis** são as seguintes: **orientação, entorno natural e construído, dimensões do terreno, topografia do terreno, organização espacial/ volumetria/ setorização e aberturas na envoltória**.

Destacamos que apesar do DQI estar baseado em uma lista de verificação (*checklist*), esta não se resume à apresentação de condições a serem atendidas. Pelo

---

<sup>46</sup> A autora teve acesso à ferramenta *DQI for Schools*, traduziu os requisitos e os apresentou no Anexo E de sua tese.

<sup>47</sup> Na ferramenta *DQI for Schools*, a cada requisito, pode-se abrir uma caixa de diálogo que descreve de forma geral o que a ferramenta recomenda que o arquiteto leve em consideração ao buscar o atendimento ao mesmo (PEREIRA, 2013).

contrário, os questionários procuram detalhar os requisitos, incluindo sugestões de consulta a alguns regulamentos.

A grade conceitual de avaliação é bastante extensa, podendo desencorajar sua utilização. A versão “Avaliação de Projeto”, por exemplo, possui cento e treze requisitos. Por outro lado, os tópicos são instigantes e convidativos ao diálogo, o que somado ao formato da avaliação - onde diversos atores envolvidos no empreendimento são chamados a opinar - pode vir, inclusive, a fomentar o projeto participativo.

Esse conjunto de características atribui utilidade à ferramenta em todas as fases do processo, especialmente na etapa de programação.

### **3.2.2 LEED for Schools**

O *LEED - Leadership in Energy and Environmental Design*, sistema americano de certificação e orientação ambiental para edificações, se organiza a partir de categorias de avaliação que possuem pré-requisitos (práticas obrigatórias) e créditos, recomendações que quando atendidas garantem pontos ao empreendimento. O nível da certificação é definido pela quantidade de pontos adquiridos.

Sua primeira versão, lançada em 1999, foi voltada para edifícios de ocupação comercial<sup>48</sup>. Desde então a ferramenta vem sendo diversificada, o que inclui a publicação de uma versão dedicada a projetos de edificações escolares (2007), que se encontra atualmente na revisão de 2009. Essa versão abrange três fases do processo de projeto: pré-projeto, projeto e implementação do projeto (USGBC, 2015a).

A distribuição dos pontos é um ajuste das versões em relação aos sistemas *LEED* anteriores e, dependendo da fase do projeto a ser verificada, ela também muda. Essa distribuição deve ser revista periodicamente, pois reflete os valores de determinada época. O sistema de pontuação tem 100 (cem) pontos de base, distribuídos em cinco categorias de avaliação. Concede ainda pontos bônus para categorias adicionais, como Prioridade regional e Inovação e Processo de projeto (USGBC, 2015a).

O Quadro 2 apresenta a grade de avaliação para “Novas Construções” e “Grandes Reformas” na fase de projeto, sendo que a escala de certificação constitui-se das seguintes pontuações: “Certificado” (40 a 49 pontos), “Prata” (50 a 59 pontos), “Ouro” (60 a 79 pontos) e “Platina” (a partir de 80 pontos).

---

<sup>48</sup> Considerando como “ocupação comercial” os edifícios de escritórios, institucionais (bibliotecas, museus, igrejas, entre outros), hotéis e edifícios residenciais com mais de quatro pavimentos (SILVA, 2003).

**Quadro 2: LEED for Schools – Lista de Verificação de Projeto**

<b>Categorias</b>	<b>Pontos Possíveis</b>
Sítio sustentável	24
Uso eficiente da água	11
Energia e atmosfera	33
Materiais e recursos	13
Qualidade dos ambientes internos	19
Inovação e Processo de projeto	6
Prioridade regional	4
<b>Total</b>	<b>110</b>

Fonte: USGBC, 2015b (tradução própria)

Listando os requisitos referentes à categoria “Sítio Sustentável”, temos o Quadro 3, onde os tópicos de maior interesse para a presente pesquisa foram grifados e sumariamente apresentados. Para maiores esclarecimentos acerca desses tópicos, ver APÊNDICE 1.

**Quadro 3: Requisitos da categoria Sítio Sustentável**

<b>Pré-requisitos e Créditos</b>		<b>Pontos Possíveis</b>
Pré-req. 1	Controle da poluição na atividade da construção	
<b>Pré-req. 2</b>	<b>Avaliação ambiental do sítio de implantação</b> - garantia da não contaminação	
<b>Crédito 1</b>	<b>Seleção do sítio de implantação</b> - definição das áreas proibitivas	1
<b>Crédito 2</b>	<b>Localização preferencialmente desenvolvida</b> - canalização para zonas com infraestrutura existente e preservação do meio ambiente	4
<b>Crédito 3</b>	<b>Reabilitação de áreas degradadas</b> - via Pré-requisito 2	1
Crédito 4	Transporte	
Crédito 4.1	Acesso ao transporte público	4
Crédito 4.2	Bicicletário e vestiários	1
Crédito 4.3	Vagas para veículos com baixa emissão de poluentes	2
Crédito 4.4	Capacidade do estacionamento	2
<b>Crédito 5</b>	<b>Implantação</b>	
<b>Crédito 5.1</b>	<b>Conservação de áreas naturais existentes</b> - requisitos para controle de intervenção na paisagem natural	1
<b>Crédito 5.2</b>	<b>Maximização de espaços livres</b> - porcentagens mínimas de áreas verdes	1
<b>Crédito 6</b>	<b>Gestão das águas pluviais</b>	
<b>Crédito 6.1</b>	<b>Controle de quantidade</b> - redução das áreas impermeáveis no terreno	1
Crédito 6.2	Controle de qualidade	1
<b>Crédito 7</b>	<b>Efeito ilha de calor</b>	
<b>Crédito 7.1</b>	<b>Áreas descobertas</b> - porcentagem de áreas sombreadas/ tipos de sombreamento e de materiais	1

Crédito 7.2	Áreas cobertas	1
Crédito 8	Redução da poluição lumínica	1
<b>Crédito 9</b>	<b>Plano diretor</b> - elaborado com participação de órgão representativo - pontuação em determinados créditos, inclusive nas ampliações previstas	1
Crédito 10	Permitir o uso das instalações pela comunidade	1
<b>Total</b>		<b>24</b>

Fonte: USGBC, 2015b (tradução própria)

Quanto a outras categorias:

Na Categoria “Energia e Atmosfera”, o *LEED for Schools* não aponta exigências quanto a estratégias ou especificações de projeto, ao menos no que se refere ao recorte da presente pesquisa. Demonstra-se que a pontuação é obtida através do atendimento aos requisitos, sendo apresentados índices de desempenho a serem alcançados e formas de avaliação de desempenho energético aceitas pela certificação, sempre de acordo com normas específicas (tais como ANSI/ASHRAE/IESNA).

Do mesmo modo, ao tratar da “Qualidade dos Ambientes Internos”, o *LEED for Schools* pouco se refere a estratégias de projeto, mas descreve de que formas devem ser avaliados os desempenhos em requisitos tais como qualidade do ar interno, iluminação, condições térmicas e acústica. Assim, a pontuação também é obtida desde que os requisitos sejam comprovadamente atendidos, através de índices de desempenho alcançados e avaliações positivas dentro de padrões estabelecidos por normas específicas (tais como ASHRAE/CEN/ANSI/ISO). Ressalta-se que um dos créditos (8.2) é dedicado à conexão visual dos ambientes internos com o exterior, isto é, às vistas oferecidas.

### 3.2.3 AQUA – Escritórios e Edifícios Escolares

Em 2007 foi desenvolvido no Brasil o sistema de certificação denominado Processo AQUA, uma versão do referencial francês *HQE® - Haute Qualité Environnementale* (Alta Qualidade Ambiental) adaptada à realidade brasileira, no âmbito de um convênio de cooperação com a Fundação Vanzolini. Baseado no original francês “*Bâtiments Tertiaires – Démarche HQE®*”, o Processo AQUA publicou seu Referencial Técnico de Certificação

dedicado a escritórios e edifícios escolares (FCAV, 2007)<sup>49</sup>, cuja utilização vem se propagando no Brasil<sup>50</sup>.

A Alta Qualidade Ambiental (AQUA) é definida como sendo um processo de gestão de projeto que visa a obter a qualidade ambiental de um empreendimento novo ou de uma reabilitação. O processo considera que a obtenção do desempenho ambiental de uma construção envolve tanto uma vertente de gestão ambiental como uma de natureza arquitetônica e técnica. Um dos métodos mais confiáveis para tanto é se apoiar numa organização eficaz e rigorosa do empreendimento. Esta é a razão pela qual o referencial técnico de certificação estrutura-se em dois instrumentos que permitem a avaliação dos desempenhos alcançados com relação aos elementos fundamentais da certificação: o referencial do **Sistema de Gestão do Empreendimento** (SGE) e o referencial da **Qualidade Ambiental do Edifício** (QAE).

A implementação do Sistema de Gestão do Empreendimento permite definir a Qualidade Ambiental visada para o edifício (as categorias prioritárias) e organizar o empreendimento para atingi-la, ao mesmo tempo em que permite controlar o conjunto dos processos operacionais relacionados às fases de programa, concepção e realização da construção<sup>51</sup>.

A avaliação da Qualidade Ambiental do Edifício é o processo que permite verificar, em diferentes fases do empreendimento, se o perfil ambiental visado é atingido. Para isso, convém confrontar as características do empreendimento com as exigências de QAE aplicáveis ao perfil visado.

O desempenho associado às categorias de QAE se expressa segundo 3 níveis: **bom**, correspondendo ao desempenho mínimo aceitável para um empreendimento de Alta Qualidade Ambiental; **superior**, correspondendo ao nível das boas práticas; e **excelente**, nível calibrado em função dos desempenhos máximos constatados em empreendimentos de Alta Qualidade Ambiental, mas se assegurando que estes possam ser atingíveis.

---

<sup>49</sup> Acrescenta-se o “Adendo ao Referencial técnico de certificação: Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA – Escritórios, Edifícios escolares” (FCAV, 2013), com nova redação exclusivamente para a Categoria 9 (conforto acústico).

<sup>50</sup> Algumas escolas públicas já certificadas através do citado Referencial Técnico: pela FDE – 20 escolas certificadas na fase de pré-projeto, 7 na fase de projeto e 1 na fase de execução; pela Prefeitura Municipal de Guarulhos - 2 na fase de pré-projeto e 1 na fase de projeto (Fonte: <http://vanzolini.org.br>, acesso em 12/10/2015).

<sup>51</sup> A fase de uso e operação da construção não é coberta pelo Referencial citado, pois não faz parte do escopo de aplicação da certificação (essa fase apresenta características que exigem a redação de um referencial específico, ainda não disponível). No entanto, o Referencial traz elementos, sobretudo prevê a elaboração de documentos, que facilitam a efetiva obtenção dos desempenhos ambientais de uma construção após a sua entrega (FCAV, 2007).

A QAE é expressa em catorze categorias (conjuntos de preocupações), que representam os desafios ambientais de um empreendimento. Cada categoria pode ser desmembrada em subcategorias, correspondendo às principais preocupações associadas a cada desafio ambiental, e depois em preocupações elementares.

As categorias e as subcategorias estão distribuídas em quatro grupos, conforme mostra o Quadro 4, sendo que as de maior importância para a presente pesquisa foram grifadas e sumariamente apresentadas. Para maiores esclarecimentos acerca desses tópicos, ver APÊNDICE 2.

**Quadro 4:** As 14 categorias do Processo AQUA

<b>ECO-CONSTRUÇÃO</b>	
<b>Categoria 1: Relação do edifício com o seu entorno</b> - valorização dos dados contextuais provenientes da análise prévia do local. A análise deve ser relativa, no mínimo, aos elementos listados.	
<b>1.1. Implantação do empreendimento no terreno para um desenvolvimento urbano sustentável</b> - minimização dos impactos negativos à vizinhança e ao meio ambiente.	
<b>1.2. Qualidade dos espaços exteriores para os usuários</b> - para o conforto térmico, medidas relativas a: vento, precipitações e exposição ao sol - para o conforto acústico, considerar na implantação: atividades previstas e ruídos gerados pelo entorno e pela própria instituição - para o conforto visual, medidas relativas a: acesso às vistas e iluminação adequada - para a saúde, proteção relativa a: poluentes do solo e do ar, espécies vegetais tóxicas ou alergênicas	
<b>1.3. Impactos do edifício sobre a vizinhança</b> - direito ao sol, à luminosidade, às vistas, à saúde e à tranquilidade	
Categoria 2: Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos	
2.1. Escolhas construtivas para a durabilidade e a adaptabilidade da construção	2.2. Escolhas construtivas para a facilidade de conservação da construção
2.3. Escolha dos produtos de construção a fim de limitar os impactos socioambientais da construção	2.4. Escolha dos produtos de construção a fim de limitar os impactos da construção à saúde humana
Categoria 3: Canteiro de obras com baixo impacto ambiental	
3.1. Otimização da gestão dos resíduos do canteiro de obras	3.2. Redução dos incômodos, poluição e consumo de recursos causados pelo canteiro de obras
<b>GESTÃO</b>	
<b>Categoria 4: Gestão da energia</b>	
<b>4.1. Redução do consumo de energia por meio da concepção arquitetônica</b> - trabalhar com o partido arquitetônico, isto é: implantação, porte, orientação, características físicas dos materiais da envoltória e aspecto geral do edifício	
4.2. Redução do consumo de energia primária e dos poluentes associados	
<b>Categoria 5: Gestão da água</b>	
5.1. Redução do consumo de água potável	
<b>5.2 Otimização da gestão de águas pluviais</b> - controle de escoamento - gestão da infiltração (indicador: coeficiente de impermeabilização)	
Categoria 6: Gestão dos resíduos de uso e operação do edifício	
6.1. Otimização da valorização dos resíduos gerados pelas atividades de uso e operação do edifício	6.2. Qualidade do sistema de gestão dos resíduos de uso e operação do edifício
Categoria 7: Manutenção - Permanência do desempenho ambiental	
7.1. Permanência do desempenho dos sistemas de aquecimento e resfriamento	7.2. Permanência do desempenho dos sistemas de ventilação

7.3. Permanência do desempenho dos sistemas de iluminação	7.4. Permanência do desempenho dos sistemas de gestão da água
<b>CONFORTO</b>	
<b>Categoria 8: Conforto higrotérmico</b>	
<b>8.1. Implementação de medidas arquitetônicas para otimização do conforto higrotérmico de verão e inverno</b> - organização do plano de massas em função dos elementos do entorno - disposição interna dos ambientes - técnicas construtivas	
8.2. Criação de condições de conforto higrotérmico de inverno	8.4. Criação de condições de conforto higrotérmico de verão em ambientes com sistema de resfriamento artificial
<b>8.3. Criação de condições de conforto higrotérmico de verão em ambientes climatizados naturalmente</b> - tomar como referência as regras de cálculo da NBR 15220 (ABNR, 2005) ou os resultados de uma simulação térmica dinâmica - destaca-se a interface dos confortos higrotérmico e acústico em ambientes sensíveis ao ruído	
<b>Categoria 9: Conforto acústico</b>	
<b>9.1. Otimização dos elementos arquitetônicos para proteger os usuários do edifício de incômodos acústicos</b> - organização espacial dos ambientes entre si, dos ambientes em relação aos incômodos do espaço exterior e dos próprios ambientes internamente	
9.2. Criação de uma qualidade do meio acústico adaptado aos diferentes ambientes	
<b>Categoria 10: Conforto visual</b>	
<b>10.1. Garantia de iluminância natural ótima evitando seus inconvenientes (ofuscamento)</b> - quantificável a partir do Fator Luz do Dia	
10.2. Iluminação artificial confortável	
<b>Categoria 11: Conforto olfativo</b>	
11.1. Garantia de uma ventilação eficaz	11.2. Controle das fontes de odores desagradáveis
<b>SAÚDE</b>	
<b>Categoria 12: Qualidade sanitária dos ambientes</b>	
12.1. Controle da exposição eletromagnética	12.2. Criação de condições de higiene específicas
<b>Categoria 13: Qualidade sanitária do ar</b>	
13.1. Garantia de uma ventilação eficaz	13.2. Controle das fontes de poluição
<b>Categoria 14: Qualidade sanitária da água</b>	
14.1. Qualidade e durabilidade dos materiais empregados em redes internas	14.2. Organização e proteção das redes internas
14.3. Controle da temperatura na rede interna	14.4. Controle dos tratamentos anticorrosivo e antiincrustação

Fonte: Baseado em FCAV, 2007 e 2013

### 3.2.4 Síntese dos aspectos relevantes para esta pesquisa

A seguir serão destacados os aspectos, pertinentes à seleção do terreno e à implantação da edificação, apresentados pelos instrumentos examinados e considerados relevantes para este trabalho.

#### Otimização Multicritérios

Os parâmetros utilizados pela metodologia para avaliar as condições de conforto ambiental dos projetos escolares são os seguintes: (1) dimensões do terreno; (2) análise

gráfica de variações tipológicas, onde orientação, organização espacial, volumetria e disposição das aberturas são consideradas como determinantes.

### ***Design Quality Indicator - DQI for Schools***

Os requisitos ligados à seleção do terreno e à implantação da edificação, quando extraídos da grade relativa à fase de concepção, nos conduzem às variáveis que estariam diretamente relacionadas ao atendimento aos mesmos. Consideram-se então, as mesmas variáveis da metodologia anterior, acrescidas das características do entorno: orientação, entorno natural e construído, dimensões do terreno, topografia do terreno, organização espacial/ volumetria/ setorização e aberturas na envoltória.

### ***Certificação LEED for Schools***

Na seleção do sítio/terreno de implantação importantes aspectos são considerados, tais como: a exigência de análise ambiental; o incentivo à reabilitação de áreas degradadas e à construção de escolas em locais dotados de infraestrutura urbana; e as restrições feitas relacionadas com os impactos no meio ambiente e na vizinhança. Destacamos a importância dada ao controle da subtração de áreas consideradas valiosas como aquelas com vocação para plantio ou pertencentes a parques públicos.

A valorização das áreas verdes e dos espaços abertos se apresenta não apenas no tocante à preservação ambiental e à contribuição positiva para o microclima urbano, mas também no que se refere à importância dessas condições para a criação de ambientes internos e externos confortáveis, saudáveis e adequados às atividades escolares. Ainda sob estes aspectos, ressaltamos o cuidado com o percentual de área livre de edificação ou pavimentação.

Ao mesmo tempo em que os espaços abertos são valorizados, o sombreamento de grande parte desses espaços se apresenta como condição indispensável. Exige-se ainda que tal sombreamento seja proporcionado por vegetação ou por elementos constituídos por materiais com propriedades físicas adequadas. A escolha apropriada dos materiais também se estende às pavimentações.

Tudo isso, levando-se em conta não apenas as edificações inicialmente construídas mas também as ampliações futuras.

### ***Certificação AQUA – Escritórios e Edifícios Escolares***

A certificação determina que seja feita uma cuidadosa análise do sítio considerando ao menos os elementos listados (ver APÊNDICE 2). Tais elementos irão subsidiar o projeto em busca de melhores condições de conforto e de saúde no empreendimento, além da minimização dos impactos no meio ambiente e na vizinhança. A relação é condizente, sob



muitos aspectos, com a lista de verificação proposta por este trabalho para a composição dos relatórios de vistoria de terreno (ver Capítulo 5), inclusive porque a certificação HQE® e algumas pesquisas nela embasadas representam importantes elementos constituintes do referencial teórico deste trabalho.

Para a obtenção de qualidade nos ambientes externos, destacam-se os cuidados na elaboração do plano de massas e sua orientação adequada, onde a organização espacial e a volumetria da edificação contribuem para o acesso às vistas e proteção contra os incômodos circundantes.

O plano de massas, a arquitetura interna e externa da edificação, e os materiais utilizados influem sobremodo sobre as condições futuras da edificação quanto à eficiência energética e ao conforto ambiental. Ressaltamos ser exigida pela certificação uma diretriz já adotada como premissa neste trabalho: considerar os sistemas de climatização artificial apenas como complementares aos sistemas passivos, sendo acionados nos momentos em que estes últimos se mostrem insuficientes para assegurar os níveis de conforto requeridos.

Assim como na certificação *LEED*, atenta-se para a relevância da gestão das águas pluviais, no que se inclui o favorecimento da infiltração das águas nos terrenos. Desta forma, o coeficiente de impermeabilização do terreno é apresentado como importante indicador do nível de desempenho atingido nesse quesito.

Na busca pelo equilíbrio entre as modalidades de conforto, o Referencial Técnico admite a obtenção do conforto higrotérmico pela abertura de janelas apenas em áreas menos sujeitas a ruídos (estritamente residenciais, ou de hospitais e escolas). Onde há maior incidência de ruídos, o guia determina que o conforto deva ser assegurado com as janelas fechadas.

Consideramos que, mesmo em zonas residenciais, a análise do sítio deve ser mandatória, pois o caráter das vias de tráfego circundantes pode influenciar substancialmente as condições acústicas locais.

O sistema de certificação ressalta que o conforto acústico está diretamente relacionado aos aspectos de organização espacial e recomenda que a partir da classificação acústica dos ambientes escolares, onde se relaciona a sensibilidade e a agressividade de cada espaço, seja feita o estudo do melhor posicionamento desses ambientes face aos incômodos exteriores ou inerentes à própria instituição.

As exigências relativas ao conforto visual confirmam o quão imprescindível é a iluminação natural em sala de aula e o valor dado ao acesso às vistas.

A seguir, apresentamos como o processo de projeto atualmente se desenvolve em se tratando das escolas públicas cariocas e no tocante à problemática estudada.

### **3.3 Processo de projeto das escolas públicas de Ensino Fundamental da cidade do Rio de Janeiro – Momento atual**

#### **3.3.1 Planejamento**

As escolas públicas de ensino fundamental da cidade do Rio de Janeiro, coincidindo com o praticado de uma forma geral no País, são de responsabilidade da Prefeitura<sup>52</sup>, ficando a cargo de empresas e órgãos públicos o processo de projeto destas edificações, seja relativo a construção, reforma ou ampliação. Nas diversas fases desse processo, tais entidades podem funcionar como cliente, projetista, construtor ou gerenciador.

Conforme analisam Kowaltowski et al. (2012), a experiência acumulada por estas entidades, e o fato das mesmas serem responsáveis pela manutenção dos espaços escolares, podem e devem proporcionar a realimentação de informações aos novos processos de projeto.

De forma geral, o planejamento para expansão da rede física do ensino público brasileiro é baseado no mapeamento das escolas existentes, suas capacidades e o crescimento populacional atingido localmente (ou em vias de ser atingido). Cada escola, pertencente a um ciclo de ensino, atende a uma região em função de um determinado raio de alcance. São avaliados os censos escolares anteriores, incluindo índices de repetência e evasão, assim como expansões e adensamentos de áreas urbanas. Ainda são consideradas as escolas particulares existentes e o atendimento destas às várias classes sociais presentes na área de estudo.

Como parte dessa análise, as escolas em funcionamento são avaliadas em relação ao seu estado de conservação, sua capacidade de atendimento aos programas de ensino atuais e possibilidades de ampliação; gerando assim o planejamento de reformas, ampliações, substituições e novas construções.

O panorama do planejamento atual relacionado com as escolas públicas de ensino fundamental da cidade do Rio de Janeiro será a seguir delineado. As informações são provenientes de entrevistas realizadas, em dezembro de 2014, com profissionais da SME -

---

<sup>52</sup> No Brasil, geralmente o município é responsável pelo ensino infantil e fundamental, ficando a cargo do governo estadual o ensino médio e profissionalizante (este último, parcialmente, considerando a existência de escolas técnicas federais).

Secretaria Municipal de Educação e em janeiro de 2015, além de profissionais da RioUrbe - Empresa Municipal de Urbanização do Rio de Janeiro, ou ainda de material proveniente de *sites* oficiais da prefeitura (neste caso, onde indicado).

As escolas funcionam atualmente segundo uma variedade de cargas horárias. Em sua maioria, as unidades atendem em dois turnos, havendo também o turno integral, algumas unidades ainda em três turnos e, mais recentemente, a implantação do turno único<sup>53</sup>. Aproximadamente cem dessas escolas ainda abrigam o EJA (Educação de Jovens e Adultos) no horário noturno.

Por reconhecer que o ensino oferecido está muito aquém do que é recomendado pelas melhores práticas internacionais, o atual governo estabeleceu como meta a oferta irrestrita do turno único, que está sendo implantado progressivamente. Pretende-se que, até o ano de 2016, pelo menos 35% dos alunos da rede municipal estejam matriculados nesse modelo<sup>54</sup> (RIO DE JANEIRO, 2012).

Assim, foram realizados, em parceria com o Instituto Pereira Passos - IPP, estudos sobre crescimento da população, demanda por escola pública e outros indicadores socioeconômicos nas diferentes regiões da cidade, para estimar a demanda por novas construções em cada área.

Inicialmente, a implementação do turno único se deu com as seguintes ações, em nível de estrutura física: conversão de escolas que funcionavam em horário integral para o novo padrão; adaptação de escolas com espaços ociosos; construção de algumas novas unidades – GEC (Ginásio Experimental Carioca) e EDI (Espaço de Desenvolvimento Infantil).

Em seguida foi iniciado um Programa de Reorganização da Rede, a partir do qual as unidades escolares passam a abrigar os seguintes segmentos: EDI (creche, pré-escola e educação especial); Primário (1º ao 6º ano e educação especial); Ginásio (7º ao 9º ano, educação especial e EJA, este no turno da noite).

Para a SME, tal segmentação apresenta as seguintes vantagens: maior foco no trabalho pedagógico e na especialização dos professores; infraestrutura do prédio adequada a cada etapa de desenvolvimento; melhoria na gestão e monitoramento das unidades; e maior eficiência na utilização de recursos humanos e financeiros.

---

<sup>53</sup> O turno único compreende uma matriz curricular de sete horas (das 7:30h às 14:30h), podendo este horário ser estendido com oficinas diversas (opcionais), a serem oferecidas no horário da tarde, a critério de cada família. Fonte: entrevistas com profissionais da SME em dezembro de 2014.

<sup>54</sup> A Lei Municipal nº 5.225, de 5 de novembro de 2010, estabelece o turno único de sete horas em toda a rede de ensino público municipal, no prazo de dez anos, alcançando a educação infantil e o ensino fundamental.

Aliás, é na matriz curricular de sete horas diárias do turno único e na racionalização do tempo de trabalho do professor na unidade<sup>55</sup> que está baseado o dimensionamento das escolas, segundo a nova organização da Rede. O modelo trabalha com as seguintes capacidades:

- EDI – 16 turmas de 25 alunos, 400 alunos por unidade;
- Primário – 24 turmas de 30 alunos, 720 alunos por unidade;
- Ginásio – 24 turmas de 35 alunos, 840 alunos por unidade.

A reorganização da rede utilizou a metodologia de territorialização, dividindo a cidade em áreas que foram dimensionadas de forma que, cada uma delas, atenda 1440 crianças - com idade entre 6 e 11 anos – que buscam a rede municipal. Isto é, cada área deve comportar duas escolas primárias. Concluiu-se ainda que cada uma dessas áreas comporta três EDI e um Ginásio. Ficou então estabelecida a proporção 3:2:1 (Figura 28).



**Figura 28:** Distribuição das unidades escolares na área geográfica  
Fonte: cedido pela SME

Assim, a cidade foi dividida em 232 áreas, conforme mostra a Figura 29.

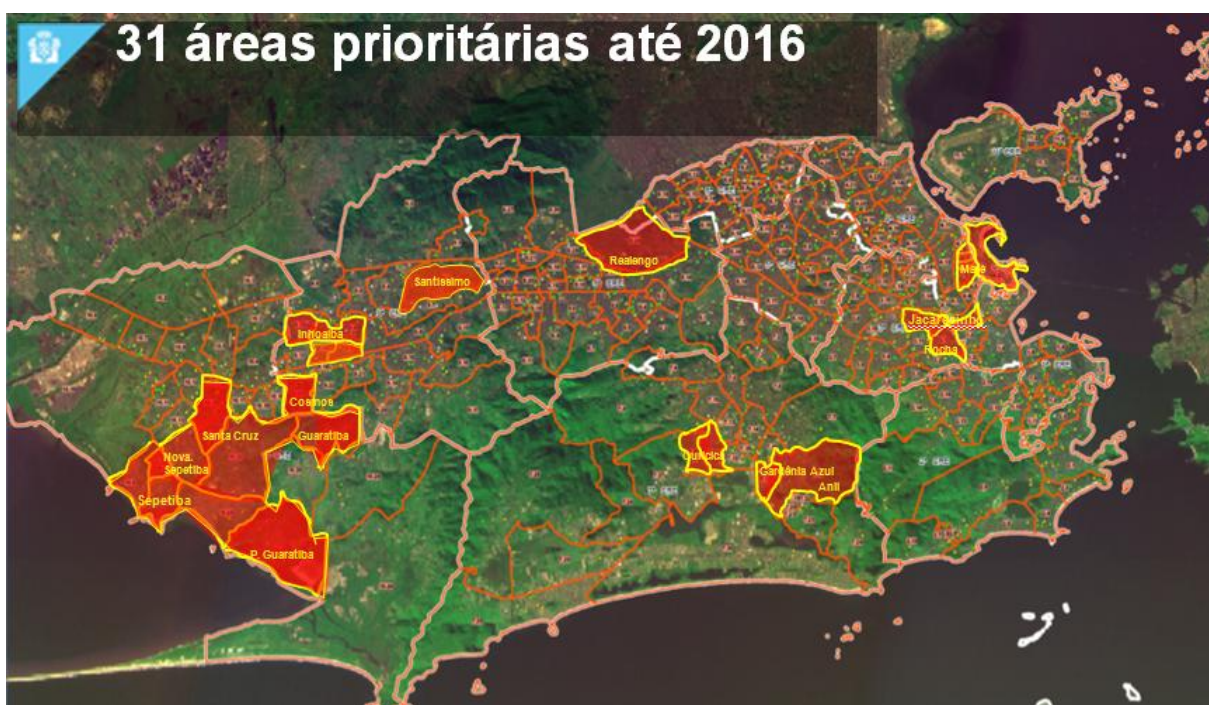


**Figura 29:** Divisão da cidade em 232 áreas geográficas  
Fonte: cedido pela SME

<sup>55</sup> Uma das metas da SME trata do aproveitamento do professor na escola em dedicação exclusiva, evitando seu constante deslocamento entre escolas e focalizando sua atenção em uma única unidade. A Secretaria entende que esta prática trará significativas melhorias às condições de trabalho e ao ensino.

Pretende-se que os estudos realizados possam também servir de base para o planejamento de outros equipamentos sociais a serem distribuídos pela cidade. Isso inclui o planejamento integrado com o Governo do Estado para a construção ou compartilhamento de escolas de Ensino Médio.

Com base em tais estudos, foram selecionadas 31 áreas de maior demanda (Figura 30), onde o atendimento está sendo priorizado, utilizando critérios tais como: áreas com crescimento populacional; “Infraestrutura social” existente ou futura; mais de 80% da solução para implantação do turno único poderia ocorrer em terrenos da prefeitura; áreas mais vulneráveis da cidade.



**Figura 30:** As 31 áreas prioritárias a serem atendidas até 2016

Fonte: cedido pela SME

Para cada área selecionada como prioritária, foi definido, em conjunto com as Coordenadorias Regionais de Educação, qual seria o atendimento futuro das unidades escolares já existentes. Por exemplo, uma escola pequena, onde atualmente funcione algum segmento do ensino fundamental, poderá ser adaptada para passar a abrigar um EDI. A partir dessa definição e da estimativa de demanda da área, em trabalho conjunto entre SME e RioUrbe, foi calculada a necessidade de reformas e ampliações (somando 77 unidades) e de novas construções por segmento (somando 136 novas unidades)<sup>56</sup>.

<sup>56</sup> A proporção 3:2:1 é aplicada em cada uma das áreas, inclusive no que se refere à distribuição territorial das unidades escolares (ver figura 28). Exceção é feita nas áreas da Maré, onde os espaços disponíveis para construção são representados por dois grandes terrenos que abrigam dois conjuntos de unidades escolares.

Nas 201 áreas restantes, as escolas existentes também estão sendo avaliadas e reorganizadas (ainda que com funcionamento em mais de um turno), a partir da definição do atendimento futuro de cada uma delas. Futuramente serão definidas novas áreas com prioridade de atendimento.

Na seleção dos terrenos para as novas construções, procura-se evitar ao máximo as desapropriações. Os terrenos utilizados geralmente pertencem à prefeitura, inclusive praças e áreas verdes, ou são obtidos através do cumprimento dos Artigos 132, 133 e 134 do Decreto Municipal nº 322 de 3 de março de 1976 - Aprova o Regulamento de Zoneamento do Município do Rio de Janeiro, dedicado à cidade formal (ver ANEXO 1).

A seleção envolve diversos órgãos e secretarias, além da Secretaria Municipal de Educação, tais como a RioUrbe, a Secretaria Municipal da Fazenda, a Secretaria Municipal de Urbanismo, a Secretaria Municipal da Casa Civil, entre outros.

A análise da viabilidade física de implantação do projeto no terreno é feita pelo Setor de Projeto da RioUrbe, não lhe cabendo decisões políticas e urbanísticas. Assim, o veto à construção de uma escola em um parque, por exemplo, está fora de seu alcance.

Em diversos casos, terrenos inadequados são aprovados sob o argumento da relação “custo benefício”, considerando uma segunda opção ainda mais problemática, tal como um longo período de espera para desapropriação.

Na vistoria dos terrenos, a RioUrbe utiliza o “Relatório de Vistoria de Terreno para Construção de Unidade Escolar” elaborado pelo FNDE – Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (ver ANEXO 2).

### **Alguns comentários**

Ficou evidenciada, tanto na fala dos profissionais entrevistados quanto nos textos consultados em *sites* oficiais da prefeitura, a intensa busca pela utilização de terrenos pertencentes ao Município. Declarou-se, inclusive, como um dos critérios para a seleção de áreas a serem prioritariamente atendidas, a escolha de regiões onde mais de 80% das construções poderiam ocorrer em terrenos da prefeitura. A condição certamente evita uma série de entraves e agiliza significativamente um programa de caráter emergencial.

Ocorre que, como solução largamente adotada e a exemplo de programas anteriores, praças e parques públicos continuam sendo subtraídos. Situação duplamente insatisfatória, visto que frequentemente opta-se por extrair da área pública a menor faixa possível, o que gera uma praça ou um parque “mutilado” e uma escola com terreno insuficiente. Fica o questionamento: até quando as escolas da cidade serão construídas apenas em caráter emergencial?

Também destacamos que a legislação vigente (Decreto Municipal 322/1976, ver ANEXO 1) permite o licenciamento para a construção de grupamento de edificações residenciais, com menos de 500 unidades, desde que cedido gratuitamente ao Município um lote destinado a equipamento urbano comunitário público nas seguintes condições:

- No caso do terreno do empreendimento possuir área superior a 10.000m<sup>2</sup> e igual ou inferior a 30.000m<sup>2</sup> - a área do terreno doado varia entre 500m<sup>2</sup> e 1.500m<sup>2</sup>;
- Caso o terreno do empreendimento possua área superior a 30.000m<sup>2</sup> - a maioria absoluta dos lotes cedidos possui área de 2.000m<sup>2</sup> <sup>(57)</sup>;

Em se tratando de grupamentos com 500 unidades residenciais ou mais, a exigência corresponde à cessão do lote – onde também prevalecem os 2.000m<sup>2</sup> de área<sup>58</sup> - e à construção de escola, em número estipulado a partir do número de unidades residenciais.

Tem-se assim, outra parcela de escolas públicas construídas em terrenos de apenas 2.000m<sup>2</sup>, área frequentemente insuficiente para comportar o programa ali implantado.

Quanto ao relatório utilizado na vistoria dos terrenos, considera-se que a sua abrangência é insuficiente e, por este motivo, no Capítulo 5 será apresentada uma proposta de revisão deste documento.

Podemos identificar a simplificação que a fase de planejamento das escolas públicas do Rio de Janeiro vem sofrendo. Apesar da parceria benéfica de entidades públicas em prol de um objetivo comum – a construção e a manutenção da rede escolar – nesse contexto parece não estar havendo oportunidade para o adequado delineamento do empreendimento na fase de planejamento. Observa-se o exíguo espaço dado à análise e ao debate acerca de inovações, revisão de valores, metas de desempenho, exigências, recomendações e restrições, **no que se refere ao ambiente construído propriamente dito**.

De um lado temos a SME, que desempenharia o papel da Contratante, mas que não possui equipe técnica (arquitetos e engenheiros) para desenvolver ou supervisionar a elaboração de uma consistente documentação que norteie o empreendimento, como o programa de necessidades e o caderno de encargos ambientais. Do outro lado, a RioUrbe, que desempenharia o papel da Contratada, cuja equipe técnica se mantém absorta em atividades de concepção e construção, perseguindo o cumprimento de prazos.

A quem ficaria a atribuição de identificar, analisar, debater, rejeitar, aceitar e priorizar valores tais como: interação da edificação com seus usuários e com o processo pedagógico, inovação no espaço educacional, eficiência funcional, promoção de saúde e conforto aos

---

<sup>57</sup> Considerando ser necessário que o terreno do empreendimento possua área superior a 100.000m<sup>2</sup> para que a legislação exija que o lote doado ultrapasse os 2.000m<sup>2</sup> de área.

<sup>58</sup> Idem nota anterior.

usuários, relação harmoniosa com o entorno, segurança, uso consciente de recursos, minimização de emissões poluentes e redução de custos, todos inerentes ao planejamento do ambiente construído?

A essa carência, acrescenta-se a complexidade (ou, quem sabe, parcial impossibilidade) da definição de metas de desempenho, exigências, recomendações e restrições, ignorando completamente todas as implicações advindas do sítio de implantação e da comunidade local, visto tratar-se de um projeto padronizado - a ser implantado nas mais diversas localidades. Afinal, é justamente a adequação deste tipo de projeto a sítios diversos, que se apresenta como uma das maiores fragilidades do processo.

Como conceber um projeto que atenda aos requisitos de qualidade ambiental quando não há sítio definido para implantação? Como projetar uma edificação que apresente bom desempenho nos contextos mais variados? Que diretrizes devem ser seguidas para que essa edificação seja concebida? Como tirar partido dos elementos positivos e contornar os negativos, se cada sítio possui suas peculiaridades?

### **3.3.2 Concepção**

A atual reestruturação da Rede Escolar Municipal, em atendimento ao turno único, contempla a construção de novas unidades e a adaptação de existentes. O exame de tais adaptações não pertence ao escopo da presente pesquisa. Por este motivo, o momento atual aqui será abordado apenas através de comentários referentes à construção das novas escolas feita através do programa denominado Fábrica de Escolas do Amanhã Governador Brizola.

A elaboração do projeto básico se deu com a instituição de um Grupo de Trabalho<sup>59</sup>, constituído por representantes do Gabinete do Prefeito, da SME e da RioUrbe, sob a coordenação dos primeiros, com objetivo de apresentar, em até 60 dias, os conceitos e projetos básicos do Programa Fábrica de Escolas.

Caberá ao referido Grupo de Trabalho planejar, projetar, normatizar, parametrizar e orçar o projeto básico, avaliando condição pós-uso com propostas de conservação para os edifícios escolares, seguindo preceitos construtivos de modularidade, racionalidade, pré-fabricação, segurança, sustentabilidade, ecologia, conforto térmico, acústico, economicidade, ergometria, eficiência energética e materiais sustentáveis (RIO DE JANEIRO, 2013).

De acordo com a descrição de Siqueira (2014), o sistema construtivo é composto da seguinte forma: estrutura em peças pré-fabricadas de concreto armado; paredes internas e

---

<sup>59</sup> Decreto Nº 36650 de 1º de janeiro de 2013, Institui Grupo de Trabalho no Gabinete do Prefeito e cria na RIO-URBE a Diretoria de Obras Escolares (RIO DE JANEIRO, 2013).



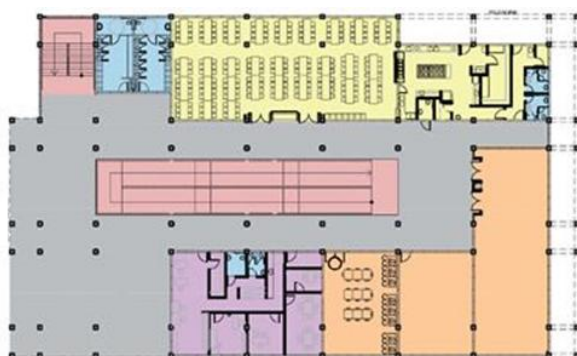
externas em painéis de 15 cm tipo sanduíche (chapas de aço galvanizado, duas camadas de poliuretano e preenchimento com lã de PET); cobertura em telha tipo sanduíche com chapa interna perfurada e preenchimento com lã de PET; janelas em alumínio e vidro duplo de 10 mm; forros acústicos especiais<sup>60</sup>.

Além das várias estratégias mencionadas, visando ao controle térmico e acústico, foi criada uma segunda pele constituída por elementos vazados na envoltória do edifício, evitando que a radiação solar atinja diretamente os painéis de vedação e as janelas, enquanto a distância entre tais elementos permite que o excesso de calor seja dissipado por ventilação natural (SIQUEIRA, 2014).

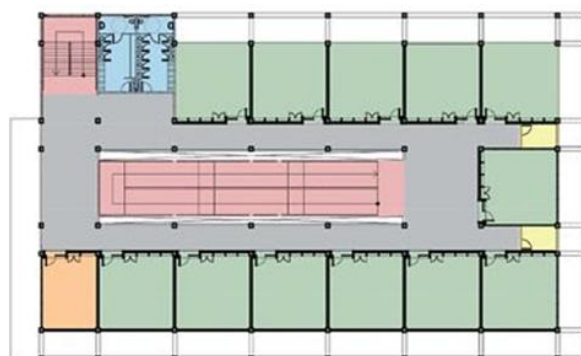
Ainda assim, considerando o clima da cidade, todas as salas de aula e de trabalho serão climatizadas por meio de equipamentos, estando as estratégias de controle térmico da edificação também voltadas para a eficiência energética.

Siqueira (2014) segue descrevendo que o modelo arquitetônico modular pode ser adaptado para terrenos com diferentes configurações, sendo que o tamanho do terreno também determina o projeto das áreas externas das unidades. A autora cita o diretor de obras escolares da RioUrbe que resume "lotes maiores recebem, naturalmente, melhores urbanizações, enquanto lotes menores, comumente encontrados em áreas de risco e nas comunidades, devem contar com urbanizações mais reduzidas".

A Figura 31 apresenta, em linhas gerais, o modelo de projeto do Programa.

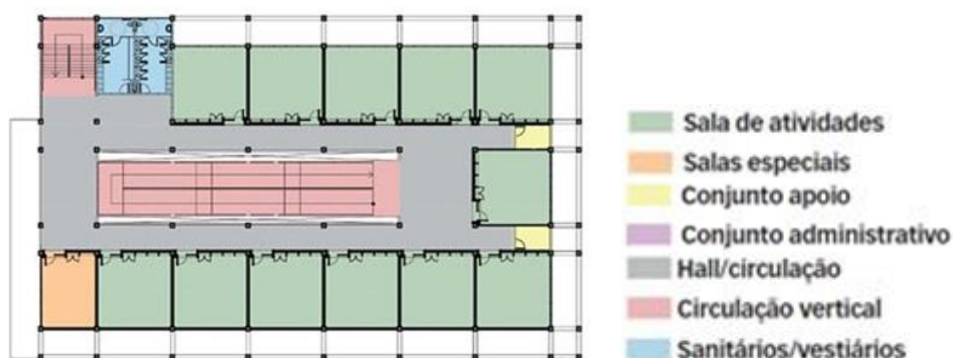


(a) Térreo



(b) 1º Pavimento

<sup>60</sup> A criação dos forros acústicos especiais ainda estava em fase de desenvolvimento quando das entrevistas com profissionais da RioUrbe em janeiro de 2015.



(c) 2º Pavimento



(d) Sala de aula



(e) Exterior

**Figura 31:** Modelo de projeto do Programa Fábrica de Escolas do Amanhã Governador Brizola

Fonte: Siqueira (2014)

Em conformidade com as informações provenientes de entrevistas realizadas, em janeiro de 2015, com profissionais da RioUrbe, serão apresentados a seguir alguns dados referentes à concepção das escolas.

Após a elaboração dos primeiros modelos pelo Grupo de Trabalho instituído com esse fim, a RioUrbe assumiu a continuação do projeto básico: desdobramento do projeto existente em outras alternativas compatíveis com os terrenos disponíveis e o estudo de implantação dos modelos nesses terrenos.

Conforme já mencionado, no atual programa, a SME julga ideal o número de 24 salas de aula por unidade escolar (para Primário ou Ginásio). Considerando que diversos terrenos a serem utilizados não comportariam esse número de salas, foram criados sete modelos de prédios (e seus rebatimentos), correspondendo a escolas com 24 ou 12 salas de aula, em 2 ou 3 pavimentos.

A edificação principal é a mesma para abrigar o Primário ou o Ginásio, apresentando essas unidades as seguintes diferenças: a Sala de Multiuso do Primário se transforma em Laboratório de Ciências no Ginásio; a Quadra do Ginásio é maior.

A licitação da obra inclui o conjunto de projetos executivos, inclusive o arquitetônico, ficando a cargo do Setor de Projetos da RioUrbe a aprovação dos serviços relativos ao projeto executivo de arquitetura.

Ao serem consultados a respeito da bibliografia de referência utilizada para elaboração dos projetos escolares, os profissionais da RioUrbe citaram o *Manual para elaboração de projetos de edifícios escolares na cidade do Rio de Janeiro* produzido pelo IBAM – Instituto Brasileiro de Administração Municipal (1996) e o material disponibilizado pelo FNDE - Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, em seu site.

### **Alguns comentários**

A solução arquitetônica adotada demonstra cuidados direcionados à eficiência energética e ao conforto térmico, visual e acústico. Destaca-se a implementação de medidas relativas à obtenção do conforto acústico, frequentemente desprezado em programas anteriores.

No entanto, sabe-se que a intenção de produzir uma arquitetura alinhada aos princípios do bioclimatismo e da eficiência energética, inserindo nesse projeto elementos que trabalhem para tal, certamente não é suficiente. Para que funcionem efetivamente, esses elementos devem ser especificados, dimensionados e localizados adequadamente. Além disso, o desempenho do conjunto/sistema precisa ser testado, visto que um elemento interfere no outro. A presente pesquisa se ateve à descrição do sistema construtivo empregado e não investigou de que forma o projeto foi concebido.

Acrescenta-se a esse complexo sistema um amplo número de variáveis decorrentes do sítio de implantação: condições climáticas locais, condições oferecidas pelo entorno e condições de implantação no terreno. É fato que o partido arquitetônico adotado para a edificação procurou prepará-la para os mais diversos contextos, onde, por exemplo, condições adversas de radiação solar, de ventilação e de ruído poderiam ser controladas por vedos térmicos e acústicos, climatização artificial e janelas com vidros duplos e integralmente protegidas por elementos vazados. Ainda assim, face aos mais variados contextos, não se sabe qual será o desempenho desse grupo de edificações.

Também no que se refere às dimensões, há possibilidade de adaptação da edificação a variados terrenos por existirem sete opções de planta (e seus rebatimentos). Entretanto, isso não é garantia de boas implantações. Em função da demanda de vagas e da dificuldade de obtenção de terrenos adequados, há sempre a possibilidade de que, a exemplo de programas anteriores, as maiores unidades possíveis sejam “encaixadas” nos terrenos disponíveis.

Aliás, nesse programa são identificados procedimentos recorrentes e problemáticos tais como os critérios utilizados para seleção e obtenção dos terrenos, conforme discutido anteriormente. Da mesma forma, constata-se que, mais uma vez, o projeto da edificação padronizada está desvinculado da implantação deste mesmo projeto nas diversas localidades. A edificação foi concebida – em nível de projeto básico – pelo Grupo de Trabalho instituído por decreto, cabendo posteriormente a outro grupo de profissionais os estudos de implantação nos terrenos disponíveis.

Essa situação tem sido vista com frequência em vários programas destinados à construção de inúmeras escolas, na cidade e no estado do Rio de Janeiro<sup>61</sup>. Na concepção dos CIEP, por exemplo, Oscar Niemeyer projetou as edificações e concebeu alguns estudos de implantação que serviram de modelo (ver Figura 19). No entanto, ao longo de anos, centenas de unidades foram construídas com implantações concebidas por outros profissionais sem participação alguma de Niemeyer ou de sua equipe, tampouco com diagnósticos sequer razoáveis dos sítios de implantação. Na verdade, a rapidez da construção era prioritária e o processo se dava como uma verdadeira “produção em série”.

Outra questão problemática na construção das escolas é a prática corrente na prefeitura de, em nome da simplificação das licitações, incluir no pacote de contratação da obra a elaboração dos projetos executivos. A situação é lícita, de acordo com a Lei Federal Nº 8.666 (1993), mas desastrosa no que se refere à qualidade arquitetônica. Ocorre que, no caso de haver conflito de interesses entre a qualidade do projeto arquitetônico e algum tipo de facilidade para a execução da obra, o construtor frequentemente opta por facilitar a construção, em detrimento da boa arquitetura. A liberdade para que isto aconteça é grande, já que é o próprio construtor quem está contratado para desenvolver o projeto arquitetônico.

### **3.3.3 Construção**

Conforme já esclarecido, a presente pesquisa não pretende analisar a fase de construção das escolas. Desse modo, não foram pesquisadas as práticas que regem as contratações das empresas fornecedoras de produtos e serviços, tampouco as relativas à implantação de um canteiro de obras sustentável.

Quanto às exigências ambientais aplicadas, ressalta-se que, para a contratação, não é solicitado que as construtoras apresentem seus sistemas de gestão ambiental. Contudo, é exigido que a seguinte legislação seja obedecida<sup>62</sup>:

---

<sup>61</sup> Relato da autora a partir de sua experiência profissional.

<sup>62</sup> Informações provenientes de entrevistas realizadas, em janeiro de 2015, com profissionais da RioUrbe.

- Decreto Nº 27078 – Institui o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e dá outras providências (RIO DE JANEIRO, 2006);
- Decreto Nº 21682 – Extração Mineral, Exploração de Recursos Hídricos e Terraplenagem - Regulamentação (RIO DE JANEIRO, 2002);
- Decreto Nº 27715 – Regulamenta a Lei Municipal Nº 4352/2006 e estabelece procedimentos para controle ambiental e contratações públicas que envolvam produtos e subprodutos de madeira, no âmbito do município do Rio de Janeiro e dá outras providências (RIO DE JANEIRO, 2007);
- Resolução Conjunta SMAC/SMU Nº 005/1998 – Dispõe sobre procedimentos a serem adotados no licenciamento de projeto de loteamento, construção, ampliação, instalação e funcionamento de atividades que possam causar danos ao meio ambiente (RIO DE JANEIRO, 1998);
- Decreto N.º 23940 - Torna obrigatório, nos casos previstos, a adoção de reservatórios que permitam o retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem (RIO DE JANEIRO, 2004);
- Resolução Conjunta SMG/SMO/SMU Nº 001/2005 - Disciplina os procedimentos a serem observados no âmbito dessas secretarias para o cumprimento do Decreto nº 23940/2004 (RIO DE JANEIRO, 2005).

Por fim ressaltamos que um problema recorrente em obras, especialmente em se tratando de obras públicas, é a falta de fidelidade ao projeto. Uma variedade de casos similares ao descrito no item 2.2.2, aqui poderiam ser apresentados. Para que tal hábito seja abandonado, é necessária a conscientização dos profissionais responsáveis pela construção e pela fiscalização.

### **3.3.4 Utilização**

Existe intenção de que a entrega das unidades escolares, construídas pelo Programa Fábrica de Escolas do Amanhã Governador Brizola, à SME, seja acompanhada de fornecimento do Manual do Usuário e de atividades de treinamento. Quanto à realização de APO, esta ainda não é uma prática da RioUrbe e da SME<sup>63</sup>.

Compreendida a abrangência do processo de projeto de uma edificação escolar e de como as questões ambientais se inserem neste processo – principalmente no tocante à problemática estudada e ao momento atual das escolas públicas cariocas – passaremos a examinar como pode ser conduzido o projeto arquitetônico de tais escolas para que os requisitos de conforto ambiental sejam atendidos. Este é o objetivo do próximo capítulo.

---

<sup>63</sup> Informações provenientes de entrevistas realizadas, em janeiro de 2015, com profissionais da RioUrbe.

## CAPÍTULO 4 – Para Atender aos Requisitos de Conforto Ambiental

A rede pública escolar brasileira tem necessidades que requerem soluções relacionadas a um bom projeto de arquitetura com viés bioclimático<sup>64</sup>. O conceito de bioclimatismo visa a criação de um ambiente construído sadio, agradável e provido de conforto físico, adaptado ao clima local e que, por consequência, minimiza o consumo de energia.

Conceitualmente Romero (2001) trabalha com base em três autores Serra, López e Cook que, em sua opinião, apresentaram premissas que devem obrigatoriamente estar presentes no tratamento do espaço:

- Serra<sup>65</sup> - Arquitetura bioclimática é aquela que otimiza, no seu próprio desenho arquitetônico, suas relações energéticas com o entorno e o meio ambiente.

- López de Asiain<sup>66</sup> – considera que o bioclimatismo vai além da incorporação dos aspectos climáticos, e inclui também os aspectos culturais e históricos do lugar.

- Cook<sup>67</sup> – para o autor, cultura e clima de um lugar são geradores de ideias originais, de vitalidade e de preservação dos mais profundos valores humanos. Uma arquitetura baseada nestes fatores expressa um regionalismo.

Tais autores coincidem ao atribuir ao **lugar-sítio-região** um papel central na arquitetura.

Será isso o que determinará a propriedade e a adequação de uma resposta arquitetônica às necessidades do homem. Nesse sentido, tanto 'o edifício único para todas as nações e climas' de Le Corbusier como a casa solar como solução única para todos os problemas energéticos das nações desenvolvidas mostram-se insuficientes e inferiores à arquitetura vernácula<sup>68</sup>] (ROMERO, p. 28, 2001).

Ao aplicarmos os estudos de bioclimatologia à arquitetura, consideramos que o clima é parte fundamental do contexto de projeto e que a arquitetura deverá atender às exigências humanas de conforto, com economia de energia.

---

<sup>64</sup> Serra diz que gostaria que no futuro não se falasse de “arquitetura bioclimática” para referir-se a uma arquitetura correta, que faz esforços para reconciliar as necessidades humanas de abrigo com os elementos do clima (SERRA, 1989, apud ROMERO, 2001).

<sup>65</sup> SERRA, M.T.J. Ruido y planeamiento urbano: El ruido em La ciudad gestión y control. Madrid: Sociedade Española de Acustica, 1989.

<sup>66</sup> LÓPEZ DE ASIAIN, J. El enfoque bioclimático em arquitectura. Lección inaugural del Curso Académico 1989/1990 em La Universidade de Sevilla.

<sup>67</sup> COOK, J. The post-industrial culture of regionalism. Proceedings of Passive Solar Architectura Conference. Iugoslávia, 1988.

<sup>68</sup> Arquitetura vernácula é aquela que utiliza conhecimentos empíricos transmitidos por várias gerações (ROMERO, 2001).

Como habitual nos estudos meteorológicos e geográficos, Lamberts et al. (1997) consideram para análise, o clima sob três escalas distintas, porém interconectadas:

- **Macroclima** – composto pelas variáveis climáticas da região, que são quantificadas em estações meteorológicas e descrevem as características gerais de uma região em termos de insolação, cobertura de nuvens, temperatura, ventos, umidade e precipitações;
- **Mesoclima** - modificações do macroclima provocadas por condições locais, tais como: o litoral, o campo, as florestas, os vales e as regiões montanhosas. É aqui que variáveis como a vegetação, a topografia, o tipo de solo e a presença de obstáculos naturais ou artificiais irão influenciar nas condições locais de clima;
- **Microclima** – de forma semelhante ao mesoclima, porém bem mais próximo da edificação. Este sofre as conseqüências das construções e do aglomerado urbano.

A valorização do lugar por fatores além dos físicos e climáticos - tais como os códigos sociais e os valores culturais – também é de relevância na elaboração do projeto sustentável.

Todos esses fatores, isto é, os **parâmetros contextuais e ambientais**, se revelam importantes para as decisões arquitetônicas e devem ser analisados cuidadosamente. Como a infraestrutura urbana<sup>69</sup>, a legislação em vigor, o entorno construído, os aspectos socioculturais e econômicos locais, os aspectos físico-climáticos regionais e locais; e as especificidades do terreno (AZEVEDO et al., 2006). Em função do recorte desta pesquisa, os parâmetros contextuais e ambientais aqui examinados serão aqueles que diretamente impactam nas condições de conforto ambiental.

Assim, o presente capítulo sugere um roteiro a ser percorrido para a elaboração de um projeto arquitetônico escolar que atenda aos requisitos de conforto ambiental, já focalizando a cidade do Rio de Janeiro. Para tanto, faz uma breve análise do clima da cidade, mostra a abrangência que o diagnóstico físico-climático do sítio deve ter e demonstra como chegar às diretrizes de projeto a partir do clima regional. Em seguida, apresenta as principais estratégias de projeto para edificações escolares com climatização natural (e eventualmente artificial) localizadas no clima tropical úmido e delas extrai os **questos arquitetônicos** que devem ser observados na fase de concepção. Em virtude do recorte deste trabalho, finalmente concentra a atenção nos questos relacionados ao plano de massas e ao ambiente externo, passando a chamá-los de **referenciais**.

---

<sup>69</sup> Saneamento básico, rede elétrica, rede de dados e transporte coletivo.

## 4.1 O clima da cidade do Rio de Janeiro

A cidade do Rio de Janeiro, localizada a 22°54' de latitude Sul e 43°12' de longitude Oeste, possui relevo acidentado e predominância do **clima tropical úmido**, ou **tropical atlântico**, que compreende extensa faixa litorânea entre o Rio Grande do Norte e o Paraná. As chuvas são intensas pela ação direta da massa tropical atlântica, quente e úmida, sendo que os maiores índices pluviométricos, no caso da região Sudeste, ocorrem no verão (IBGE, 2015).

Com base em Romero<sup>70</sup>, Barbirato et al. (2011), destacam as características do clima tropical úmido que julgam de maior importância para o projeto arquitetônico e urbanístico: dias quentes, com pequena amplitude das variações térmicas diurnas, e noites com temperaturas mais amenas; alto teor de umidade do ar; com as duas estações: verão e inverno tendo pequena variação de temperatura entre elas; radiação solar direta amenizada pelo vapor d'água presente na atmosfera, resultando, porém, em radiação difusa muito intensa.

A temperatura da cidade é caracterizada por médias máximas entre 25 e 30,2°C e médias mínimas entre 18,4 e 23,5°C, enquanto a umidade relativa do ar fica entre 77 e 80% (Tabela 1).

**Tabela 1:** Normais Climatológicas do Rio de Janeiro<sup>71</sup>

Var(*)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	29.4	30.2	29.4	27.8	26.4	25.2	25.3	25.6	25	26	27.4	28.6
2	23.3	23.5	23.3	21.9	20.4	18.7	18.4	18.9	19.2	20.2	21.4	22.4
3	26.2	26.5	26	24.5	23	21.5	21.3	21.8	21.8	22.8	24.2	25.2
4	79	79	80	80	80	79	77	77	79	80	79	80

(\*) Variáveis: 1- Temperaturas Médias Máximas (°C); 2- Temperaturas Médias Mínimas (°C); 3- Temperaturas Médias (°C); 4- Umidades Relativas Médias (%). Fonte: UFSC (2010)

A crescente urbanização tem demonstrado forte influência no clima da cidade. Podemos citar a comparação feita, por Corbella e Stangenhuis (1999), entre os dados das Normais Climatológicas dos períodos de 1901 a 1930 e de 1961 a 1990. “Os dados desta última apresentam valores comparativos das temperaturas média, máxima e mínima

<sup>70</sup> ROMERO, M.A. B. Princípios bioclimáticos para o desenho urbano. São Paulo, Proeditores, 1988.

<sup>71</sup> As Normais Climatológicas, dados climáticos mais difundidos no Brasil (LAMBERTS et al., 2014), são compostas por valores médios e extremos mensais das variáveis climáticas, resultantes de medições realizadas ao longo de trinta anos, de forma padronizada. Os valores aqui apresentados correspondem aos mais recentes resultados concluídos – 1961 a 1990.



superiores à da primeira em até 1°C, o que em se tratando de médias, representa um valor muito expressivo” (CORBELLA e STANGENHAUS, p. 3, 1999).

Durante o dia as altas taxas de umidade relativa do ar contribuem na região para uma redução da incidência direta da radiação solar, e à noite a nebulosidade reinante impede a irradiação para o espaço do calor acumulado no solo e no ambiente construído. Este comportamento climático contribui para um enorme desconforto térmico, “por vezes pior que o das zonas tropicais secas onde as temperaturas alcançam níveis mais altos” (REIS-ALVES, p. 346, 2006).

Para análise da insolação em determinada localidade, os estudos da geometria solar<sup>72</sup> nos fornecem uma importante ferramenta de projeto: a carta solar<sup>73</sup>. Através de uma carta solar de latitude correspondente ao terreno estudado, é possível visualizar o percurso aparente do sol, identificando seu azimute<sup>74</sup> e sua altura nas diferentes horas do dia, em cada estação do ano.

A Figura 32 apresenta a carta solar da cidade do Rio de Janeiro, e tomando-se como exemplo as fachadas voltadas para o Sul e para o Norte, são possíveis algumas constatações, tais como:

- a fachada Sul começa a receber radiação solar no início de outubro (apenas nas primeiras e nas últimas horas do dia), a incidência vai aumentando progressivamente e culmina no solstício de verão (quando recebe sol praticamente durante todo o dia). Em seguida passa a decrescer até que, no início de março, volta a receber sol apenas nas primeiras e nas últimas horas do dia.
- a fachada Norte começa a receber radiação solar direta durante algumas horas (próximas ao meio-dia) a partir do final de janeiro, expandindo esta incidência até que de meados de março a meados de setembro receba sol por todo o dia, para em seguida voltar a diminuir o período diário progressivamente.

A caracterização das condições luminosas da abóbada celeste depende das condições atmosféricas e climáticas, havendo ainda alterações decorrentes do movimento aparente do Sol ao longo do dia e do ano. No clima tropical úmido, dispõe-se das fontes de luz natural direta (Sol) e difusa (céu) durante a maior parte do ano, sendo a radiação difusa muito intensa, em decorrência, principalmente, da alta quantidade de vapor d'água na

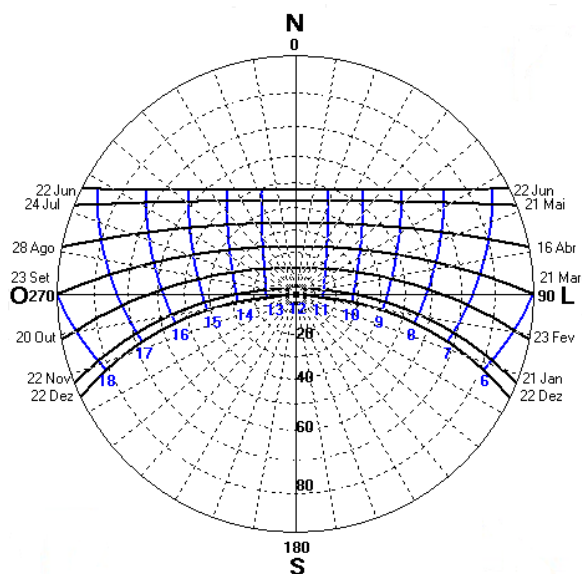
---

<sup>72</sup> Corresponde ao estudo da trajetória aparente do sol, que permite determinar graficamente os ângulos de incidência do sol, em função da latitude, da hora e da época do ano. Para aprofundamento do tema, ver Frota (2004).

<sup>73</sup> As cartas solares consistem na representação gráfica das trajetórias aparentes do Sol, projetadas no plano do horizonte do observador, para cada latitude específica.

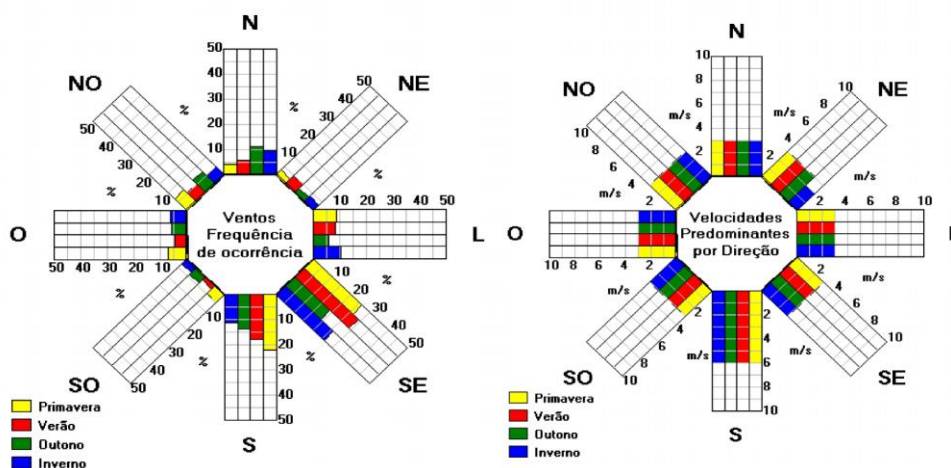
<sup>74</sup> O azimute solar é a medida angular tomada a partir da orientação norte do observador (FROTA e SCHIFFER, 2003).

atmosfera. Na cidade do Rio de Janeiro, a condição de céu típico é caracterizada, durante a maior parte do ano, como parcialmente encoberto (SCARAZZATO,1995).



**Figura 32:** Carta solar da cidade do Rio de Janeiro  
Fonte: UFSC (2009)

Conforme indicam os dados da estação meteorológica do Aeroporto do Galeão (Figura 33), a direção dominante dos ventos em todas as estações do ano é a Sudeste, alcançando velocidades de até 3m/s nesta direção. A segunda direção mais frequente é a Sul, onde os ventos apresentam maior velocidade, chegando a alcançar 6m/s.



**Figura 33:** Rosas dos ventos indicando a frequência de ocorrência dos ventos no Rio de Janeiro em cada uma das oito orientações principais (à esquerda) e as velocidades predominantes por direção (à direita).  
Fonte: UFSC (2009)

Os valores referentes à frequência de ocorrência dos ventos em cada uma das oito orientações principais, também podem ser examinados na Tabela 2. Quanto às horas de calmaria (ventos ausentes), a Tabela 3 demonstra a ocorrência, de acordo com os períodos do dia, nas quatro estações do ano.

Dentre outras possíveis constatações, tais valores demonstram que no verão (estação crítica) 75.6% dos ventos ocorrem em alguma das oito orientações principais e os 24.4% restantes se dão em outras direções. Também se pode dizer que, na mesma estação, o maior número de horas de calmaria (ventos ausentes) ocorre durante o período da manhã (39.1% das horas da manhã), seguido pelo período da tarde (36.0% das horas da tarde).

**Tabela 2:** Frequência de ocorrência dos ventos no Rio de Janeiro (%)

	P	V	O	I
N	4.0	5.6	11.0	9.3
NE	2.9	4.2	2.3	3.3
L	8.4	8.3	5.8	10.3
SE	25.9	28.8	19.1	25.8
S	21.9	17.6	13.6	11.2
SO	4.5	1.9	3.6	2.6
O	7.0	4.2	5.5	6.1
NO	6.6	5.0	6.8	4.2

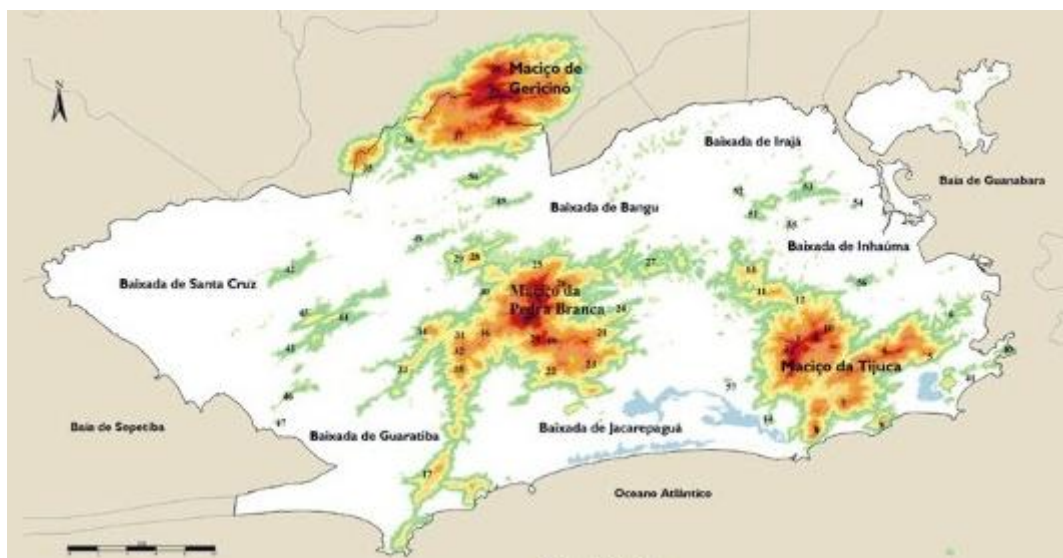
Fonte: UFSC (2009)

**Tabela 3:** Ventos ausentes no Rio de Janeiro (%)

	P	V	O	I
Madrugada	30.0	36.0	49.1	40.7
Manhã	25.7	39.1	46.6	40.9
Tarde	7.4	6.4	13.4	11.6
Noite	11.7	16.3	19.7	16.1

Fonte: UFSC (2009)

Algumas características geográficas têm grande influência no regime de ventos da região. Conforme mostra a Figura 34, além de a cidade ser litorânea, os ventos estão relacionados com duas baías (Baía de Guanabara e de Sepetiba) e sofrem a influência de dois maciços que atingem alturas significativas (Maciço da Tijuca e da Pedra Branca).

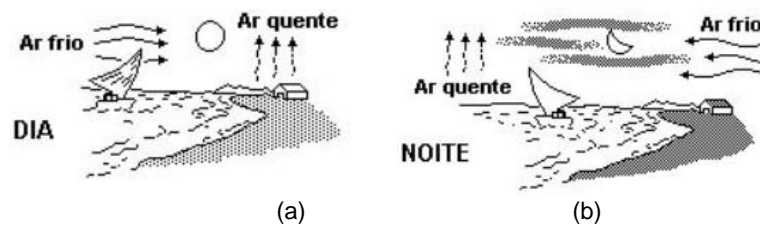


**Figura 34:** Relevo da cidade do Rio de Janeiro

Fonte: www.terrabrasil.org.br

Em regiões litorâneas, há as brisas terra-mar. Durante o dia a terra se aquece mais rapidamente que a água, e o ar passa a fluir da região mais fria para a mais aquecida, criando uma circulação da brisa marítima no sentido mar-terra. À noite este sentido se inverte, pois a água, por demorar mais a esfriar que a terra, estará momentaneamente

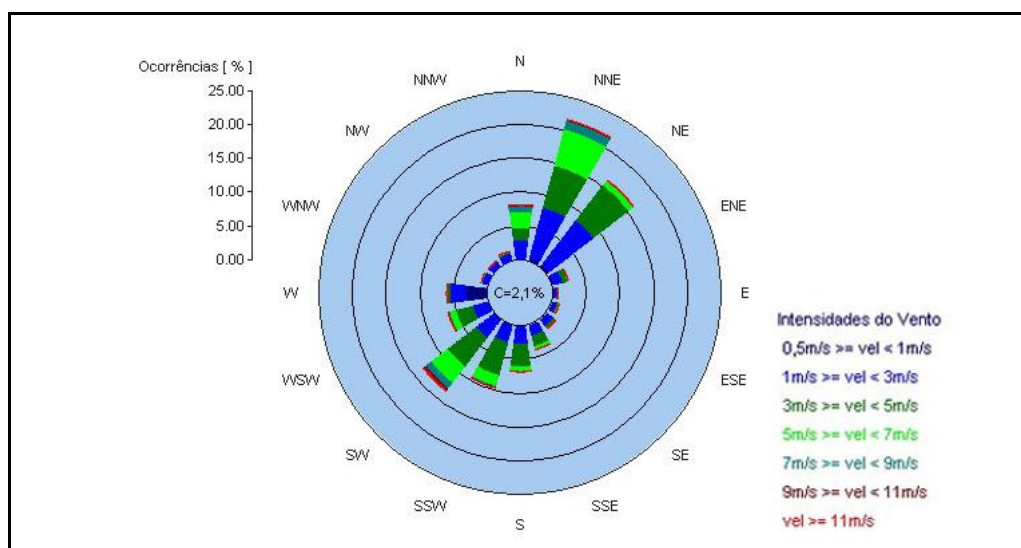
mais quente, gerando uma brisa terra-mar (FROTA e SCHIFFER, 2003). Assim, além de induzir ventos locais, as massas de água funcionam no amortecimento e diferenciação das variações térmicas, provocam aumento de umidade e alteração de pluviosidade.



**Figura 35:** (a) Brisa diurna marítima e (b) Brisa noturna terra  
 Fonte: professoralexeinowatzki.webnode.com.br

No Rio de Janeiro prevalecem os ventos vindos do oceano: as brisas dominantes Sudeste e Sul, e os ventos tempestuosos de Sudoeste. No entanto, como cidade litorânea, há que se considerar o vento terra. Também os maciços interferem sobremaneira, funcionando como barreira e modificando a direção dos ventos. Explicam-se assim, por exemplo, as altas temperaturas atingidas em Bangu, que se situa em uma baixada à grande distância do litoral e que não recebe os ventos vindos de SE/S, pois estes são barrados pelas montanhas.

Cada localidade tem suas peculiaridades climáticas que devem ser levantadas e observadas. Cita-se o estudo realizado para caracterização do regime de ventos em Santa Cruz (WALDHEIM e SANTOS, 2004). Os resultados (Figura 36) mostram que a região apresenta um padrão de vento cuja persistência ocorre nos quadrantes Sudoeste e Nordeste em todas as estações do ano, sendo que os horários de ocorrência demonstram que o regime é marcadamente influenciado pelas brisas de mar e de terra, determinadas pela presença da Baía de Sepetiba.



**Figura 36:** Rosa dos Ventos para a estação de Furnas Santa Cruz para o período de janeiro de 2001 a dezembro de 2003.  
 Fonte: Waldheim e Santos (2004).

Assim, cada sítio de implantação requer do projetista uma grande atenção sobre o regime dos ventos atuantes, não só observando os dados do INMET<sup>75</sup>, do INPE<sup>76</sup>, ou dos aeroportos (Santos Dumont, Galeão e Jacarepaguá), mas também entrevistando os habitantes locais para confirmar a situação reinante dos ventos.

## **4.2 Diagnóstico físico-climático do sítio**

O clima de uma região pode ser modificado por diversos fatores locais como relevo, presença de vegetação, tipo de solo, capacidade térmica dos materiais presentes nas superfícies, proximidade de corpos d'água, presença de estruturas como edificações e ruas, entre outros. Estes elementos de influência dão origem aos diferentes mesoclimas e microclimas verificados em espaços de maiores ou menores dimensões, como um grupo de bairros, um bairro, uma praça, uma rua ou mesmo o espaço reservado a uma edificação.

Conforme visto no item 4.1, a cidade do Rio de Janeiro apresenta uma variedade de condições em nível mesoclimático. Apenas a título de exemplo, citam-se as discrepâncias climáticas entre bairros como Leblon<sup>77</sup>, Alto da Boa Vista<sup>78</sup> e Bangu<sup>79</sup>. Os fatores que causam desigualdades como estas, assim como aqueles condicionantes do microclima - referentes ao entorno próximo - devem ser avaliados caso a caso.

O reconhecimento do local é de suma importância e pode ser alcançado através de dados cadastrais, pesquisa, visitas ao sítio e entrevistas com moradores. Tal reconhecimento é decisivo na fase de planejamento, quando o terreno é selecionado e aprovado para a construção de nova unidade escolar.

A consulta à legislação orienta os afastamentos, os recuos e o número máximo de pavimentos permitidos na localidade, sendo estes aspectos de grande influência no desempenho ambiental do ambiente construído – interno e externo. Inclusive porque “mesmo sendo respeitados, os afastamentos laterais podem representar sombras indesejáveis no entorno do edifício e falta de iluminação e ventilação natural nos ambientes internos dependendo dos elementos presentes neste entorno” (LAMBERTS et al., p. 261, 2014).

A orientação determina as fachadas que deverão ser priorizadas na elaboração da volumetria da edificação, tendo como referência a insolação e o regime de ventos ao longo

---

<sup>75</sup> Instituto Nacional de Meteorologia.

<sup>76</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

<sup>77</sup> Bairro litorâneo.

<sup>78</sup> Bairro localizado no topo do Maciço da Tijuca.

<sup>79</sup> Bairro localizado na Baixada de Bangu.

do ano, sempre considerando também o entorno existente. O resultado pretendido é a obtenção de acesso solar controlado e de ventilação natural eficiente.

O estudo de todo esse contexto permite identificar os elementos que podem ser explorados e os que devem ser evitados ou, ao menos, minimizados, através de estratégias bioclimáticas de projeto.

A análise do terreno inclui aspectos importantes tais como: dimensões, forma, orientação, topografia, presença de vegetação, água, entorno construído, acessos, exposição a ruídos específicos, comprometimento da qualidade do ar (odores, gases, vapores e poeira).

Características como dimensões, forma e topografia deverão oferecer condições apropriadas à implantação da escola, considerando-se uma adequada relação entre a área construída e as áreas livres. Além de comportar espaços para serviços e estacionamento, o ambiente externo reúne importantes funções na escola, devendo ser preparado para atuar como espaço pedagógico, de recreação e de atividades físicas.

No caso de terrenos acidentados, as alternativas de corte ou aterro devem ser analisadas. Conforme cita o *Innovative Design* (2013), deve-se trabalhar com as curvas de nível, procurando evitar grandes movimentos de terra e minimizar as pavimentações impermeáveis. Ao mesmo tempo, é necessário ter em mente que a acessibilidade universal, não apenas à edificação escolar, mas também aos espaços externos, é questão primordial; o que faz com que a escolha do terreno e a implantação do equipamento escolar devam ser feitas com cautela.

Baseada na bibliografia consultada (BRASIL/MEC, 2002; AZEVEDO et al., 2006; CHPS, 2006, v.2), Paes (2008) lista algumas situações que devem ser evitadas. São elas:

- proximidade a zonas industriais com índice de poluição significativos e a antenas de transmissão, devido às ondas eletromagnéticas<sup>80</sup>;
- proximidade a zonas de ruído (aeroporto e indústrias). Em casos inevitáveis, devem-se solicitar aos órgãos competentes soluções construtivas de isolamento acústico (barreiras acústicas);
- terrenos situados sob redes de transmissão de energia elétrica;

---

<sup>80</sup> A atual posição da Organização Mundial da Saúde é de que nenhum estudo permite concluir que a exposição a campos de radiofrequência emitidos por telefones celulares ou suas estações de transmissão tenham alguma incidência nociva à saúde. A mesma organização vem avaliando as evidências científicas de possíveis efeitos adversos para a saúde dos campos eletromagnéticos desde 1996 através do projeto *EMF- International Electromagnetic Fields* e estabeleceu o ano de 2016 para a próxima análise geral de resultados (Fonte: <http://www.who.int>). O tema é bastante controverso. A Certificação AQUA, além de destacar que alguns trabalhos científicos levantaram questões que merecem ser aprofundadas, recomenda conduta específica quanto aos campos eletromagnéticos gerados no empreendimento (FCAV, p. 206, 2007).

- terrenos situados sobre dutovias (tais como adutoras, gasodutos, emissários, entre outros);
- terrenos situados próximos de encostas ou barrancos perigosos;
- terrenos onde haja a presença de elementos naturais nocivos à saúde humana, tais como asbesto ou metais pesados<sup>81</sup>;
- áreas pantanosas;
- terrenos inundáveis e oriundos de aterro sanitário.

Também é relevante a detecção de contaminantes no solo e para isso se faz necessária uma adequada investigação. Tratando do assunto, a Caixa Econômica Federal publicou o Guia Caixa: Sustentabilidade Ambiental - Caderno 2 intitulado “ Avaliação ambiental de terrenos com potencial de contaminação: gerenciamento de riscos em empreendimentos imobiliários” (Marker, 2008).

O guia propõe uma metodologia de avaliação de potencial de contaminação em terrenos alinhada com os procedimentos estabelecidos pela norma técnica NBR 15515-1<sup>82</sup>. A metodologia visa ao fornecimento de orientações técnicas e de procedimentos para a identificação e avaliação de indícios de contaminação em terrenos apresentados em propostas de financiamento a empreendimentos habitacionais submetidos à análise técnica de Arquitetura e Engenharia, a fim de prevenir eventuais riscos ambientais, legais e financeiros.

Entende-se que a abordagem de tal avaliação constitui tarefa extensa e específica, estando, por este motivo, fora do escopo da presente pesquisa. No entanto, cabe ressaltar que essa é uma questão de saúde pública e de extrema importância para a qualidade ambiental da edificação escolar. Consideramos, ainda, ser imperativo que escolas sejam implantadas em terrenos que atendam aos padrões residenciais (sem restrições, no que se

---

<sup>81</sup> Acrescenta-se o radônio, gás radioativo, incolor e inodoro, que se forma a partir do decaimento da atividade nuclear do urânio e do tório, únicos minerais radioativos encontrados na natureza. Este gás, altamente tóxico, vem sendo objeto de vasta pesquisa em todo o mundo. Segundo Brickus e Aquino Neto (1999), o radônio originário do solo pode entrar nas edificações através de fissuras e rachaduras localizadas no alicerce, nas paredes e nas lajes. Além disso, materiais de construção de origem natural, tais como tijolo cerâmico, mármore e granito, variam amplamente em concentrações desse gás. Níveis nocivos podem se acumular no interior das construções em áreas com baixa ventilação. A ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária ainda não classifica o radônio como um poluente do ar em ambientes internos (Resolução Nº 09/2003). No entanto, recomenda-se que as pesquisas sejam acompanhadas pois a *EPA – United States Environmental Protection Agency* o classifica como um dos principais poluentes em recintos fechados, representando um sério risco à saúde da população (Fonte: <http://www.epa.gov/radon>). No Brasil, o IEN - Instituto de Engenharia Nuclear informa que vem realizando estudos sobre o radônio desde 1994 e que estes seriam considerados padrão na América Latina pela AIEA - Agência Internacional de Energia Atômica. A pesquisa busca determinar a ocorrência de radônio no país e as formas de proteger a população de seus efeitos nocivos (Fonte: <http://www.ien.gov.br>).

<sup>82</sup> ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15515-1: Passivo ambiental em solo e água subterrânea. Parte 1: Avaliação preliminar**. Rio de Janeiro: ABNT, 2007. Versão corrigida: 2011.

refere à contaminação), conforme, por exemplo, o exigido pela Certificação LEED (USGBC, 2015b)

Ainda é essencial que no início da fase de concepção o arquiteto projetista faça sua análise do terreno e do entorno. Através de pesquisa, de visitas ao sítio, entrevistas com moradores, o profissional deverá apreender suficientemente o contexto em que a nova unidade escolar será inserida. Deverá, ainda, reexaminar os elementos contidos no programa de necessidades e, com uma visão só sua, ir além do que lhe foi apresentado.

Ele deve reinterpretar o programa, reorganizar a demanda e ir além, transcendendo-o, somando com um algo a mais que só ele enquanto criador pode extrair através de suas análises prévias. Em resumo, trata-se de compreender: as necessidades do empreendedor, a vocação do sítio, e como os moradores e/ou usuários percebem o lugar; e reinterpretá-los através da reformulação do problema. Esta pode ser expressa como premissas adotadas para o desenvolvimento do projeto. É importante destacar que não se trata de confrontar-se com o programa original, mas somar com uma nova forma de vê-lo, de interpretá-lo, percebendo lacunas e oportunidades em seus interstícios (ZAMBRANO, p. 200, 2008).

O registro das observações feitas, através de fotografias e/ou filmagens, se mostra de grande utilidade durante toda a fase de concepção, tirando dúvidas quanto a detalhes que podem vir a influenciar o processo decisório. Também é importante o acesso a imagens aéreas do sítio. Estas podem tirar dúvidas em relação a distancias, podem fornecer uma melhor identificação e melhor compreensão da malha urbana, da hierarquia das vias, do adensamento das construções, da cobertura vegetal e da arborização da região.

#### **4.2.1 O entorno natural**

A topografia afeta a temperatura do ar em nível mesoclimático. “Além da natural diferença de radiação solar recebida por vertentes de orientações distintas, um relevo acidentado pode se constituir em barreira aos ventos, modificando, muitas vezes, as condições de umidade e de temperatura do ar em relação à escala regional” (FROTA e SCHIFFER, p.60, 2003). Tais barreiras alteram a direção e a velocidade do vento e ainda podem dificultar a dispersão dos poluentes aéreos.

O relevo também influi nas condições acústicas urbanas, funcionando como barreira natural ou colaborando para a propagação do ruído.

A presença da vegetação na cidade, na forma de áreas verdes e de arborização nas vias urbanas e nos lotes, pode contribuir de maneira significativa para o conforto e para a economia de energia, atenuando problemas ambientais urbanos.



Considera-se como área verde urbana “o espaço de domínio público que desempenhe função ecológica, paisagística e recreativa, propiciando a melhoria da qualidade estética, funcional e ambiental da cidade, sendo dotado de vegetação e espaços livres de impermeabilização” (Art. 8º, § 1º, da Resolução CONAMA Nº 369/2006).

São áreas verdes urbanas aquelas localizadas no tecido intraurbano que contam com vegetação arbórea, arbustiva e/ou rasteira, tais como as praças e os parques urbanos; os jardins botânicos e zoológicos; as Unidades de Conservação (UC) e os corredores que interligam essas áreas, assim decretados pelo poder público. Essas áreas contribuem de modo significativo para a qualidade de vida e o equilíbrio ambiental nas cidades quanto melhor forem dimensionadas e distribuídas pelo território urbano em função das características ambientais locais (BARANDIER et al., p. 79, 2013).

Destaca-se a atuação da vegetação na redução das temperaturas de forma geral, através do sombreamento e da absorção da radiação solar, ressaltando-se ainda o sequestro de carbono por ela realizado. As massas verdes também auxiliam no controle de ventos, na absorção de ruídos, na filtragem de resíduos, na retenção da umidade do solo e do ar e na prevenção da erosão (BAHIA et al., 2012).

#### 4.2.2 O entorno construído

As alterações impostas pela urbanização ao ambiente natural geram o chamado “clima urbano”, com suas especificidades e problemas, sendo que as modificações climáticas são geradas pelas atividades antropogênicas e pelos elementos construídos que compõem o meio urbano.

- Um importante atributo relacionado com a forma urbana é a **Rugosidade**, que pode ser definida como a altura média das protuberâncias das superfícies e que influenciam na formação da camada limite e na circulação e intensidade dos ventos.

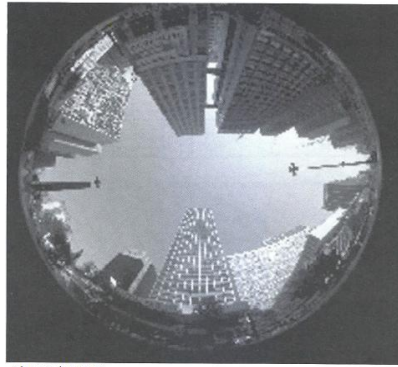
Os demais atributos são descritos por Barbirato et al. (2011) como:

- **Tamanho da cidade (horizontal e Vertical)** - influi na quantidade de fontes produtoras de calor e de poluentes, bem como as áreas com crescimento vertical intenso também estão associadas às altas temperaturas urbanas;
- **Permeabilidade do solo urbano** - está relacionada com a quantidade de superfície do solo urbano construído (edificações e pavimentações). A baixa permeabilidade pode provocar a redução da umidade do ar e da evaporação na área urbana, decorrente da pouca absorção das águas pluviais pela superfície do solo; maior quantidade de calor acumulado e altas temperaturas na estrutura urbana; além da tendência cíclica de inundações;
- **Propriedades dos materiais constituintes** - correspondem às propriedades físicas dos materiais constituintes da massa edificada, da vegetação e das superfícies, pavimentadas ou não (albedo, absorvância solar, emissividade, inércia térmica e índices de impermeabilidade);

- **Uso e ocupação do solo** - influenciam na distribuição das temperaturas dentro das estruturas urbanas, concentração/dispersão de atividades de acordo com o tempo (dias úteis / fins de semana); centralização/ descentralização de atividades (maior massa construída nos centros urbanos) e a proporção de áreas verdes;
- **Orientação** - refere-se à interferência do meio urbano nas condições de insolação e de incidência de ventos no terreno, através das barreiras edificadas.
- **Porosidade** - corresponde ao espaçamento entre as edificações e/ou arranjos morfológicos, diversidade de alturas das edificações e índice de fragmentação das áreas construídas que conferem maior ou menor permeabilidade do tecido urbano aos ventos. A diminuição da porosidade da malha urbana (redução de índices que definem afastamentos mínimos) entre o edifício e o limite do lote e o aumento do gabarito das edificações (altura da edificação) reduzem a velocidade dos ventos. Regiões de clima tropical úmido requerem uma malha urbana mais porosa e nestas localidades deve ser incentivado o uso de pilotis ou de pavimentos intermediários vazados, propiciando uma melhor ventilação natural e evitando a formação de ilhas de calor.
- **Densidade de construção** - corresponde aos aspectos relacionados a taxas de ocupação da área construída, distâncias entre edificações e alturas médias dos edifícios, além de detalhes da estrutura urbana como tamanho e forma das edificações e posição relativa entre as mesmas. Há estreita correlação entre densidade populacional e condições de conforto dentro de uma estrutura urbana. Givoni (1992, apud Barbirato et al., 2011) observa que para um clima quente e úmido, as melhores condições de conforto são obtidas com edifícios altos e estreitos (torres), o que permite uma certa distância entre eles. Os padrões de ocupação com maior densidade tendem a possuir as maiores médias de temperatura, enquanto que os padrões de ocupação com menores taxas tendem a possuir as menores médias.

Constata-se assim, que a morfologia urbana é determinante na composição dos microclimas da cidade, na medida em que **o fator de visão do céu, a quantidade de radiação solar incidente, o regime de ventos e a propagação dos ruídos** no ambiente urbano dependem diretamente da forma, distribuição e orientação das edificações.

O Fator de Visão do Céu (FVC), ou ângulo de obstrução do horizonte, é um parâmetro adimensional que representa a parcela de céu visível em um determinado ponto. Este parâmetro assume valores entre 0 (zero) e 1 (um) e indica a relação entre a área de céu obstruída e a área total da abóbada celeste visível (BARANDIER et al., 2013). A Figura 37 exemplifica uma conformação de visão do céu.



Alessandra Prata

**Figura 37:** Exemplo de conformação de visão do céu  
Foto de trecho de rua tirada com lente “olho de peixe”  
Fonte: Frota (2004)

A energia térmica irradiada pela superfície terrestre para o espaço durante o período noturno depende do estado da atmosfera circundante. O grau de umidade relativa do ar, assim como os constituintes gasosos, poeiras e aerossóis têm influência sobre esta troca radiativa. Quando o grau de umidade do ar é baixo e sem poluição, e a abóboda celeste se apresenta sem nuvens, neste caso a denominada “temperatura do céu” é menor do que a do ambiente em questão. Por conseguinte, há neste caso uma irradiação de energia da superfície terrestre para o espaço. Mas esta irradiação para o espaço das superfícies depende de sua visão para o céu. Quanto maior a visão do céu maior será esta troca de radiação. Por isso a capacidade de arrefecimento das superfícies urbanas está relacionada em parte com a obstrução do seu horizonte, evidenciando a importância da forma geométrica de uma superfície e de um conjunto de superfícies.

O fator de visão do céu também está diretamente relacionado à oferta de iluminação natural, pois se sabe que as fontes de luz natural são o Sol (luz direta), o céu (luz difusa - muito intensa no Rio de Janeiro) e as superfícies circundantes (luz refletida). A importância da iluminação natural no interior das edificações, especialmente no ambiente escolar, já foi ressaltada no item 1.3.2 (p. 19) deste trabalho.

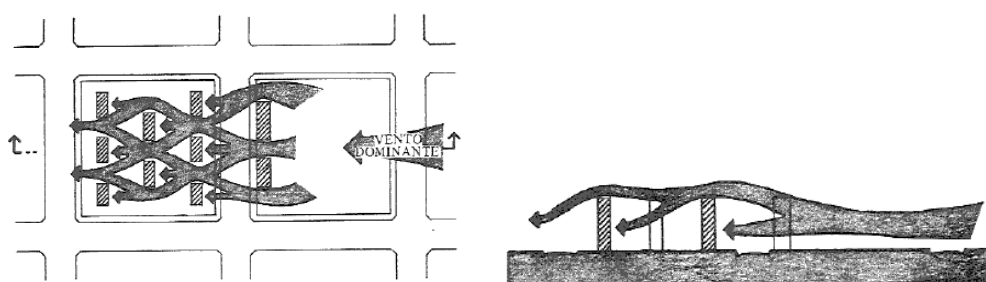
Em se tratando dos benefícios oferecidos pela radiação solar, deve-se destacar que não se resumem à iluminação natural e ao aquecimento desejado em dias mais frios, situação bastante esporádica no clima tropical úmido da cidade. Certamente que controlada, sabidamente por questões térmicas e lumínicas, a radiação solar é bem-vinda por sua importante função higienizadora, essencial para proteger a edificação contra a umidade e, conseqüentemente, para prevenir a instalação de poluentes biológicos<sup>83</sup>.

---

<sup>83</sup> A Resolução nº 09/2003 da ANVISA - Agência de Vigilância Sanitária, classifica os poluentes do ar em ambientes internos como **biológicos** (agentes: bactérias, fungos, protozoários, vírus, algas, pólen, artrópodes e animais) e **químicos** (agentes: CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, formaldeído, material particulado, fumo de tabaco, compostos orgânicos voláteis e compostos orgânicos semi-voláteis).

A literatura especializada em Qualidade do Ar Interno em ambientes escolares, citam-se EPA (2009) e Canadá (2003), é veemente quanto à relevância do controle da umidade no ambiente interno e em recomendar cuidados redobrados em se tratando dessas edificações<sup>84</sup>.

O regime local dos ventos encontra-se diretamente relacionado com o meio urbano. Quanto maior a densidade construída e a sua rugosidade, menor será a velocidade do ar. Também o padrão de circulação dos ventos pode ser alterado em virtude das barreiras e dos espaços vazios encontrados. Assim, o arranjo espacial nas quadras e as distâncias entre as construções são condicionantes para uma boa ventilação.



**Figura 38:** Esquema de ventilação urbana em climas úmidos  
Fonte: Frota e Schiffer (2003)

Também com relação aos ruídos, a morfologia do ambiente urbano, constituída pelo relevo, traçado de vias, edificações nas mais variadas formas e alturas, vegetação, equipamentos urbanos, entre outros, influem diretamente na distribuição e na propagação do som, permitindo, muitas das vezes, a multiplicação das reflexões sonoras.

Essa multiplicidade de reflexões amplifica ainda mais os níveis de ruído encontrados, como ocorre nos canyons urbanos<sup>85</sup>, e podem atingir locais distantes. De forma geral, níveis de pressão sonora mais acentuados são encontrados em locais mais adensados, com geometria mais verticalizada e com atividades urbanas mais intensas. Assim, os índices urbanos relacionados à forma e às superfícies da cidade são aspectos importantes a serem considerados no estudo da acústica ambiental.

A acústica ambiental, ou seja, a conciliação do desenho da cidade com as diversas fontes atuantes não se detém apenas nos aspectos físicos do som. Neste estudo os aspectos sociais, psicológicos e fisiológicos da comunidade analisada são considerados. A paisagem sonora e o conforto acústico focam a interação da escuta às condições de bem-estar, qualidade sonora ambiental e sociedade. No entanto, para um conforto acústico urbano adequado é imprescindível relacionar o som ambiente às condições microclimáticas do meio (SANTOS, p. 97, 2009).

<sup>84</sup> As crianças são muito mais vulneráveis que os adultos a contaminantes e agressões ambientais. Isso em função do tamanho, frequência respiratória e taxas metabólicas, que nelas são significativamente maiores que em adultos (CHPS, 2006, v.1, apud PAES, 2008).

<sup>85</sup> Corredor formado por rua onde há frequência de edificações altas em ambos os lados. Tais espaços resultam em microclimas particulares dentro do macroclima da cidade.

A rua representa um rico e variado espaço acústico. O ruído percebido depende das características das superfícies refletoras (pavimentação da pista e dos passeios; revestimento, rugosidade e movimentação do plano das fachadas), existência de juntas de dilatação, qualidade e estado de conservação da via (SANTOS, 2009).

A autora segue descrevendo que as vias<sup>86</sup> de tráfego variam entre si em função de características particulares como largura da pista, tipo de tráfego, relação entre veículos leves e pesados. Todos estes fatores, assim como o nível de velocidade permitido, a sinalização adotada para controle de travessia e a necessidade do uso de quebra-molas ou radares inibidores de velocidade, contribuem para o aumento do nível sonoro.

Especialmente em regiões de clima tropical úmido, onde a farta ventilação é essencial, a preocupação com a redução sonora nos espaços externos deve ser valorizada. Dependendo das condições existentes no ambiente construído, uma farta ventilação natural poderá favorecer a obtenção do conforto higrotérmico, mas se requer uma atenção sobre os níveis de ruído urbano que poderão ser admitidos.

#### **4.3 Do diagnóstico climático às diretrizes de projeto**

Adequar o ambiente construído ao clima de um determinado local significa construir espaços que possibilitem ao homem melhores condições de conforto, além de permitir a valorização dos aspectos culturais, sociais e ambientais deste local. Ao aplicarmos os estudos de bioclimatologia à arquitetura, espera-se que o clima atue como parte integrante do contexto de projeto e que a arquitetura atenda às exigências humanas de conforto com o uso racional de energia.

Em clima tropical úmido como o da cidade do Rio de Janeiro, o primeiro desafio a ser enfrentado, certamente é o do conforto térmico. De forma a responder simultaneamente a esta necessidade e à eficiência energética, é necessário considerar não somente **as variáveis climáticas**, como também **as humanas e as arquitetônicas**, além de conhecer as inter-relações destas três categorias distintas de variáveis.

Os tipos de atividades a serem desenvolvidos nos ambientes, o vestuário dos usuários, a idade e o sexo (ligados a diferenças de peso, metabolismo e tipo de roupa) e o horário de ocupação da edificação, podem ser classificados como **variáveis humanas**.

Como **variáveis arquitetônicas**, podemos citar: volumetria e função arquitetônica, setorização e implantação, envoltória (materiais opacos, transparentes e translúcidos; dimensões, localização e tipologia de esquadrias e aberturas; leiaute interno e elementos de

---

<sup>86</sup> De acordo com seu porte as vias são classificadas como local, coletora, arterial, expressa e rodovia.

proteção solar), tratamento dado à área externa, entorno construído, sistemas artificiais de iluminação e de condicionamento, entre outras.

Diversas dessas variáveis arquitetônicas estão relacionadas não somente ao desempenho térmico da edificação, mas interferem também no adequado aproveitamento da luz natural e no desempenho acústico do edifício.

O fato de oferecimento de luz natural determinado pelo clima nos indica que o projeto de iluminação artificial deve ter como base a complementação e não a substituição da iluminação natural pela elétrica. No entanto, os benefícios da luz natural devem ser utilizados com cautela, não se fazendo necessárias grandes áreas destinadas à tomada de luz, como em outras regiões com céus de menor luminosidade.

Assim, devem ser utilizadas estratégias que eliminem a entrada da radiação solar direta (minimizando o ofuscamento e o aquecimento do ambiente) nos horários de utilização de salas de aula e ambientes de trabalho, evitando, inclusive, que o usuário precise estar constantemente ajustando sua visão.

Por outro lado, deve-se atentar para o fato de que em áreas urbanizadas, principalmente nos grandes centros urbanos, devido à densidade populacional e construtiva cada vez maior, a falta de acesso à benéfica radiação solar (controlada) e à iluminação natural vem se tornando problema cada vez mais frequente.

Quanto ao desempenho acústico, o melhor é evitar os problemas relativos ao assunto e não corrigi-los (SEEP et al., 2002). Assim, o primeiro passo para obtenção de conforto acústico na edificação deve ser a determinação da origem e da localização das fontes de ruído, geradas no entorno ou na própria unidade escolar, assim como dos ventos dominantes e das características do entorno construído. A partir destes dados, a concepção do prédio e de sua implantação deve valorizar elementos tais como volumetria, setorização, localização e tipologia das aberturas, tratamento dado à área externa e materiais.

Um desafio inquestionável é a busca pelo equilíbrio entre o conforto higrotérmico e o acústico. Ao serem criadas condições adequadas à ventilação, conseqüentemente abre-se espaço à passagem do ruído. Sendo assim, reforça-se a importância do adequado estudo de implantação e setorização da edificação, da escolha de terrenos que ofereçam esta possibilidade e da utilização racional dos materiais.

A iluminação natural também faz parte da equação, já que ambientes com muitas superfícies de vidro possuem qualidade acústica inferior ( exceto se os vidros utilizados forem especiais). Se por um lado as janelas laterais e as aberturas para luz zenital (como

sheds, lanternins e claraboias) trazem luz natural ao ambiente interno, por outro lado o expõem termicamente e prejudicam a acústica do mesmo.

O uso efetivo do conhecimento sobre a inter-relação de todos esses fatores promove a boa arquitetura bioclimática, compatível com as necessidades de nossa rede pública escolar. A melhor forma de atingir bons resultados é através do projeto integrado, onde as questões térmicas, lumínicas e acústicas são analisadas em conjunto. Até porque não é raro o caso em que se faz necessário optar pelo atendimento a um requisito em detrimento de outro.

A ELETROBRÁS, através do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL, em parceria com o Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM, publicou em 2002 o “Manual de Prédios Eficientes em Energia Elétrica” (BARROSO-KRAUSE et al., 2002), elaborado para auxiliar os administradores de prédios públicos municipais na obtenção de resultados que tragam redução no consumo energético e de custos.

De acordo com o Manual, todas as edificações municipais, sem exceção, devem ter suas diretrizes projetuais adequadas aos princípios de Conforto Ambiental, cuja consequência, além da garantia de boa qualidade de atuação nas atividades previstas, será a existência de uma fatura de energia elétrica compatível com as mesmas.

#### **4.3.1 As cartas bioclimáticas**

A manutenção do equilíbrio entre a temperatura do corpo humano e a do entorno, através de trocas higrótérmicas, representa condição básica para que o conforto térmico seja obtido<sup>87</sup>. O fundamental é que o somatório destas trocas seja nulo, isto é, que todo calor que estejamos produzindo em excesso possa ser eliminado e que não percamos calor necessário à manutenção do equilíbrio interno. Ou seja, o rendimento de qualquer atividade possui um vínculo estreito com as condições higrótérmicas do seu entorno.

Assim, pesquisas na área de conforto térmico estudam formas de manutenção desse equilíbrio. Os resultados obtidos nos estudos frequentemente são transformados em gráficos de auxílio ao diagnóstico, conhecidos como **cartas bioclimáticas**. Estas cartas interpretam valores de umidade e de temperatura do ar em função de parâmetros de conforto. Desde a década de 1950, diversos autores têm desenvolvido pesquisas e

---

<sup>87</sup> Ainda que tal conforto se situe no campo subjetivo, conforme visto no subitem 1.3.1, nos referimos aqui aos fatores físicos que o determinam, isto é, àqueles responsáveis pelas trocas de calor do corpo com o meio.

proposto cartas bioclimáticas que originam recomendações para o projeto arquitetônico (PIETROBON et al., 2001).

Em trabalho elaborado pela equipe do Núcleo de Pesquisa em Construção do departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, intitulado “Bioclimatologia Aplicada ao Projeto de Edificações Visando o Conforto Térmico” (GOULART et al., 1994), foram analisadas diversas cartas bioclimáticas existentes, sob aspectos conceituais e práticos, com o objetivo de selecionar uma que fosse adequada ao Brasil. Além disso, buscava-se que a sistemática ou metodologia selecionada pudesse ser adotada para a avaliação térmica do ambiente construído. Foram estudados basicamente os trabalhos desenvolvidos por Olgay, Koenigsberger, Givoni, Givoni e Milne, Gonzalez, Szokolay, Watson & Labs e o sistema adotado pela ASHRAE<sup>88</sup>. Na conclusão do trabalho, foi proposta a adoção da Carta Bioclimática para Edifícios de Givoni (1992)<sup>89</sup>, com algumas adaptações e complementações, por apresentar melhores condições de aplicação para o Brasil<sup>90</sup>.

De fato, a carta de Givoni é a mais difundida hoje no Brasil para elaboração de projetos bioclimáticos. Construída sobre o diagrama psicrométrico - que relaciona a temperatura do ar e a umidade relativa - a carta é composta por doze diferentes zonas bioclimáticas. A partir da plotagem das variáveis climáticas, relativas à localidade estudada, sobre essa carta, fica demonstrado que zona (ou zonas) caracteriza(m) tal localidade e quais são as sugestões de estratégias passivas ou ativas de condicionamento para ela.

O programa Analysis Bio<sup>91</sup>, desenvolvido pelo NPC/LABEEE/ECV/UFSC<sup>92</sup>, utiliza a carta de Givoni (1992) adaptada ao Brasil por Goulart et al. (1994), conforme representado na Figura 39. A carta faz o diagnóstico climático anual ou por estações, e assim fornece estratégias de projeto para a cidade cujo clima foi analisado. Utiliza o ano referência de projeto para aquela cidade, a partir da base de dados climáticos TRY<sup>93</sup>, possuindo, em seu

---

<sup>88</sup> Para detalhes e bibliografia ver Goulart et al. (1994).

<sup>89</sup> GIVONI, B. **Comfort Climate Analysis and Building Design Guidelines**. Energy and Buildings, v. 18, n.1, p. 11-23, 1992.

<sup>90</sup> Considerou-se que: (1) Givoni desenvolveu um trabalho voltado para países quentes e em desenvolvimento; (2) seu trabalho foi baseado na aclimação das pessoas a climas quentes e úmidos, e este estudo confirmado por experimentos realizados na Tailândia; (3) a metodologia de Givoni adota limites maiores de velocidade do ar para temperaturas mais elevadas, coerentes com a realidade dos países de clima quente e úmido; (4) o espaço interno pode ser resfriado, quando necessário, com menor consumo de energia, já que a temperatura máxima de conforto estabelecida está mais próxima da temperatura externa do local (GOULART et al., 1994).

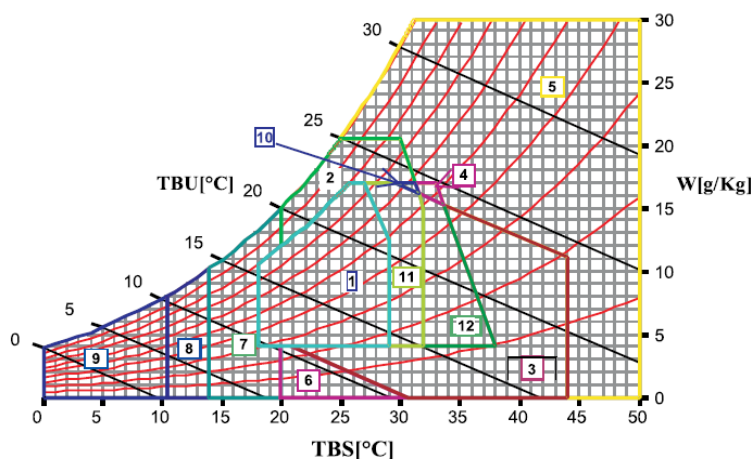
<sup>91</sup> Disponível em <<http://www.labee.ufsc.br/downloads/software/analysis-bio>>

<sup>92</sup> Núcleo de Pesquisa em Construção / Laboratório de Eficiência Energética em Edificações / Departamento de Engenharia Civil / Universidade Federal de Santa Catarina.

<sup>93</sup> Os arquivos climáticos com extensão TRY, *Test Reference Year*, traduzido como Ano Climático de Referência, são formados através de uma metodologia baseada na eliminação de anos cujos dados contêm



banco, dados de varias cidades brasileiras, e também permitindo que o arquivo de clima TRY seja alterado pelo usuário.



Zona	Estratégias mais eficientes
1	Conforto higrotérmico
2	Ventilação
3	Resfriamento evaporativo
4	Massa térmica para resfriamento
5	Ar-condicionado
6	Umidificação
7	Massa térmica e aquecimento solar
8	Aquecimento solar passivo
9	Aquecimento artificial
10	Ventilação + massa térmica para resfriamento
11	Ventilação + massa térmica para resfriamento + resfriamento evaporativo
12	Massa térmica para resfriamento + resfriamento evaporativo

**Figura 39:** Carta bioclimática de Givoni (1992) adaptada por Goulart et al. (1994) e suas doze zonas bioclimáticas

Fonte: Barroso-Krause et al. (2002)

Em 2005, a ABNT publicou o conjunto de normas NBR 15220 – Desempenho térmico de edificações, composto por cinco partes. A Parte 3 desta norma: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social (ABNT, 2005)<sup>94</sup> divide o país em oito zonas bioclimáticas, dando diretrizes para adequação dos projetos às diversas regiões, a partir do estabelecimento de estratégias bioclimáticas para verão e inverno.

---

temperaturas médias mensais extremas (altas ou baixas) até que se obtenha apenas um ano de dados médios. Portanto, é um ano sem extremos de temperatura (MUELLER, 2007).

<sup>94</sup> As demais normas que compõem o conjunto são as seguintes: ABNT NBR 15220-1:2005. Parte 1: Definições, símbolos e unidades. / ABNT NBR 15220-2:2005. Versão Corrigida:2008. Parte 2: Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. / ABNT NBR 15220-4:2005. Parte 4: Medição de resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida. / ABNT NBR 15220-5:2005. Parte 5: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico.

A norma utiliza uma carta bioclimática também adaptada da Carta de Givoni (1992), conforme representado na Figura 40, e vem sendo não apenas largamente discutida (BOGO, 2008), mas também utilizada como balizamento de projeto para edificações diversas, além das residenciais. Neste sentido, destacam-se publicações no âmbito ELETROBRAS/PROCEL, tais como:

- “Elaboração e atualização do código de obras e edificações” (BAHIA, 2012), publicação organizada a partir de uma parceria entre a ELETROBRAS e o IBAM, não mais como modelo<sup>95</sup>, mas agora como um guia que se destina a servir de orientação a gestores e técnicos municipais para que promovam mudanças na legislação e práticas adequadas aos seus contextos específicos, aos interesses e necessidades da população e às características de clima locais. O guia referenda a NBR 15220-3:2005 como um dos principais avanços para a disseminação e aplicação das premissas de conforto ambiental, da eficiência energética e de sustentabilidade, abrangendo diretrizes que podem ser contempladas e exigidas no contexto do Código de Obras e Edificações.
- “Diretrizes para obtenção do nível A para edificações comerciais, de serviços e públicas de acordo com as Zonas Bioclimáticas” (LAMBERTS, 2013), obra composta por oito manuais, relativos às Zonas Bioclimáticas definidas pela NBR 15220-3/2005, e dedicada à orientação de como obter o nível A da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE)<sup>96</sup>, sendo que esta etiqueta é voltada tanto para Edifícios Comerciais, de Serviço e Públicos<sup>97</sup>, quanto para Edifícios Residenciais<sup>98</sup>.

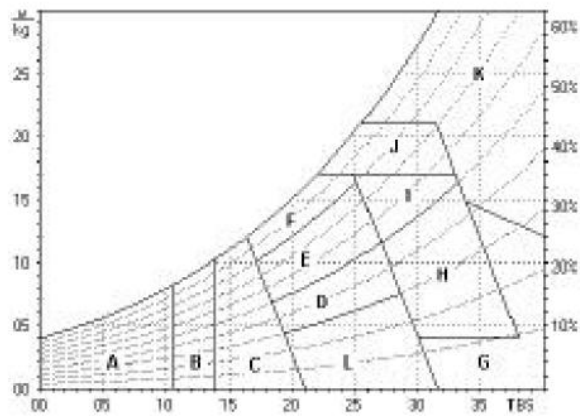
---

<sup>95</sup> A publicação inicial “Modelo para Elaboração de Código de Obras e Edificações” (1996) teve por objetivo sistematizar base nova de conhecimentos na linha da sustentabilidade e sobre como incorporar premissas de eficiência energética na atividade de planejamento, orientando os municípios na revisão de suas leis.

<sup>96</sup> Estabelecidas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) e o PROCEL, atendendo ao Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE Edifica), as etiquetas têm por finalidade informar a eficiência energética do consumo de energia elétrica de edifícios, por meio de sua classificação, que pode ser de A (mais eficiente) até E (menos eficiente). Os estudos foram desenvolvidos pela equipe do LaBEEE/UFSC e aperfeiçoados no âmbito da Secretaria Técnica do Grupo Técnico de Edificações do Grupo Técnico de Energia em Edificações – GT Edificações – do Ministério de Minas e Energia (BAHIA, 2012).

<sup>97</sup> Cujos Regulamentos a serem seguidos são tratados no RTQ-C – Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos; e no RAC-C – Requisitos de Avaliação da Conformidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos.

<sup>98</sup> Cujos Regulamentos a serem seguidos são tratados no RTQ-R – Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais; e no RAC-R – Requisitos de Avaliação da Conformidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais.

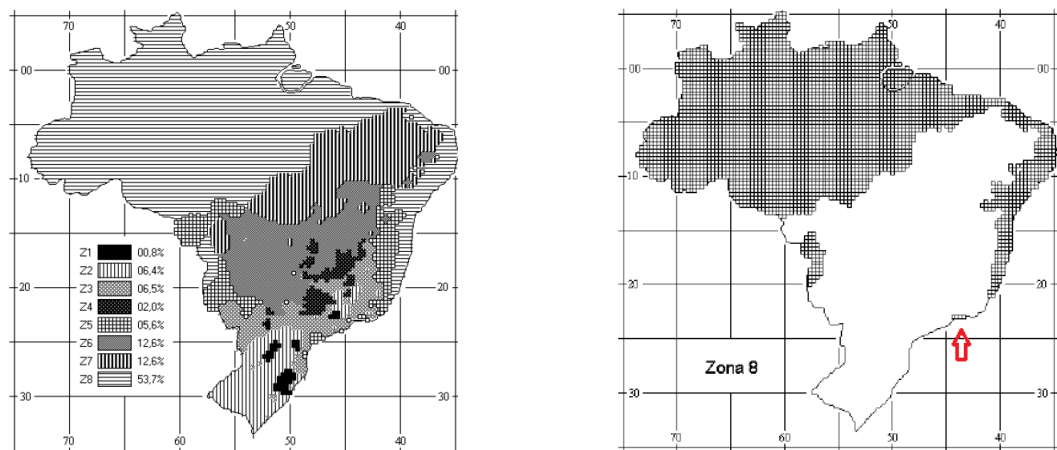


As zonas da carta correspondem às seguintes estratégias:	
A – Zona de aquecimento artificial (calefação)	G + H – Zona de resfriamento evaporativo
B – Zona de aquecimento solar da edificação	H + I – Zona de massa térmica de refrigeração
C – Zona de massa térmica para aquecimento	I + J – Zona de ventilação
D – Zona de Conforto Térmico (baixa umidade)	K – Zona de refrigeração artificial
E – Zona de Conforto Térmico	L – Zona de umidificação do ar
F – Zona de desumidificação (renovação do ar)	

**Figura 40:** Classificação bioclimática da NBR 15220-3  
 Fonte: Adaptado de ABNT (2005)

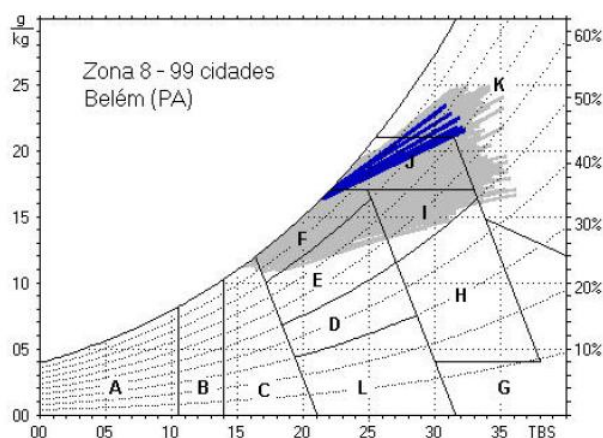
### 4.3.2 Diretrizes de projeto para as escolas públicas da cidade do Rio de Janeiro

Para a obtenção das diretrizes de projeto adequadas às edificações escolares da cidade do Rio de Janeiro, a presente pesquisa se apoia na classificação bioclimática da NBR 15220-3 (ABNT, 2005), que insere a cidade na Zona Bioclimática 8.



(a) Zoneamento Bioclimático Brasileiro (b) Zona Bioclimática 8  
**Figura 41:** Classificação Bioclimática da NBR 15220-3 (ABNT, 2005),  
 Fonte: adaptado da ABNT (2005)

A Figura 42 reproduz a Carta Bioclimática apresentada pela norma, onde se registram as normais climatológicas relativas às noventa e nove cidades inseridas na Zona 8, com destaque para a cidade de Belém (em azul).



**Figura 42:** Carta Bioclimática apresentando as normais climatológicas de cidades da Zona 8, destacando a cidade de Belém, PA  
Fonte: ABNT (2005)

Ainda de acordo com a norma, em busca de um desempenho térmico satisfatório das edificações situadas na cidade do Rio de Janeiro, as seguintes diretrizes devem ser observadas:

**Quadro 5:** Diretrizes de projeto apresentadas pela NBR 15220-3/2005 para a cidade do Rio de Janeiro

<b>Tabela 22</b> (Zona Bioclimática 8) Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas	Aberturas para ventilação: Grandes
	Sombreamento das aberturas: sombrear aberturas
<b>Tabela 23</b> (Zona Bioclimática 8) Tipos de vedações externas	Parede: Leve refletora
	Cobertura: leve refletora (inclui notas não apresentadas aqui)
<b>Tabela 24</b> (Zona Bioclimática 8) Estratégias de condicionamento térmico passivo	<p>Estação – Verão</p> <p>J) Ventilação cruzada permanente</p> <p>Nota: O condicionamento passivo será insuficiente durante as horas mais quentes. O código J é o mesmo adotado na metodologia utilizada para definir o Zoneamento Bioclimático do Brasil.</p> <p>J – Zona de Ventilação.</p>
De acordo com o <b>Anexo A</b> da norma, além da Cidade do Rio de Janeiro estar inserida na Zona Bioclimática 8, as estratégias bioclimáticas recomendadas são: <b>F, I e J</b> . A <b>Tabela 25</b> detalha tais estratégias.	<p><b>Estratégia F</b></p> <p>As sensações térmicas são melhoradas através da desumidificação dos ambientes. Esta estratégia pode ser obtida através da renovação do ar interno pela ventilação dos ambientes.</p>
	<p><b>Estratégias I e J</b></p> <p>A ventilação cruzada é obtida através da circulação de ar pelos ambientes da edificação. Também se deve atentar para os ventos predominantes da região e para o entorno, pois o entorno pode alterar significativamente a direção dos ventos.</p>

Fonte: Adaptado de ABNT (2005)

Mesmo estando demonstrado que a principal estratégia bioclimática para obtenção de conforto térmico na cidade do Rio de Janeiro é a farta ventilação e que excelentes resultados assim podem ser obtidos “esta solução garante à arquitetura carioca a quase total independência do ar condicionado, [...], pode-se afirmar que sua adoção no projeto

elimina a necessidade de utilização de massa para resfriamento e de resfriamento evaporativo” (LAMBERTS et al., p. 323, 2014), no presente trabalho julga-se insuficiente que o condicionamento de ar na edificação escolar publica carioca seja feito unicamente por meio da ventilação natural. Isto pelos seguintes motivos:

- O fato de que a temperatura máxima absoluta na cidade alcança os 39°C<sup>99</sup>. A própria NBR 15220-3 (ABNT, 2005) declara que o condicionamento passivo será insuficiente durante as horas mais quentes de verão;
- A premissa de que as condições de conforto ambiental apresentam relação direta com a eficácia do processo educativo;
- A interferência do meio urbano no regime local de ventos;
- O percentual de horas com ausência de ventos (ver Tabela 3, p. 97) ser substancial;
- O acréscimo de radiação incidente na edificação, proveniente do entorno construído;
- A ocupação intensa dos ambientes escolares durante todo o dia e, em cerca de 10% das unidades, também no turno da noite;

De acordo com o exposto, cogitam-se aqui apenas duas formas possíveis de condicionamento de ar para obtenção de conforto térmico nas escolas estudadas: a permanente climatização artificial ou um sistema misto, onde a climatização natural é substituída pela artificial nos momentos de necessidade.

Em nome da eficiência energética, consideramos que a climatização natural deve ser priorizada. Ainda que as unidades atualmente em construção estejam sendo dotadas de sistemas de climatização artificial<sup>100</sup> e que as escolas existentes também venham recebendo o mesmo tratamento, entendemos que no funcionamento de tais escolas, sempre deverá ser buscada a climatização natural nos dias de clima mais ameno, como também a ventilação mecânica (que consome menor energia que o ar condicionado).

A seguir, será examinada brevemente a diferença entre as diretrizes básicas do projeto arquitetônico relativas a ambos os sistemas.

### **Edificações com permanente climatização artificial**

Assume-se que o conforto térmico precisa ser obtido através de recursos artificiais, por uma incompatibilidade das necessidades dos usuários com a disponibilidade climática. Neste caso, a diretriz mais importante do projeto relaciona-se à proteção desta edificação contra o clima exterior.

---

<sup>99</sup> Dados Climáticos do Rio de Janeiro (período: 1961 a 1990). Fonte: [www.inmet.gov.br/climatologia](http://www.inmet.gov.br/climatologia)

<sup>100</sup> Conforme mencionado no Capítulo 3.

Assim, as estratégias de projeto deverão ser (BARROSO-KRAUSE et al., 2002):

- volumetria compacta da zona climatizada, pois quanto menores as superfícies de troca com o exterior, mais eficiente energeticamente será o condicionamento mecânico do ar;
- proteção externa do envelope construtivo quanto à incidência dos raios solares. Ou seja, sombreamento externo, cores claras, isolamento das fachadas e coberturas, escolha cuidadosa da orientação das aberturas;
- uma vez protegidas, e dependendo do uso específico, as fachadas devem ser projetadas como captadoras de luz natural em quantidade suficiente para uma boa penetração nos ambientes limítrofes;
- especificação de cores claras nos ambientes internos e um eficiente sistema de iluminação artificial, reduzindo as cargas térmicas internas e otimizando, inclusive, a integração dos dois sistemas de iluminação – natural e artificial.

### **Edificações com climatização natural e eventualmente ventilação mecânica ou climatização artificial**

Quando se trabalha com edificação climatizada naturalmente ou com uso eventual de climatização artificial, a abordagem projetual é outra. Aqui, o conforto ambiental tem relação direta com o exterior onde, por vezes, a fonte de conforto é encontrada. Desta forma, deve haver menor compacidade da edificação e maior exposição dos ambientes aos ventos.

Entretanto, há momentos do dia ou do ano, em que o clima torna-se inóspito às atividades e é necessário compensá-lo com o uso da ventilação mecânica ou do condicionamento mecânico de ar (BARROSO-KRAUSE et al., 2002). Cabe ao projetista prever em que momentos a climatização artificial será necessária<sup>101</sup> e, em seguida, trabalhar a edificação para que se obtenha o máximo aproveitamento das condições naturais oferecidas.

O grande desafio no âmbito da eficiência energética consiste, portanto, em garantir, via definição projetual, um ambiente interno o mais ameno possível durante o período de ocupação – em sua maioria diurno – de forma a retardar, ou mesmo evitar, que o usuário inicie o processo de climatização artificial e que, se necessário, este processo seja o mais econômico possível, levando-se em conta que a edificação não foi concebida para o uso dessa climatização<sup>102</sup> (BARROSO-KRAUSE et al., 2002).

---

<sup>101</sup> Usando ferramentas tais como programas computacionais de simulação higratérmica, diagrama bioclimático ou simplesmente através da experiência (BARROSO-KRAUSE et al., 2002).

<sup>102</sup> Os autores alertam que podem existir alguns agravantes à plena realização deste processo em Municípios muito densamente construídos. No caso de alguns tecidos urbanos muito densos ou de crescimento desordenado, devido à ineficiência de ordem urbanística e projetual, observa-se uma real demanda induzida por opções inadequadas ao clima e ao uso no que toca à implantação, ao projeto espacial e às especificações.

#### **4.3.2.1 Identificação dos quesitos arquitetônicos referenciais**

Procurando detalhar ainda mais as estratégias de projeto para edificações com condicionamento passivo de ar, além de inserir aquelas relacionadas à iluminação natural e ao conforto acústico, recorreu-se a publicações dedicadas ao estudo do conforto em edificações climatizadas naturalmente e localizadas no clima tropical úmido. De acordo com Corbella e Yannas (2003) e Corbella e Corner (2011), em tais condições, os cinco requisitos para obtenção de conforto são os apresentados a seguir. Listamos ainda as principais estratégias de projeto relacionadas ao atendimento de tais requisitos.

##### **A – Controle dos ganhos de calor**

- Dar volumetria e posicionamento ao edifício de maneira a obter a mínima carga térmica devido à energia solar;
- Proteger as aberturas contra a entrada de radiação solar (com brises, beirais, varandas, pergolados, elementos vazados, ou outros);
- Dificultar a chegada da radiação solar às superfícies do envelope do edifício;
- Minimizar a absorção da radiação solar pelas superfícies externas (materiais e suas cores);
- Determinar a orientação e o tamanho das aberturas para atender às necessidades de luz natural.

##### **B – Dissipação da energia térmica do interior do edifício**

- Promover níveis maiores de ventilação quando a temperatura externa for menor que a interna (orientação do edifício, disposição e dimensões das aberturas, tipologia das esquadrias, peitoris ventilados, posicionamento das divisões internas e utilização de equipamentos mecânicos se necessário);
- Combinar a possível ventilação noturna com inércia térmica (promover o movimento do ar, escolher e dispor adequadamente elementos e materiais construtivos);

##### **C – Remoção da umidade em excesso e promoção do movimento de ar**

- Promover o movimento do ar e sua renovação, no período de ocupação do ambiente.

##### **D – Promoção do uso da iluminação natural**

- Projetar as aberturas, estudando localização, forma e dimensões, para que elas deixem entrar a luz natural, sem permitir a entrada da radiação solar direta;
- Utilizar adequados afastamentos de fachada ou prismas de iluminação, permitindo acesso satisfatório à luz natural;
- Organizar os espaços interiores em compatibilidade com a forma e a melhor orientação;

- Estudar geometrias e cores das superfícies internas, de maneira a conseguir uma distribuição homogênea da luz no interior;
- Projetar cuidadosamente elementos fixos e móveis destinados a melhor aproveitar a luz natural, porém controlando a entrada desta luz e da radiação direta (como prateleiras de luz, brises, beirais, varandas, tipologia das esquadrias e elementos de iluminação zenital<sup>103</sup>);
- Utilizar das propriedades térmicas e lumínicas dos materiais transparentes ou translúcidos.

## E – Controle do ruído

- Criar organização espacial cuidadosa em função dos ventos dominantes, das condições oferecidas pelo entorno e da vocação ruidosa de alguns ambientes escolares. Tirar partido da setorização e da volumetria na definição do partido arquitetônico;
- Atuar sobre o percurso do som, criando barreiras antes que este chegue à edificação;
- Utilizar materiais apropriados: isolantes (minimizando o ruído proveniente de espaços externos ou contíguos); absorventes e/ou difusores (propiciando a clareza da audição e minimizando efeitos como reverberação e eco);
- Especificar e localizar adequadamente as esquadrias;
- Dispensar cuidados especiais a equipamentos mecânicos, inclusive quanto à manutenção.

A partir desse conjunto de estratégias, foram identificados os **quesitos** que devem ser observados na concepção arquitetônica de edificações escolares, com climatização natural (e eventualmente artificial) localizadas no clima tropical úmido, tendo em vista o conforto ambiental. Procurando adequação ao recorte da presente pesquisa, julgou-se conveniente agrupar tais quesitos segundo a relação de cada um com específicos focos de concepção: a elaboração do plano de massas, o desenvolvimento da edificação de forma mais detalhada e o tratamento dado ao ambiente externo, o que resulta:

Plano de massas	Detalhamento da edificação	Ambiente externo
Inter-relação com o sítio	Materiais	Materiais;
Orientação	Aberturas	Elementos de proteção
Volumetria	Elementos de proteção	
Organização espacial / Setorização.	Compartimentação interna	

No entanto, constata-se que esses quesitos ainda não são suficientes para abarcar todas as necessidades da instituição escolar, pois eles focalizam basicamente a obtenção

<sup>103</sup> A iluminação zenital produz uma distribuição mais uniforme que a iluminação lateral. Porém, as aberturas ou vãos (clarabóias, lanternins, *sheds* ou panos de vidro) devem ser protegidos para não permitir a entrada de radiação solar direta, sob pena de produzir um aumento excessivo de carga térmica e manchas solares que criarão fortes contrastes. Sem esse cuidado, tal iluminação não é aconselhável nos trópicos (CORBELLA E YANNAS, 2003).



de conforto no ambiente interno. Assim, faz-se necessário ampliar este espectro, incluindo outros elementos julgados essenciais para a concepção do ambiente externo. Isto pelo entendimento de que o tratamento dado a este espaço não apenas contribui para o conforto obtido no interior da edificação, como também pela certeza de que a apropriação e a utilização de tal ambiente são essenciais à atividade escolar. O Quadro 6 apresenta o elenco desses quesitos.

**Quadro 6:** Quesitos arquitetônicos necessários para o conforto ambiental em instituições escolares no clima tropical úmido

<b>A – Relacionados ao plano de massas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inter-relação com o sítio (clima, entorno e características do terreno);</li> <li>• Orientação;</li> <li>• Volumetria;</li> <li>• Organização espacial / Setorização;</li> <li>• Taxa de ocupação.</li> </ul>
<b>B – Relacionados ao detalhamento da edificação</b>
<p>Definição do padrão construtivo (destaque para a envoltória)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiais opacos, translúcidos e transparentes;</li> <li>• Aberturas – tipologia, dimensões, localização;</li> <li>• Elementos de proteção (construídos).</li> </ul> <p>Compartimentação interna</p>
<b>C – Relacionados ao ambiente externo</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiais;</li> <li>• Elementos de proteção (naturais ou construídos) / destaque para a vegetação;</li> <li>• Morfologia;</li> <li>• Cercas e muros.</li> </ul>

Fonte: a autora

Considerando o foco deste trabalho, onde se procura examinar os requisitos pertinentes à seleção do terreno para a implantação da edificação escolar, **concentraremos a atenção no primeiro e no terceiro grupos de quesitos, aqueles relacionados ao plano de massas e ao ambiente externo.**

A partir da identificação desses quesitos que serão aqui denominados de **referenciais**, surgem os seguintes questionamentos: (i) Na elaboração do plano de massas e no tratamento do ambiente externo, sob o ponto de vista do conforto ambiental na edificação, o que deve ser analisado? (ii) Quais diretrizes e estratégias devem ser consideradas? Estas questões serão objeto do próximo capítulo.

## **CAPÍTULO 5 – Contribuições para Implantação da Edificação Escolar em Clima Tropical Úmido**

Este capítulo trata de estratégias conceituais para a arquitetura escolar com ênfase na adequação da edificação ao sítio/terreno, para fins de conforto ambiental dos usuários e de qualidade para o espaço educacional.

O diagnóstico físico-climático do sítio é fundamental nesse processo. Contudo, conforme exposto no Capítulo 3, julga-se insuficiente a abrangência do relatório elaborado pelo FNDE e intitulado “Relatório de Vistoria de Terreno para Construção de Unidade Escolar” (ANEXO 2) atualmente utilizado pela RioUrbe para vistoria dos terrenos passíveis de utilização.

Observa-se que o citado documento possui foco basicamente na infraestrutura urbana existente (como rede de água e eletricidade); na ocorrência de alguns elementos impeditivos à implantação da escola (como rede de transmissão de energia e adutoras); e na caracterização de serviços extras a serem executados (como movimento de terra e pavimentação de ruas). Em adição, registram-se algumas outras poucas observações quanto às condições oferecidas pelo entorno, tais como ocorrência de poeiras, ruídos, fumaças e emanações de gases.

Constata-se assim que importantes parâmetros contextuais-ambientais não são registrados e, por conseguinte, não são considerados em projeto. Podem ser destacados:

- entorno natural (topografia e vegetação);
- características climáticas locais e a relação dos elementos circundantes com vento e insolação locais (barreiras e outros efeitos);
- entorno construído englobando os edifícios (densidade, altura, morfologia, materiais e distâncias) e a malha urbana (caracterização das vias, fluxo de veículos e de pessoas, ruídos e materiais);
- suporte local para receber os impactos causados pela nova instituição (como condições do transporte público, capacidade das vias e condições de segurança);
- incompatibilidades de vizinhança (como, por exemplo, hospitais, pela necessidade de silêncio).

Em vista do que foi exposto, aqui será apresentada uma proposta de revisão deste relatório. Também serão examinados os questionamentos lançados no capítulo anterior: (i) Quando se busca o atendimento às condições de conforto ambiental na edificação, como deve ser estabelecido o plano de massas e suas configurações? (ii) Quais diretrizes e estratégias devem ser consideradas?

A discussão objetiva apresentar recomendações em auxílio ao processo projetual das instituições escolares no clima tropical úmido, e baseia-se em referenciais teóricos, análise e observações. O conteúdo é apresentado em três partes: a vistoria dos terrenos, o plano de massas e o tratamento dado ao ambiente externo.

### **5.1 A vistoria dos terrenos**

Como já visto, o entendimento do contexto no qual o projeto se insere é fundamental em dois momentos do processo: (1) no planejamento, para a elaboração do programa de necessidades/caderno de encargos ambientais e para a escolha do sítio de implantação; (2) no início da concepção do projeto.

Por ter como foco o conforto ambiental, este trabalho se concentra no diagnóstico físico-climático do sítio, apesar de reconhecer que muitos outros fatores devem ser observados para a satisfatória inserção da instituição no contexto local.

Considerando o presente recorte, destacam-se as seguintes ações para a obtenção de um adequado entendimento do sítio/terreno de implantação:

- Em momento anterior à vistoria do terreno – analisar o clima regional (da cidade) e, neste contexto, examinar a localização do terreno, sua orientação e as interferências existentes em nível mesoclimático. Além disso, imagens aéreas do sítio podem fornecer uma melhor identificação e compreensão da malha urbana e dos demais elementos naturais e construídos componentes do entorno;
- Vistoriar o terreno, através de observação, entrevistas com vizinhos, medições necessárias e registro fotográfico e/ou filmagem. A vistoria deve ser feita tendo-se em mãos não apenas a planta do terreno, mas também um mapa do entorno;
- Consultar a legislação em vigor;
- Investigar preliminarmente o tipo de solo, tanto com vistas ao estudo de viabilidade da construção (previsão de custos das fundações), quanto para vetar composições inadequadas (tais como aterros sanitários ou áreas pantanosas);
- Averiguar se o terreno está resguardado das seguintes situações inadmissíveis: passagem de dutovias (tais como adutoras, emissários, oleodutos e outros); presença de contaminantes no solo ou de elementos naturais nocivos à saúde humana (tais como asbesto ou metais pesados).

Ressalta-se que, dentre as ações sugeridas, somente as investigações relativas à composição do solo e à detecção de possíveis contaminantes demandariam a contratação de serviços adicionais. As demais ações são constituídas basicamente de vistorias, pesquisa documental e consultas a órgãos públicos; podendo ser realizadas pelo próprio grupo de profissionais envolvidos no processo de projeto, sem custos suplementares.

Em colaboração ao processo de diagnóstico físico-climático do sítio, **aqui se propõe uma lista de verificação para a composição dos relatórios de vistoria de terreno**. Como a intenção foi agregar e não substituir, partiu-se do Relatório elaborado pela FNDE e atualmente utilizado pela RioUrbe para a vistoria dos terrenos (ANEXO 2).

Com base na presente pesquisa, vários itens foram acrescentados e alguns poucos retirados. Não que estes últimos tenham sido julgados desnecessários, mas porque entendemos que a garantia de verificação dos mesmos não se dá na vistoria (tal como a passagem de dutovias pelo terreno). Ainda que julgados da mesma forma, outros itens foram mantidos e acrescidos de nota, visto considerarmos que o exame destas questões no local agrega importantes informações à análise técnica requerida (como exemplo, cita-se a investigação quanto à possibilidade de alagamento).

Para os tópicos relativos às redes de instalações prediais, não foram propostas alterações ou acréscimos, por considerarmos que a análise dos mesmos deve ser feita por profissionais das áreas específicas.

O Quadro 7 apresenta a lista de verificação proposta. Somam-se os componentes da vistoria da fase de planejamento aos da fase de concepção. A legenda de cores foi utilizada para destacar os tópicos aqui incluídos e aqueles que, quando insatisfatórios, devem vetar a utilização do terreno.

No entanto, importa ressaltar que a indicação dos tópicos impeditivos é fruto de uma análise genérica. Dependendo do contexto, outros elementos podem se apresentar como impeditivos, cabendo analisar caso a caso.

**Quadro 7:** Lista de verificação proposta para a composição dos relatórios de vistoria de terreno

**Legenda:**



- Caso insatisfatório, impeditivo de utilização do terreno



- Caso insatisfatório, impeditivo de utilização do terreno, mas dependendo do caso, passível de ser resolvido ou utilizado

Tópicos existentes no relatório original

*Tópicos propostos*

<b>1. DADOS INICIAIS</b>
1.1 Natureza e finalidade da edificação:
1.2 Órgão interessado no empreendimento:
1.3 Autor da indicação do terreno:
<b>2. CARACTERIZAÇÃO DO TERRENO</b>
2.1 Endereço:

2.2 Área:
2.3 Área utilizável <sup>104</sup> :
2.4 Dimensões e forma da área utilizável:
2.5 Características topográficas <sup>105</sup> :
2.6 Possibilidade de escoamento de águas pluviais <sup>106</sup> :
2.7 Possibilidade de alagamento <sup>107</sup> :
2.8 Ocorrência de poeiras, ruídos, fumaças, emanações de gases, etc. <sup>108</sup> :
2.9 Ocorrência na área do terreno de:
2.9.1 Fios de alta tensão:
2.9.2 Córregos <sup>109</sup> :
2.9.3 Árvores e/ou área de vegetação nativa, muros, benfeitorias a conservar ou demolir:
2.9.4 Outros:
2.10 Proximidade de encostas ou barrancos perigosos <sup>110</sup> :
<b>3. ENTORNO NATURAL E CONSTRUÍDO</b>
3.1 Topografia:
3.1.1 No entorno próximo (ruas em ladeira, terrenos vizinhos em cotas diferentes, outros):
3.1.2 Relevo significativo nas imediações:

<sup>104</sup> A área utilizável do terreno, assim como sua forma, precisam ser compatíveis com a área necessária prevista, sendo esta última um somatório da área a ser ocupada pela(s) edificação(ões) com aquela necessária para suportar as atividades previstas para o ambiente externo. Ainda que área e forma do terreno já tenham sido avaliadas em uma pré-seleção (anterior à vistoria) elas devem ser reanalisadas após a visita ao local e um melhor conhecimento do terreno. Isso porque não é a área do terreno que importa, mas sim a área utilizável. Muitas vezes, uma parcela significativa do terreno não apresenta condições de uso (ainda que atendida toda a legislação cabível), geralmente por questões morfológicas e/ou geológicas.

<sup>105</sup> Trata-se de observação e de algumas medições básicas feitas na vistoria relativa à seleção do terreno. O levantamento topográfico é realizado em outro momento do processo.

<sup>106</sup> Entendemos que a hidrologia local e o sistema de escoamento das águas pluviais merecem investigação que vai além do observado na vistoria do terreno. Análises técnicas devem ser feitas de modo a definir medidas que resolvam ou reduzam a níveis aceitáveis os problemas porventura encontrados. A construção da unidade escolar deve ser condicionada à aplicação dessas medidas. Exceção deve ser feita quando uma região maior está sujeita a alagamentos e a adoção de um terreno fora desta área inviabilize, em termos de distância, o atendimento à comunidade local. Neste caso, a solução envolve medidas de maiores proporções em nível urbano e, apesar do quão crítica e urgente é a situação, a construção da escola não pode esperar por seu desfecho. Assim, medidas devem ser tomadas para que, no mínimo, as cotas de implantação das edificações sejam totalmente resguardadas de alagamento.

<sup>107</sup> Idem nota anterior.

<sup>108</sup> A princípio o terreno deve ser descartado e utilizado outro que atenda a mesma comunidade em melhores condições. No entanto, a questão é ampla e, dependendo das causas dessas condições impróprias, é possível que soluções sejam obtidas. É preciso analisar caso a caso. Acrescenta-se que, a exemplo da nota 85, em se tratando de condição que atinja a comunidade local e que a distância inviabilize a utilização de terreno livre desta condição imprópria, a escola deve ser construída, sendo tomadas medidas locais, no âmbito do terreno e da edificação, que amenizem a situação ao ponto de serem atingidas condições ambientais aceitáveis, sob a ótica da saúde e do aprendizado. **Situações especiais exigem projetos especiais.**

<sup>109</sup> Passível de ser utilizado, a partir da canalização do córrego.

<sup>110</sup> Passível de ser utilizado, desde que elementos de proteção adequados sejam instalados. A segurança deve ser garantida não apenas a partir dos limites do terreno, mas também no acesso imediato à escola.

3.2 Vegetação:
3.2.1 Existente no entorno próximo:
3.2.2 massas vegetais nas imediações:
3.3 Características perceptíveis dos ecossistemas locais <sup>111</sup> :
3.4 Edificações - densidade, alturas, morfologia, materiais e distâncias:
3.5 Malha urbana - caracterização das vias (incluindo ciclovias e vias para pedestres), fluxo de veículos e de pessoas, ruídos e materiais:
3.6 Natureza da vizinhança e possíveis incompatibilidades:
3.6.1 Indústria com índices de poluição (sonora ou do ar) significativos, na vizinhança imediata
3.6.2 Antena de transmissão na vizinhança imediata <sup>112</sup> :
3.6.3 Proximidade a aeroporto <sup>113</sup> :
3.6.4 Vizinhos imediatos nos quais a instituição escolar possa causar impacto negativo <sup>114</sup> :
<b>4. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS LOCAIS</b>
4.1 Percebe-se coerência com as características do clima regional ou há especificidades? Quais?
4.2 Que elementos circundantes percebe-se que podem interferir no regime de ventos e na insolação do terreno (barreiras e outros efeitos)?
<b>5. EXISTÊNCIA DE SERVIÇOS PÚBLICOS</b>
5.1 Acessos:
5.1.1 Ruas de acesso, indicando a principal e a mais conveniente. Devem ser verificadas as condições de segurança para travessia, bem como localização de pontos de ônibus e semáforos.
5.1.2 Condições de acessibilidade universal em ao menos uma das ruas:
5.2 A pavimentação, seu estado e natureza:
5.3 Guias e passeios, seu estado e natureza, inclusive obediência ao padrão municipal:
5.4 Arborização e espécies existentes ou exigidas:
5.5 Rede de água:

<sup>111</sup> Como, por exemplo, a existência de um determinado pássaro que se alimenta dos frutos de uma determinada árvore.

<sup>112</sup> Ver nota 80, p.100.

<sup>113</sup> Em casos inevitáveis, devem-se solicitar aos órgãos competentes soluções construtivas de isolamento acústico (barreiras acústicas) e a construção da unidade escolar deve ser condicionada à aplicação dessas medidas e à constatação dos efetivos resultados satisfatórios. Em adição, podem ser tomadas medidas locais, no âmbito do terreno e da edificação, que amenizem a situação ao ponto de serem atingidas condições ambientais aceitáveis, sob a ótica da saúde e do aprendizado. **Ressalta-se, mais uma vez, que situações especiais exigem projetos especiais.** Como condição inegociável, apresenta-se a seguinte exigência: que a localização do terreno esteja fora da projeção de rotas aéreas de aproximação ao aeroporto.

<sup>114</sup> É preciso considerar que a instituição escolar pode trazer grandes incômodos à vizinhança. Desta forma, alguns vizinhos imediatos são totalmente incompatíveis. Citam-se como por exemplo os hospitais, que necessitam de silêncio.

5.5.1 Informação sobre a rua de entrada, regularidade de abastecimento e eventual necessidade de extensão:
5.5.2 Se necessária a escavação de poço, verificar a qualidade da água na vizinhança e dimensões prováveis do poço:
5.5.3 No caso de abastecimento de água por poço, análise da mesma em laboratório categorizado:
<b>5.6 Rede de esgoto:</b>
5.6.1 Informar a rua de saída e/ou eventual necessidade de extensão <sup>115</sup> :
5.6.2 Verificar a necessidade e condições de implantação de fossa séptica e sumidouro:
5.7 Rede de eletricidade (tensão de distribuição, rua de acesso de eventual necessidade de extensão ou rebaixamento de tensão):
<b>5.8 Rede de gás:</b>
<b>5.9 Redes de telecomunicações (indicando a rua de acesso e eventual extensão):</b>
<i>5.10 Suporte local para receber os impactos causados pela nova instituição: como condições do transporte público, capacidade das vias, coleta de resíduos e condições de segurança:</i>
<b>6. ELEMENTOS PARA ADEQUAÇÃO DO PROJETO</b>
6.1 Aspectos socioculturais e econômicos da localidade e o padrão construtivo da vizinhança:
6.2 Disponibilidade local:
6.2.1 Material
6.2.2 Mão de obra
<i>6.2.3 Cadeias locais de reaproveitamento de resíduos</i>
<b>7. PROVIDÊNCIAS A SEREM TOMADAS PREVIAMENTE</b>
7.1 Execução de movimento de terra:
7.2 Pavimentação de ruas:
7.3 Remoção de obstáculos e demolições:
7.4 Retirada de painéis de anúncios:
7.5 Remoção de eventuais ocupantes:
7.6 Canalização de córregos:
<b>8 FOTOS</b> <i>(de todos os itens observados e passíveis de registro fotográfico)</i>

Fonte: a autora

## 5.2 O plano de massas

O estudo sobre a inserção da edificação no contexto local é de extrema importância. Faz-se necessário avaliar as interações do projeto com o sítio, em seus aspectos positivos e negativos. Desta forma, importa considerar os impactos possíveis sobre o empreendimento em decorrência do entorno, tais como: condições climáticas, poluição sonora e do ar, riscos,

<sup>115</sup> O sistema de esgotamento sanitário local deve ser avaliado tecnicamente e, se for o caso, sofrer as intervenções necessárias. Isto para garantir que o sistema suportará adequadamente o acréscimo gerado pela instituição a ser implantada. A construção da escola deve ser condicionada à solução do problema.

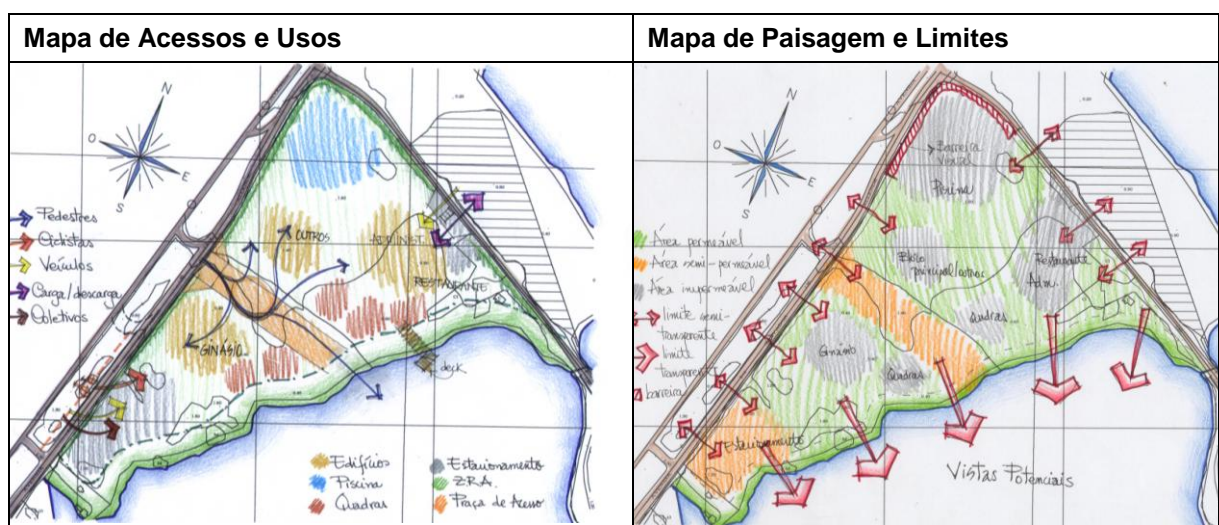
infraestrutura existente, peculiaridades da vizinhança, vistas acessíveis, entre outros. Como também os impactos que causarão o empreendimento sobre seu entorno próximo e ao meio ambiente de uma forma geral, tais como: ruídos provocados pela escola, intensificação do trânsito de veículos e de pedestres, incremento à utilização de transporte coletivo, subtração de áreas verdes e de lazer, efeitos climáticos, alteração da biodiversidade, etc.. Portanto, deve-se procurar estabelecer uma edificação que apresente uma relação harmoniosa ao ser implantada e operada, indo até procurar atender condições futuras.

Uma boa implantação deve respeitar a paisagem do lugar e as características peculiares do clima, composto pelo clima regional modificado pelas interferências geradas em nível mesoclimático acrescidas da ação do entorno – natural e construído - buscando amenizar as sensações de desconforto porventura existentes.

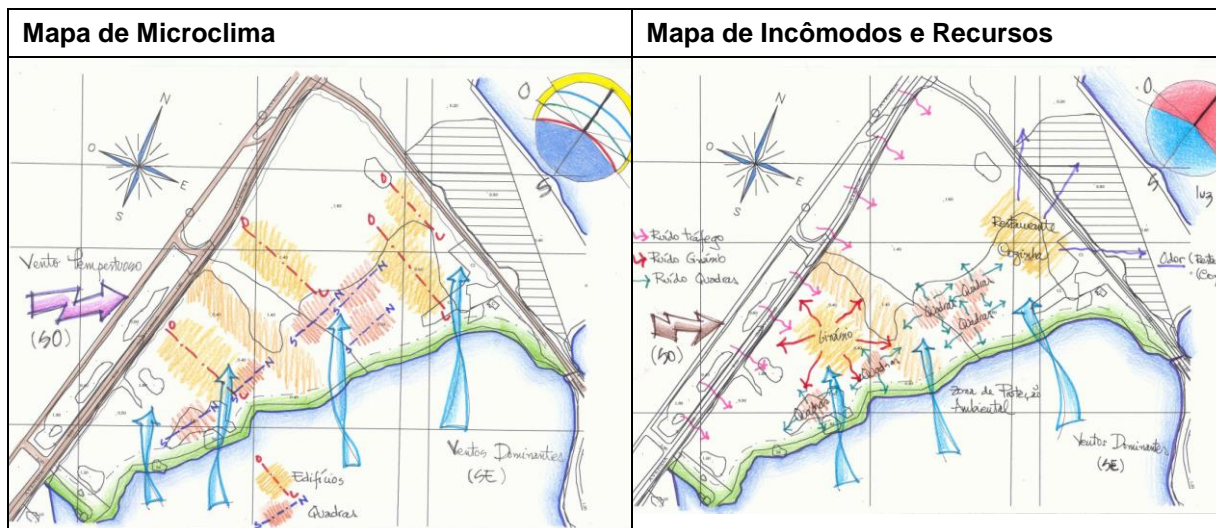
Caso haja uma tipologia arquitetônica vernácula local também poderia esta ser objeto de investigação de modo a subsidiar um possível modelo referencial para o projeto. Ai se considera uma possível ligação da obra futura com a cultura do lugar e condições climáticas do sítio. Além disto, a solução arquitetônica poderia atentar para o uso de recursos (materiais e mão de obra) das proximidades.

O contexto de cada terreno é único e o número de condicionantes é grande, sendo necessário um enfoque holístico, face à inter-relação de tantas questões. No início do estudo do plano de massas, deve-se trabalhar com massas amorfas e analisar onde melhor localizá-las em função dos condicionantes existentes. O Quadro 8 apresenta um estudo genérico elaborado segundo o Método HQE® e que bem ilustra esta etapa de análise e início de concepção.

**Quadro 8:** Exemplo de análise do sítio para o início da elaboração do Plano de Massas







Fonte: estudo realizado por Alves, L.; Fagundes, A.; Fontes, M.; Vasconcellos; Zambrano, L. PROARQ/FAU/UFRJ, 2004.

Dessa maneira, o processo projetual se baseia em etapas de síntese da forma, passando da análise do sítio a uma ideia geral da forma da edificação e procurando, a partir da visão do arquiteto, integrar os aspectos apresentados pelo Programa de Necessidades e pelo Caderno de Encargos Ambientais (BARROSO-KRAUSE e BASTOS, 2006)<sup>116</sup>.

A seguir, serão examinados alguns aspectos que devem ser considerados na fase de elaboração do plano de massas.

No caso de terrenos acidentados, as alternativas de corte ou aterro devem ser analisadas. Conforme cita o Innovative Design (2013), deve-se trabalhar com as curvas de nível, procurando evitar grandes movimentações de terra e minimizar as pavimentações impermeáveis. Ao mesmo tempo, é necessário considerar a acessibilidade universal - não apenas à edificação escolar, mas também aos espaços externos - é questão primordial; o que concorre para que a escolha do terreno e a implantação devam ser feitas com cautela.

Em atendimento aos requisitos de conforto e eficiência energética, a volumetria e a organização espacial devem ser trabalhadas em busca da melhor orientação para o edifício, aproveitando-se ao máximo as fachadas privilegiadas em relação aos ventos dominantes e ao controle da insolação, como também atenuar a influência indesejada de ruídos e ventos tempestuosos.

As características do entorno, como topografia, vegetação e massa construída, contribuem para aumentar ou diminuir a intensidade dos ventos, modificando seu desempenho. A sombra das árvores pode controlar sazonalmente a radiação solar direta. A superfície do entorno é capaz de controlar a radiação difusa. Plantas de grande porte têm poder de amenizar

<sup>116</sup> Adaptado do material de aula da disciplina Sustentabilidade, PROARQ/FAU/UFRJ.

a temperatura do ar. Barreiras contra o vento frio e úmido do inverno [...], podem diminuir a ação deste no edifício (MASCARÓ, p. 27, 1985).

A organização espacial da edificação escolar deve refletir sua estrutura funcional, considerando os ambientes, as diferentes atividades que abrigam, principais relações e requisitos espaciais.

A distribuição interna dos ambientes encontra-se relacionada a vários fatores, sendo que o “perfil de ocupação”<sup>117</sup> (CORBELLA E CORNER, p. 80, 2011) e as condições climáticas ambientais do sítio revelam-se como necessários para um projeto bioclimático. Com o conhecimento do ambiente sonoro em que a edificação estará sujeita, dos ventos, da insolação e da influência do entorno, pode-se trabalhar com o programa de necessidades e fazer a distribuição dos ambientes. A organização de tais ambientes em função de especificidades em comum, constitui a **setorização**.

Sabemos que no caso das escolas de Ensino Fundamental da rede pública municipal, a grande maioria funciona no período diurno (turnos da manhã e tarde), sendo acrescentado o período noturno, para atendimento ao EJA (Educação de Jovens e Adultos), em cerca de 10% das unidades (conforme subitem 3.3.1).

De forma geral, a diversidade e a complexidade das atividades escolares já exigem a setorização de seus ambientes em conjuntos funcionais, tais como: conjunto pedagógico, conjunto vivência-assistência, conjunto administrativo/apoio técnico-pedagógico e conjunto serviços gerais. Pode-se tirar excelente partido desta setorização em benefício do conforto ambiental.

É possível utilizar uma variedade de arranjos espaciais para o plano de massas. Alguns são reconhecidos como tipologias arquitetônicas<sup>118</sup> e as mais frequentes em projetos escolares são descritas a seguir (IBAM, 1986 e Conde, 1987):

- **Pavilhonar** – este esquema estrutura-se a partir de um grande eixo de circulação ao longo do qual são setorizados os diversos conjuntos e serviços. Adéqua-se a grandes terrenos e pode facilitar a construção de acréscimos ou de novos blocos. A solução pavilhonar tende a criar grandes extensões de circulação. Por conseguinte, o projeto deve buscar as funções e os fluxos de atividades de modo a reduzir os percursos.
- **Agrupamento** - o sistema por agrupamento tende a concentrar por grupos certas áreas diferenciadas, visando uma maior aproximação entre as partes da escola;
- **Plano fechado ou compacto** – esta solução adéqua-se a terrenos de poucas dimensões. É o partido mais econômico, onde os deslocamentos internos são

---

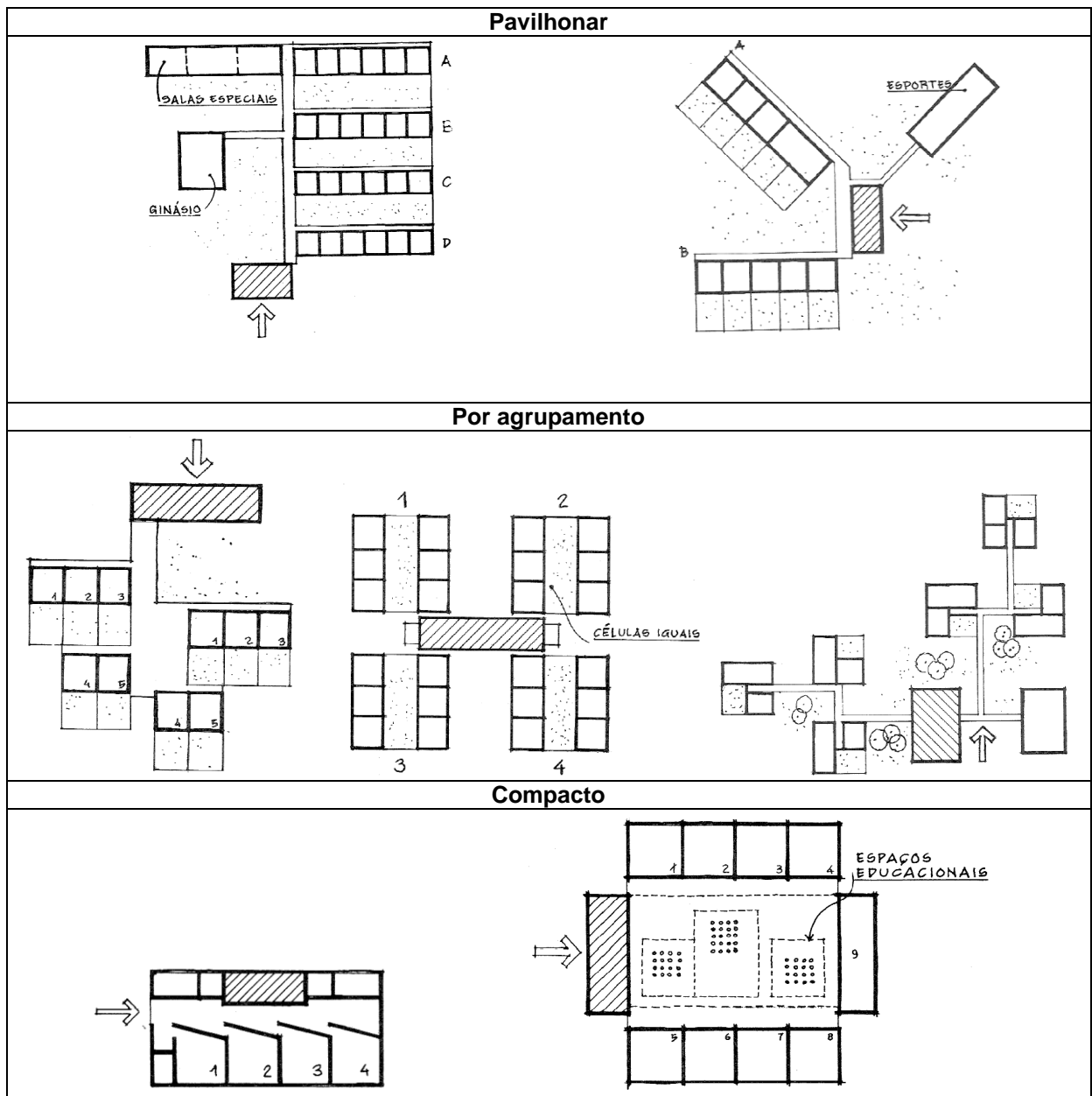
<sup>117</sup> Tipo de utilização, nº de pessoas, e período de ocupação.

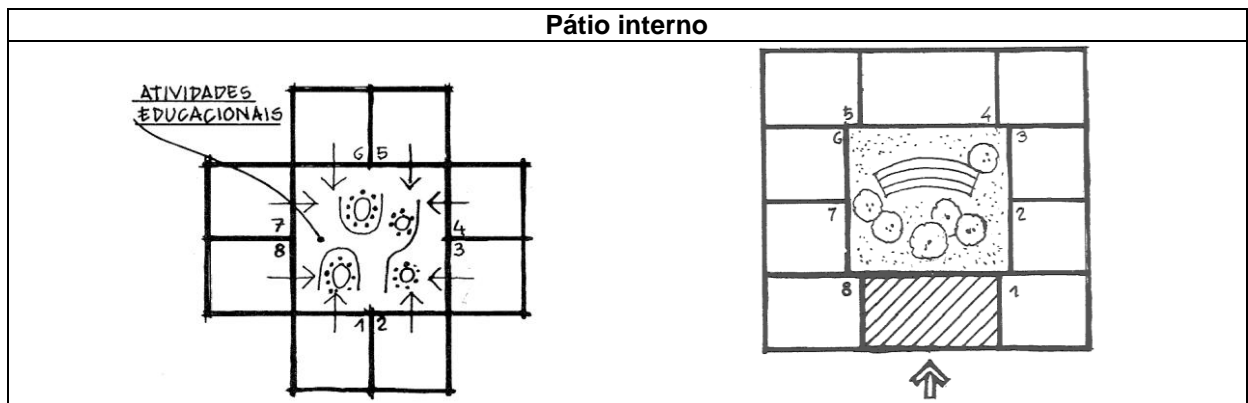
<sup>118</sup> A tipologia arquitetônica é formada por um conjunto de soluções anteriores que possuem uma analogia formal e funcional

menores, há economia de paredes, e as circulações podem ser, em alguns casos, utilizadas para espaços de atividades educacionais;

- **Pátio interno** – permite organizar os ambientes em torno de um pátio descoberto que pode ser utilizado como área de convívio, prática de atividades físicas ou pedagógicas. A utilização de galerias como circulações laterais ao pátio possibilita uma grande integração entre os ambientes. Entretanto, um aspecto que deve ser considerado é o da passagem de ruídos entre os conjuntos.

**Quadro 9:** Tipologias arquitetônicas frequentes em projetos escolares





Fonte: Conde (1987)

Podemos também encontrar varias combinações entre essas tipologias, sendo que todas elas apresentam vantagens e desvantagens a serem consideradas segundo vários fatores, dentre eles, o conforto ambiental e a eficiência energética da edificação.

O Manual do IBAM (1996) também recomenda que escolas de Ensino Fundamental devem ser projetadas com no máximo três pavimentos, procurando-se localizar as atividades do Primeiro Segmento nos andares mais baixos. Quanto às áreas livres, estas devem incluir estacionamento, áreas verdes e ambientes adequados à prática de atividades pedagógicas ao ar livre, recreação e educação física.

A implantação da edificação escolar pressupõe, em primeiro lugar, uma adequada relação entre a área construída, a área destinada à ampliação e as áreas livres. Ainda de acordo com o Manual do IBAM (1996), a Taxa de Ocupação<sup>119</sup> deve ser em torno de 33%. No entanto, a recomendação torna-se enfraquecida quando o texto faz a seguinte ressalva: “a crescente dificuldade de dispor de terrenos com dimensões apropriadas faz com que sejam aceitas taxas mais altas, desde que obedecida a legislação municipal<sup>120</sup> sobre o assunto para o local e equacionadas as exigências do programa” (IBAM, p. 96, 1996) .

Entretanto, observa-se que o cumprimento à legislação municipal vigente na cidade do Rio de Janeiro não garante o conforto ambiental nas escolas construídas. É fato que, não apenas nesta, mas em várias cidades brasileiras, a legislação precisa ser atualizada à luz dos conceitos de conforto ambiental e eficiência energética. Em virtude desta necessidade, o próprio IBAM, em parceria com a ELETROBRAS, lançou a nova edição de um guia técnico dedicado ao assunto e intitulado “Elaboração e atualização do código de obras e edificações” (BAHIA, 2012).

<sup>119</sup> A Taxa de Ocupação é a relação percentual entre a projeção da edificação e a área do terreno. Ou seja, ela representa a porcentagem do terreno sobre o qual há edificação.

<sup>120</sup> Plano Diretor, Lei de Uso e Ocupação do Solo e Código de Obras e Edificações.

As questões referentes à relação do plano de massas com a acústica, a insolação, a iluminação natural e a ventilação serão examinadas a seguir.

### 5.2.1 Acústica

O conforto acústico do ambiente construído está diretamente relacionado aos seguintes fatores:

- Condições locais - ventos dominantes, entorno natural e entorno construído. Portanto, vinculado ao diagnóstico do sítio de implantação;
- Implantação do empreendimento no terreno;
- Características da edificação.

Destacam-se os aspectos de **organização espacial** dos ambientes entre si, dos ambientes em relação aos incômodos acústicos do espaço exterior e dos ambientes internamente.

Compreendemos que a qualidade acústica da edificação escolar pode resultar do atendimento a alguns requisitos durante o processo de concepção. Com base em Barroso-Krause et al. (2005) e FCAV (2013), os mesmos são aqui apresentados:

- Identificação das fontes de ruído<sup>121</sup> - proveniente do entorno ou do próprio empreendimento;
- Classificação das fontes de ruído - aéreo<sup>122</sup> ou de impacto<sup>123</sup>;
- Qualificação acústica dos espaços – nível máximo de ruído de fundo recomendado para os espaços projetados. Estes níveis estão estipulados pela NBR 10152 (ABNT, 1992);
- Afastamento entre os espaços sensíveis e as fontes de ruído;
- Isolamento dos ruídos aéreos;
- Tratamento das fontes de ruído de impacto;
- Condicionamento acústico dos ambientes internos e tratamento dos ambientes externos;
- Proteção dos vizinhos contra os ruídos gerados pelo empreendimento.

Para que tais requisitos sejam atendidos, a seguir serão examinados os aspectos a serem considerados na elaboração do plano de massas.

---

<sup>121</sup> Sendo ruído o som que incomoda ou que interfere negativamente na execução das atividades inerentes ao ambiente.

<sup>122</sup> Tais como os decorrentes de conversação, trânsito, execução de obras, oficinas, instrumentos musicais, entre outros.

<sup>123</sup> Tais como os decorrentes de máquinas e equipamentos, escoamento de fluidos em dutos, atividades de impacto sobre lajes, entre outros.

A proteção do edifício contra o ruído oriundo de fontes do entorno começa pela implantação. As características geométricas dos elementos constituintes deste entorno e da própria edificação projetada podem propiciar as múltiplas reflexões do som ou permitir que tais elementos atuem como barreiras.

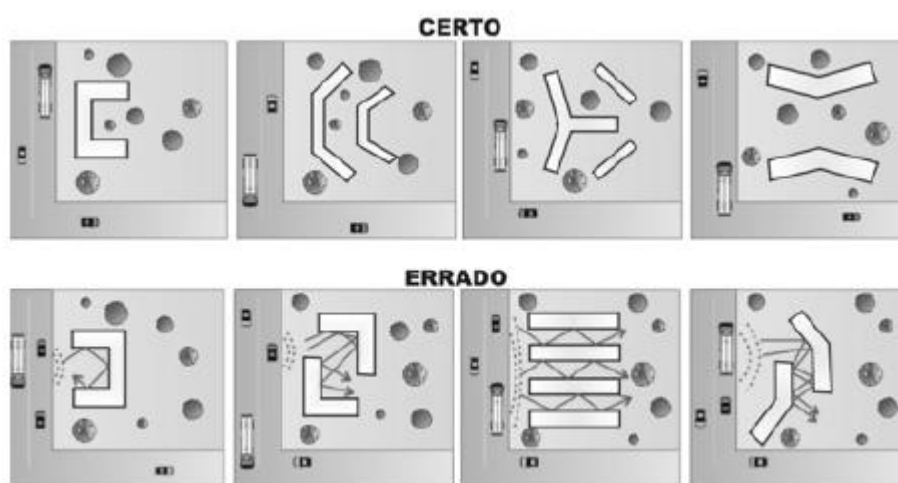
Também a direção dos ventos dominantes deve ser observada, visto que estes colaboram para a propagação do som.

De acordo com as alturas e afastamentos entre as edificações, o som poderá ser refletido ou dissipado (STRAMANDINOLI, 2008). A Figura 43 ilustra a amplificação das reflexões sonoras em função do local da fonte sonora, da altura dos edifícios e do escalonamento dos mesmos ou entre eles permitindo a dissipação do som ou o funcionamento como barreira acústica.



**Figura 43:** Exemplos de reflexões sonoras no ambiente urbano  
Fonte: CETUR, 1981, apud Stramandinoli, 2008

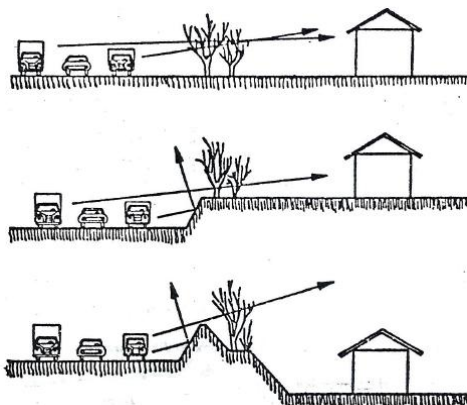
Santos (p. 104, 2009) demonstra que, na implantação, pode ser conseguida uma melhor qualidade sonora projetando-se a distribuição das edificações e dos ambientes internos, de acordo com suas utilizações. “Deve-se priorizar o maior distanciamento das possíveis fontes ruidosas ou utilizar volumetrias que promovam menor reflexão de som entre elas” conforme exemplificado pelas várias soluções apresentadas na Figura 44 e, sob o ponto de vista acústico, classificadas como certas ou erradas.



**Figura 44:** Exemplos de implantação  
Fonte: Santos, 2009, baseado em Stramandinoli, 2008

Edificações horizontais, em um ou dois pavimentos, ficam mais resguardadas dos ruídos provenientes do entorno. Já os prédios com maior número de pavimentos e inseridos em regiões onde predominam as edificações mais baixas, situação frequente no subúrbio carioca, ficam mais sujeitos aos ruídos provindos de fontes com maior distância.

A topografia do sítio pode ter influência relevante na propagação do ruído, prolongando a permanência de um som devido a múltiplas reflexões, ou como elemento de obstrução, funcionando como uma barreira acústica natural e isolando o ruído em relação a outro espaço, conforme Figura 45. Santos (2009) acrescenta que como o som se propaga de forma ascendente, terrenos em altura ficam mais sujeitos aos sons de longa distância. Por outro lado, de maneira oposta, terrenos em declive ocupam uma zona de sombra sonora, podendo ficar resguardados de ruídos provenientes das vias de tráfego e das construções localizadas em pontos mais altos.



**Figura 45:** Relevo atuando como barreira acústica natural  
Fonte: Egan, 1972

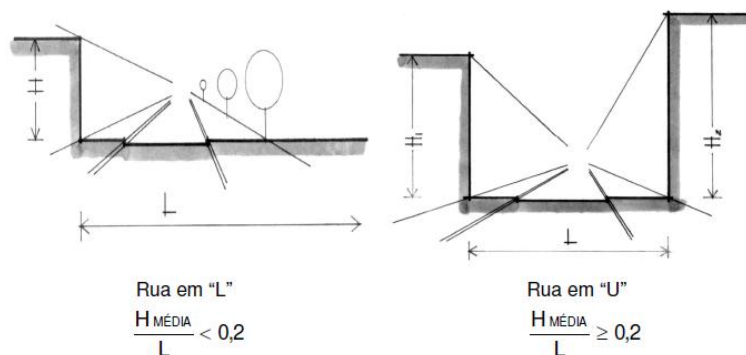
A configuração do cânion urbano apresenta também uma grande influência na distribuição sonora.

O ruído percebido depende das características das superfícies refletoras: a pavimentação da pista e das calçadas, do alinhamento, revestimento, rugosidade e movimentação do plano das fachadas. Em ambiente urbano, os materiais mais frequentemente utilizados (concreto, vidro, cerâmica, asfalto) possuem baixo coeficiente de absorção sonora, refletindo quase toda a energia incidente (SANTOS, p. 105, 2009).

A relação entre a largura da rua e a altura dos edifícios é também de fundamental importância para a propagação sonora, pelo tipo de campo sonoro que determina. Em função da espécie de tecido urbano podemos classificar as ruas como (CETUR, 1981 apud NIEMEYER, 2007):

- Ruas em “L” - quando o espaço acústico é aberto, com edifícios em apenas um dos lados, ou ruas largas, margeadas por edifícios relativamente baixos;
- Ruas em “U” - quando o espaço acústico é fechado, são as ruas do tipo cânion, margeadas por barreiras contínuas de edificações coladas nas divisas.





**Figura 46:** Relação entre Altura dos Edifícios e Largura da Rua  
 Fonte: Niemeyer, 2007

Santos (2009) acrescenta que nas ruas em "L" a propagação sonora aproxima-se do campo direto ou livre, enquanto nas ruas em "U", o campo acústico é semi-reverberante e as reflexões sobre as fachadas têm grande peso no nível sonoro total. Além disto, a distância entre a fachada e a testada do lote altera o nível de ruído que chega à edificação, incluindo a solução paisagística adotada neste espaço.

A boa localização de uma escola, caso haja à volta do lote vias de grande porte, depende das dimensões do terreno. É necessário que haja afastamento suficiente entre a edificação e a rua para que se consiga uma boa atenuação sonora (SANTOS, p. 116, 2009).

O Processo de Certificação AQUA (FCAV, 2013 – ver APÊNDICE 2) recomenda que, para o posicionamento dos ambientes, seja feita a classificação acústica de cada espaço e suas interações com os espaços vizinhos, por meio dos seguintes conceitos: **a sensibilidade do espaço** e **a agressividade do espaço**. Relacionando ambos os conceitos, os diferentes espaços encontrados nas escolas podem ser assim classificados:

**Quadro 10:** Classificação acústica dos ambientes escolares

Sensibilidade / agressividade dos espaços	Espaços pouco agressivos	Espaços agressivos	Espaços muito agressivos
Espaços pouco sensíveis	Pequenos depósitos sem meios de manutenção	Sanitários, Circulações	Área resíduos, Áreas técnicas, Halls
Espaços sensíveis		Escritórios coletivos, Espaços de trabalho abertos, Salas de reunião, Áreas de descanso	Áreas de alimentação, Ginásio, Área de recreação
Espaços muito sensíveis	Salas de aula, Bibliotecas, Escritórios individuais, Áreas de repouso, Enfermaria		Auditórios

Fonte: FCAV (2013)



O posicionamento dos ambientes deverá ser feito segundo uma avaliação em termos de **contiguidade dos espaços** (abertos ou fechados, pertencentes ao mesmo empreendimento ou não) e de **superposição** (de andares).

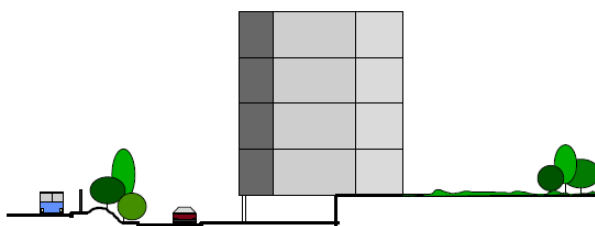
A **setorização**, reunindo, por exemplo, espaços muito sensíveis e localizando-os devidamente protegidos daqueles mais agressivos, se apresenta como estratégia cujos resultados são significativos.

Nesse contexto, a prioridade deve ser dada às salas de aula.

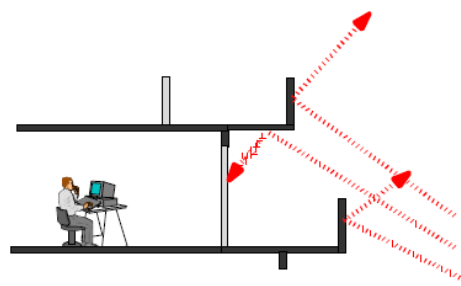
Também se destaca que a localização da área de lazer é decisiva, visto que são raras as escolas com a possibilidade de implantar horário único de recreio. O mesmo se aplica à quadra de esportes, pois as atividades esportivas são geradoras de enorme ruído. Por outro lado, a liberdade de expressão praticada com o uso e a apropriação destas áreas é essencial ao desenvolvimento infantil e não deve ser inibida.

Os espaços interiores podem, também, ser hierarquizados em função do ruído. No exemplo da Figura 47, na fachada voltada para a região ruidosa estão localizados os espaços menos sensíveis e reservada a fachada protegida para aqueles mais sensíveis.

Ambientes vazados - como varandas, sacadas ou circulações externas – podem funcionar como espaços de transição para a propagação sonora, protegendo o interior da edificação do ruído externo (Figura 48), principalmente se algumas de suas superfícies forem tratadas com materiais absorventes. Destaca-se a utilidade desta alternativa no clima tropical úmido, por permitir a ventilação (BARROSO-KRAUSE et al., 2005).



**Figura 47:** Hierarquização dos ambientes em função do ruído  
Fonte: Barroso-Krause et al. (2005)



**Figura 48:** Espaço de transição para proteção do ambiente interno  
Fonte: Barroso-Krause et al. (2005)

## 5.2.2 Insolação e iluminação natural

Fazem parte das estratégias de um projeto bioclimático considerar as condições de insolação sobre o envelope da edificação. Se a ideia for aproveitar o recurso solar para o aquecimento de água ou geração fotovoltaica a importância deve se dada a captação solar na cobertura da edificação. No entanto, deverão ser consideradas condições para a redução da insolação sobre as superfícies verticais, de modo a atenuar as cargas térmicas no prédio,

mas privilegiando condições adequadas de luz natural através de aberturas laterais, MARTINS et al. (2014).

Importantes decisões de projeto decorrem, entre outras análises, daquela referente à disponibilidade da radiação térmica e luminosa. Tais decisões incluem a definição da implantação, da volumetria e do tratamento dado à envoltória, com seus materiais, aberturas e estratégias de sombreamento.

Também é necessário considerar as interferências causadas pelo entorno natural e construído, como sombreamentos, a radiação solar refletida e a emissão térmica pelas diversas superfícies.

No que se refere à orientação das massas construídas e à avaliação das sombras produzidas pelos elementos naturais ou artificiais que compõem o entorno, têm-se as respostas através dos estudos de geometria solar<sup>124</sup>. Uma das opções é utilizar a carta solar local (ver carta solar da cidade do Rio de Janeiro na Figura 32, p. 96), onde é possível visualizar o percurso aparente do Sol, identificando a altura e o azimute do mesmo em cada hora do dia, nas diferentes estações do ano.

Outra opção para se estudar a geometria solar é através de programas computacionais, que permitem a visualização da trajetória solar aparente para a latitude desejada. Alguns destes programas são os seguintes: *SunPath*<sup>125</sup>, *Ecotect*<sup>126</sup>, *Sketch Up*<sup>127</sup>, *Analysis SOL-AR*<sup>128</sup> e *Brise.BR*<sup>129</sup>.

Também com a ajuda da geometria solar, pode-se constatar que na cidade do Rio de Janeiro<sup>130</sup>, por ordem de importância, as superfícies que mais recebem sol no verão são: (1) a cobertura, (2) as fachadas Leste e Oeste e (3) as fachadas Norte e Sul. Um procedimento para reduzir o calor que penetra na edificação é orientar as fachadas de maior área para as direções norte e sul. Ver Figura 49(a).

---

<sup>124</sup> Para aprofundamento desse tema, ver Frota (2004).

<sup>125</sup> Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/antigo/software/sunpath.html>.

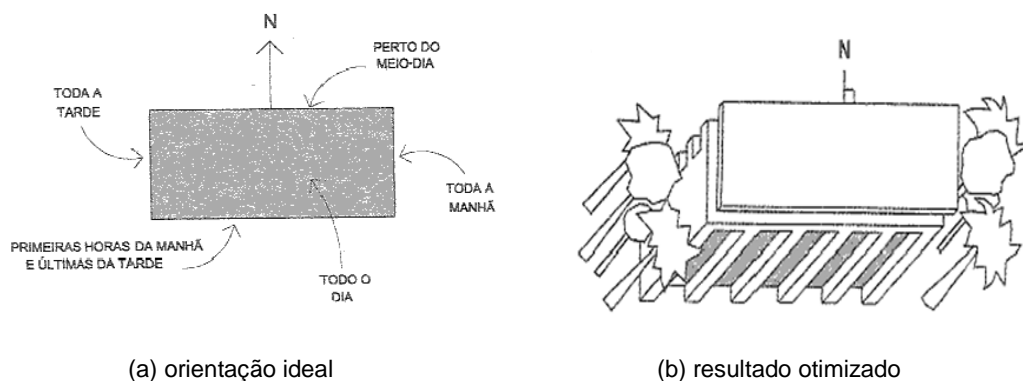
<sup>126</sup> Disponível em: <http://ecotect.com/home>.

<sup>127</sup> Disponível em: <http://www.sketchup.com>.

<sup>128</sup> Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/antigo/software/analysisSOLAR.htm>.

<sup>129</sup> Disponível em: <http://www.fau.usp.br/pesquisa/laboratorios/labaut/conforto>.

<sup>130</sup> Ou em outra localidade que possua latitude entre 12° e 30° (CORBELLA e YAnnas, 2003).



**Figura 49:** Rio de Janeiro: Superfícies e cargas solares no verão  
 Fonte: Corbella e Yannas (2003)

Em consonância com essa análise, os autores fornecem as magnitudes relativas de radiação solar incidente nas fachadas orientadas para os quatro pontos cardeais – Tabela 4. Os dados são referentes às médias incidentes durante os três meses de verão e de inverno no Rio de Janeiro.

**Tabela 4:** Radiação solar incidente sobre superfícies verticais no Rio de Janeiro (em kWh/m<sup>2</sup> Dia)

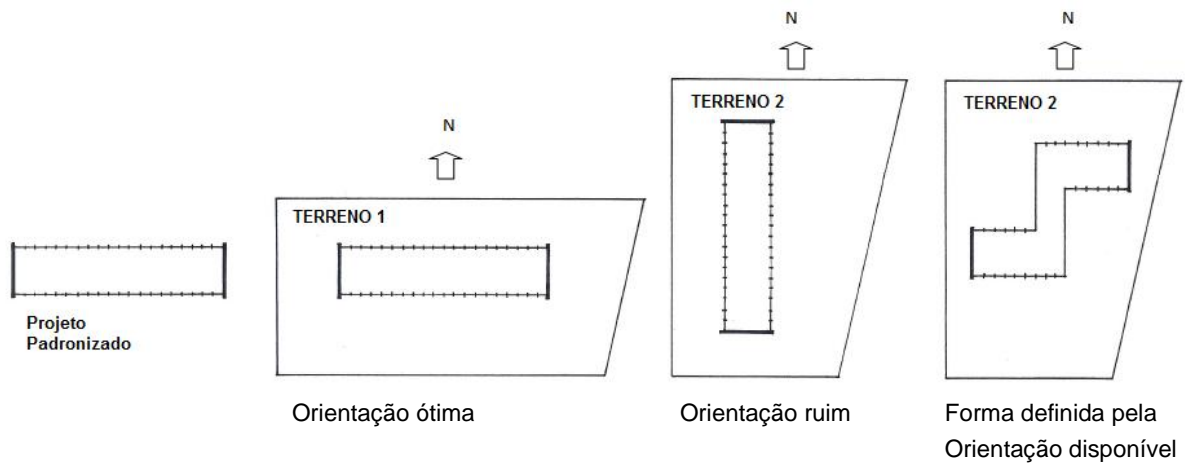
Fachada	Inverno	Verão
Norte	3.8	2.0
Leste / Oeste	2.4	3.4
Sul	1.0	2.4

Fonte: Corbella e Yannas (2003)

Acrescenta-se que se a edificação idealmente orientada receber brises horizontais nas aberturas da fachada Norte e verticais na Sul, além da proteção com vegetação de fachadas cegas Leste e Oeste, conforme Figura 49(b), o desempenho poderá ser otimizado.

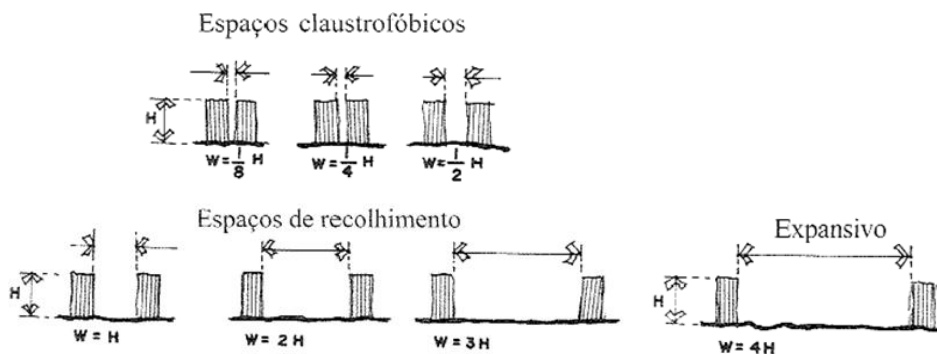
A captação da energia solar depende da orientação e inclinação das superfícies do envelope, e em consequência, a **carga térmica na envoltória da edificação está diretamente relacionada à forma da edificação.**

A Figura 50 ilustra essa afirmação. Tem-se um suposto projeto escolar padronizado e dois terrenos onde escolas devem ser construídas. Sob a ótica da insolação, o Terreno 1 possibilita que seja dada à edificação pré-concebida uma ótima orientação. Já não é o caso do Terreno 2, cuja implantação possível, para o mesmo prédio, é altamente desfavorável. Uma solução alternativa possível para implantação no Terreno 2 seria conceber o plano de massa em formato definido a partir da orientação disponível.



**Figura 50:** A relação entre a forma da edificação e a orientação disponível  
 Fonte: a autora

Outra questão observada, conforme indicado na Figura 51, é que o impacto da incidência da radiação solar no meio urbano tem relação com a altura dos edifícios e com seus espaçamentos (ROMERO, 2001). Considerando tal relação, podemos criar espaços de recolhimento ou expansivos, de acordo com a intenção de projeto, assim como evitar os espaços claustrofóbicos.



**Figura 51:** Relação do espaço entre os edifícios com a altura dos mesmos  
 Fonte: Romero (2001, adaptado de McCluskey, 1985)

A disponibilidade de iluminação natural no interior do ambiente construído está relacionada com a caracterização das condições luminosas da abobada celeste, o acesso a esse céu, as superfícies circundantes e as características da própria edificação (tais como orientação, organização espacial e volumetria, localização e dimensões das aberturas, tipologia das esquadrias e elementos de sombreamento).

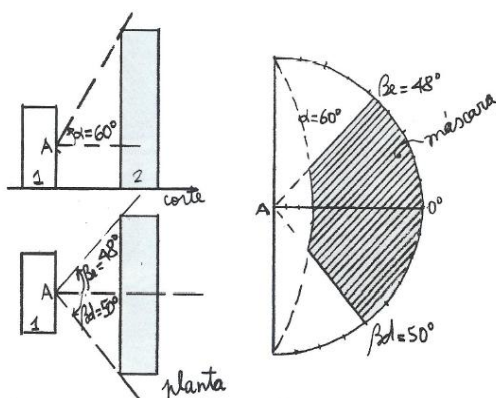
No clima tropical úmido, a radiação solar direta e a luz refletida pelas superfícies circundantes devem ser controladas, procurando-se evitar o excesso de carga térmica e o ofuscamento.

Os três tipos básicos de céu, que traduzem possíveis variações da luz diurna responsáveis pela iluminação natural do ambiente construído, são o céu claro, o céu

parcialmente encoberto e o céu encoberto. Na maior parte dos casos, o céu encoberto (ou nublado) pode ser utilizado para cálculo de iluminação natural, “pois representa a pior condição em termos de quantidade de luz. Vários programas de iluminação trabalham com este modelo, que é também o mais simples” (LAMBERTS et al., p. 151, 2014).

Segundo os mesmos autores, alguns dos principais programas de simulação de iluminação disponíveis atualmente são os seguintes: Radiance<sup>131</sup>, Desktop Radiance<sup>132</sup>, Ecotect Analysis 2011<sup>133</sup>, Apolux<sup>134</sup>, Troplux<sup>135</sup>, Lux<sup>136</sup>, Relux<sup>137</sup> e DIALux<sup>138</sup>.

O acesso ao céu pode ser avaliado através do Fator de Visão do Céu (FVC), já referido no Capítulo 4. O FVC é único para cada ponto estudado e pode ser representado graficamente através do traçado de máscaras<sup>139</sup>. Como exemplo, apresentamos a Figura 52, onde um observador (A) posicionado a uma determinada altura na fachada do prédio 1 é impedido de ver “uma fatia” do céu em decorrência da posição do prédio 2. A máscara apresenta o trecho da abóbada celeste obstruída pelo prédio 2 para o ponto de vista do observador (A).



**Figura 52:** Traçado de máscara de obstrução externa – Prédio fronteiro  
Fonte: Frota (2004)

Para um observador posicionado a céu aberto, a máscara correspondente às obstruções causadas pelas construções circundantes, tem aparência similar à fotografia apresentada na Figura 37, p.105.

<sup>131</sup> Disponível em: <http://radsite.lbl.gov/radiance/HOME.html>.

<sup>132</sup> Disponível em: <http://radsite.lbl.gov/deskrad/dradHOME.html>.

<sup>133</sup> Disponível em: <http://usa.autodesk.com/ecotect-analysis/>.

<sup>134</sup> Disponível em: <http://www.labcon.ufsc.br/foton/>.

<sup>135</sup> Disponível em: [http://www.ctec.ufal.br/grupopesquisa/grilu/index\\_arquivos/Page377.htm](http://www.ctec.ufal.br/grupopesquisa/grilu/index_arquivos/Page377.htm).

<sup>136</sup> Disponível em: <http://www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/conforto/index.html>.

<sup>137</sup> Disponível em: <http://www.relux.biz/>.

<sup>138</sup> Disponível em: <http://www.dial.de/DIAL/en/dialux-international-download.html>.

<sup>139</sup> O método gráfico denominado “traçado de máscaras” se utiliza dos ângulos de sombra resultantes de um elemento em relação a um determinado ângulo de incidência do sol. Para maiores esclarecimentos sobre o método, ver Frota (2004).

A máscara resultante do FVC pode ser aplicada sobre a carta solar correspondente à latitude do local estudado, permitindo a identificação das áreas ensolaradas de acordo com a época do ano e período do dia.

Um possível caminho para que condições propícias à iluminação natural e a captação solar para fins energéticos sejam asseguradas no meio urbano, é a inserção do conceito de “envelope solar” para a regulamentação do acesso ao sol na legislação urbanística. O conceito foi desenvolvido em pesquisa realizada na Universidade do Sul da Califórnia tendo os primeiros resultados publicados por Knowles, MIT Press, em 1974 (KNOWLES e BERRY, 1980).

Dentro dos limites derivados da trajetória aparente do sol, o envelope solar forma um volume imaginário que uma edificação pode ocupar no terreno, de forma a permitir à vizinhança imediata o acesso ao sol e à luz natural. O envelope é definido levando-se em consideração, entre outros fatores, o tempo de acesso solar desejado nos períodos críticos do dia e do ano (KNOWLES e BERRY, 1980).

Para Knowles (p. 1, 2003), o instrumento pode regular o desenvolvimento urbano sustentável, permitindo a todos o acesso ao sol e abrindo, inclusive, novas possibilidades estéticas para a arquitetura e a forma urbana. De acordo com Pérez (2007) algumas cidades de países como EUA, Austrália e Israel têm utilizado o envelope solar como instrumento na elaboração da legislação urbanística.

Dentre as estratégias de projeto recomendadas por Lamberts et al. (2014) em prol da iluminação natural e de interesse desta pesquisa, ressaltamos as seguintes:

### **A forma da edificação**

É a partir da forma da edificação que se determina as possíveis combinações de janelas e também o quanto da área de piso terá acesso efetivo à luz natural. Normalmente, a uma distância de cinco metros da fachada, a iluminação natural pode ser satisfatória, enquanto os cinco metros além desse limite podem ser apenas parcialmente iluminados. Na Figura 53, todas as plantas têm a mesma área construída, mas apresentam diferentes possibilidades de iluminação natural. Esta estimativa é válida para os pavimentos superiores e com maiores valores de FVC. Para a determinação da quantidade de luz natural que pode ser esperada na base do átrio ou do pátio (pavimento térreo) os autores recomendam os modelos físicos (maquetes) ou a simulação.



**Figura 53:** Iluminação natural em função da geometria em planta  
 Fonte: Lamberts et al. (2014)

### A orientação

No Hemisfério Sul, a melhor orientação para a iluminação natural é a **Norte**, devido à incidência mais frequente da luz solar direta. Apesar do calor que acompanha a luz solar estar sempre presente, é muito fácil sombrear as aberturas nesta orientação.

A segunda melhor orientação é a **Sul**. Propicia um menor iluminamento, mas há constância e a qualidade é alta quando se precisa de uma luz branca fria. Além disto, esta orientação é a mais protegida do ofuscamento, por ser a que menos recebe a luz solar direta.

As piores orientações são a **Leste** e a **Oeste**, por receberem a luz solar com maior intensidade no verão e com menor intensidade no inverno, mas sempre de forma direta. Tais orientações dificultam o projeto de proteções solares, visto ser necessário considerar ângulos muito baixos de altura solar.

### 5.2.3 Ventilação

Em cidades de clima quente e úmido como o Rio de Janeiro, a utilização farta da ventilação se mostra indispensável para a obtenção de conforto térmico em edificações climatizadas naturalmente. Bittencourt e Cândido (2010) destacam que esta ventilação natural pode ser usada com três finalidades complementares. São elas:

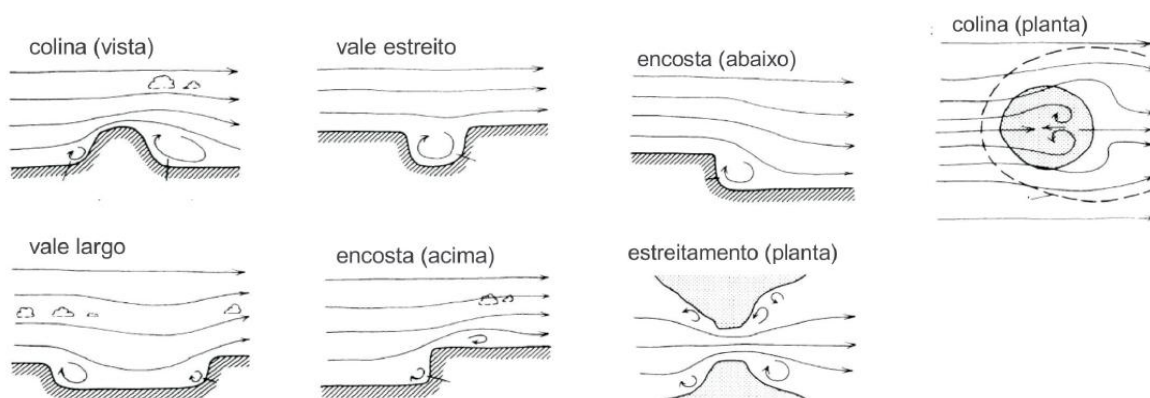
- **Manter a qualidade do ar nos ambientes internos** - através da adequada renovação do ar de tais espaços, de maneira a remover as impurezas eventualmente existentes e manter os níveis de oxigênio em patamares apropriados. Essa qualidade do ar pode ser obtida com pequenas taxas de renovação do ar das construções;

- **Arrefecer a edificação** - retirando a carga térmica absorvida pela construção em decorrência de sua exposição à radiação solar, assim como dos ganhos térmicos produzidos em seu interior;
- **Promover o resfriamento fisiológico dos usuários** - refere-se ao efeito refrescante provocado pela evaporação do suor da pele e pelas trocas de calor por convecção, que ocorrem quando o fluxo de ar entra em contato com o corpo humano.

Em se tratando de climatização natural, estando as duas últimas finalidades atendidas, invariavelmente a primeira também estará. No entanto, vale ressaltar que no caso de ambientes climatizados artificialmente, é essencial que a ventilação higiênica seja assegurada, assim como a adequada manutenção e a limpeza do sistema mecânico.

Como já visto, ainda que se conheça o regime de ventos dominantes na região, é preciso analisar as condições reinantes no sítio de implantação, procurando-se definir o conjunto de determinantes a ser considerado no projeto. Ou seja, cada contexto é único. Allard (1998) recomenda que seja tirado o máximo proveito dos ventos locais, considerando os elementos do entorno, tais como a topografia e as edificações circundantes.

Um relevo acidentado pode se constituir em barreira ao vento, alterando sua direção e velocidade. Por outro lado, tais conformações podem privilegiar determinadas localizações (Figura 54).



**Figura 54:** Efeitos do relevo na incidência dos ventos predominantes  
 Fonte: Barbirato et al. (2011, adaptado de OKE, 1999)

Para Allard (1998), a localização, a organização espacial (horizontal e vertical<sup>140</sup>), a forma, a orientação do edifício e o paisagismo são os principais aspectos a serem trabalhados no projeto. O autor acrescenta a importância da proteção quanto a ventos indesejáveis, fluxo de poeira e poluentes, além da prevenção contra o desconforto em áreas livres devido a altas velocidades do vento.

<sup>140</sup> Inclusive localizando os ambientes mais necessitados de ventilação nos pavimentos superiores (ALLARD, 1998).



Sob o efeito dos ventos, a vazão e a circulação de ar no interior de um ambiente dependem das aberturas e dos diferenciais de pressão resultantes ao longo do envelope do edifício. Também, devido aos efeitos térmicos - diferencial de temperaturas interior-exterior e posicionamento vertical/dimensão das aberturas, pode ocorrer a exaustão de ar pelo efeito termossifão. O favorecimento deste último efeito está relacionado com a altura do pé-direito e da cota vertical entre as aberturas disponíveis no ambiente.

Assim, importa analisar as condições de implantação e volumetria que venham a possibilitar, no andamento do projeto, a compartimentação interna do edifício e a definição de aberturas (localização, dimensionamento e tipologia) adequadas à ventilação e ao conforto dos usuários.

Em decorrência da incidência dos ventos sobre uma edificação há a formação de um escoamento do tipo camada limite, que se caracteriza por duas regiões: uma ao longe do corpo em que o escoamento segue o fluxo livre, e outra região na proximidade do corpo onde predominam os efeitos viscosos. Nesta interação fluido-estrutura, o escoamento de ar tende a contornar o corpo produzindo pressões nas fachadas e coberturas, além de uma grande geração de vórtices a sotavento (Figura 55).



**Figura 55:** Efeito de turbulência e formação de sombra de vento  
Fonte: Oke (1999, apud BARBIRATO et al., 2011)

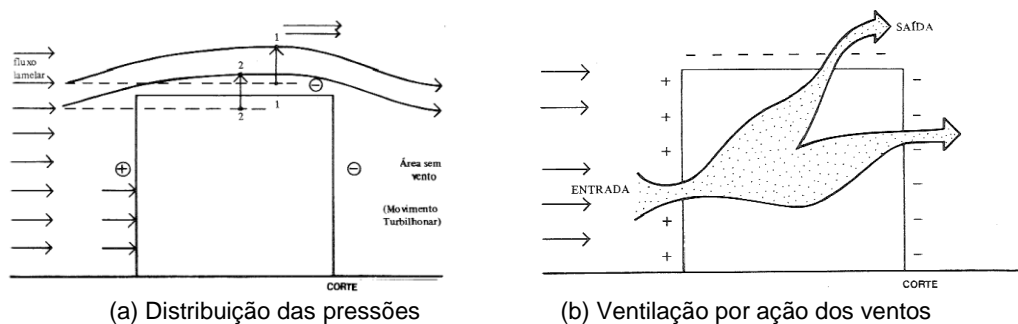
Bittencourt e Cândido (2010) ressaltam ser mais provável que uma corrente de ar escoe pelos lados de um obstáculo do que ela suba e o ultrapasse<sup>141</sup>.

Isso ocorre porque as trocas de energia requeridas para acelerar um escoamento ao redor de um obstáculo, situado no mesmo nível do escoamento, são menores que aquelas envolvidas no aumento do potencial energético do ar para erguê-lo. (HOUGHTON e CARRUTHERS, 1976 apud BITTENCOURT e CÂNDIDO, p. 22, 2010).

Segundo ilustra a Figura 56(a), as fachadas voltadas para o vento (a barlavento) estarão sujeitas a pressões positivas, enquanto as fachadas posteriores (a sotavento) e a superfície horizontal superior estarão sujeitas a pressões negativas (sucção).

Essa situação proporciona condições de ventilação do ambiente pela abertura de vãos, em fechamentos sujeitos a pressões positivas para entrada de ar e em fechamentos sujeitos a pressões negativas para saída de ar, segundo esquematizado na Figura 56(b).

<sup>141</sup> Esse comportamento descrito pelos autores depende do baixo valor alcançado pelo número de Reynolds do escoamento, e que depende da intensidade da velocidade de escoamento do ar.



**Figura 56:** Pressões dos ventos na edificação

Fonte: Frota e Schiffer (2003)

A ventilação por diferencial de pressão depende das condições de vento no sítio (meteorológicas e do entorno), da implantação da edificação e de suas características arquitetônicas. **A localização relativa dos prédios, a volumetria e a orientação em relação à direção do vento, são de fundamental importância para a ventilação natural a ser obtida em área urbana, tanto no interior das edificações quanto no ambiente externo.**

No meio urbano, ventilação por diferencial de pressão é um fenômeno complexo e seu entendimento tem motivado intensas pesquisas nas últimas décadas. Cada topologia urbana se comporta de forma diferenciada em relação aos ventos incidentes e devem ser analisadas caso a caso. Além disso, as complexas circulações de ar irão interagir com a edificação estudada em função de suas características arquitetônicas (volumetria, aberturas, materiais e compartimentação interna).

Hoje, os estudos experimentais em túneis de vento e de simulação (embora com algumas limitações) permitem uma análise, caso a caso, sobre as condições potenciais de ventilação oferecidas por um dado sítio num contexto urbano. Programas de simulação CFD<sup>142</sup> atendem a tal propósito. Através da maquete virtual (do edifício em estudo e do entorno), é possível verificar qual seria o comportamento esperado, em termos de ventilação por diferencial de pressão.

No entanto, é fato que ao longo do tempo o contexto circundante sofrerá alterações substanciais ordenadas pela legislação urbanística (FONTENELLE et al., 2015). Logo, a fixação de uma dada permeabilidade urbana (afastamento e posicionamento relativo dos prédios) e o estudo de sua relação com um determinado projeto arquitetônico não garantem a esta edificação uma condição adequada de ventilação com o passar dos anos. A não ser

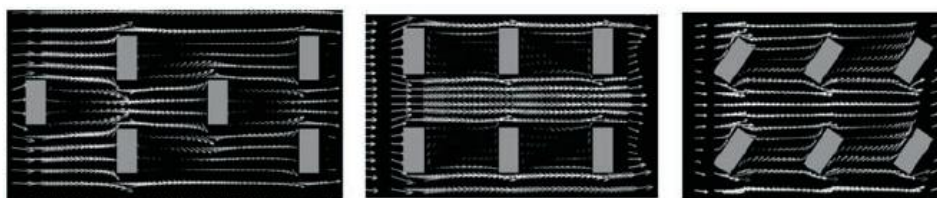
<sup>142</sup> A Dinâmica Computacional de Fluidos (*Computational Fluid Dynamics-CFD*) consiste em uma ferramenta computacional que serve à predição dos fenômenos relacionados com o escoamento de um fluido, na presença ou não de transferência de calor, massa e reações químicas (LACERDA, 2014).

que haja, de algum modo, a consolidação desta estrutura urbana como, por exemplo, no caso do tombamento de uma área como sitio histórico.

Assim, o importante para a implantação de um projeto, quando se considera a ventilação natural, é atentar para que o prédio possibilite a circulação interna de ar por efeitos de diferencial de pressão ou diferencial de temperatura (exaustão por termossifão). Isto porque, a rigor, ao longo do envelope da edificação, mesmo sob condições de ventos fracos, se criam zonas de pressão positiva (barlavento) e de sucção (sotavento). Havendo aberturas nestas zonas do envelope, se propiciará condições para uma circulação de ar internamente (FONTENELLE et al., 2015).

Tirando partido do diferencial térmico entre dias e noites a ventilação noturna é outra estratégia que pode ser utilizada para o arrefecimento do prédio. Para tanto, aberturas protegidas<sup>143</sup> poderão ser utilizadas nas fachadas do envelope de modo a favorecer a uma circulação noturna do ar interior.

Baseados em OLGYAY (1963), BOWEN (1983) e KENWORTH (1985), Bittencourt e Cândido (2010) observam que, na organização das edificações, para o vento que sopra paralelo à grelha, o arranjo escalonado (em forma de tabuleiro de xadrez) reduz a área da sombra de vento quando comparada com o arranjo normal (em grelha). Os resultados são ainda melhores se, apesar de os prédios estarem organizados em malha, a incidência do vento for oblíqua às fachadas (Figura 57).



**Figura 57:** Simulação computacional mostrando o escoamento do vento em torno de edifícios com diferentes arranjos  
Fonte: Bittencourt e Cândido (2010)

Os autores ainda observam que assentamentos densos, com altura uniforme das construções, produzem uma nova “superfície”, correspondente ao plano da cobertura das edificações, que passa a se constituir no limite mais baixo do gradiente do vento. Entretanto, se existirem espaços entre as edificações, uma recuperação da velocidade deste vento, nos níveis das construções, pode ser obtida.

A interação do vento com o corpo sólido – o edifício – pode gerar diversos tipos de escoamentos. A Figura 55 já ilustrou a formação de sombras a sotavento deste elemento e o efeito de turbulência ali ocorrido, conhecido como **efeito de esteira**. A esteira é formada

---

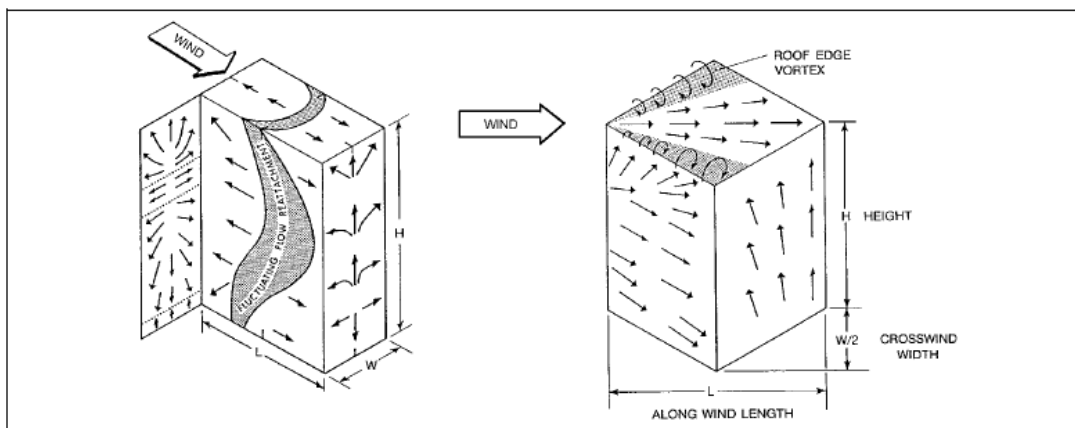
<sup>143</sup> No que se refere à segurança contra invasores humanos e animais.

pela circulação do fluxo de ar em redemoinhos, a sotavento da edificação, que resulta não só da velocidade do ar, como consequência da união de zonas de pressões diferentes, mas também da ação dos redemoinhos provocados pela circulação turbulenta do fluxo de ar, e que se prolonga a uma grande distância do edifício. Outra edificação situada nesta região de influência sofreria os efeitos de uma circulação de ar deficiente e instável.

Também nos ambientes externos, o efeito de esteira é indesejável, pela importância das brisas para o conforto do usuário e pelo desagradável efeito de turbulência e levantamento de poeira.

Inúmeros estudos experimentais ou de simulação procuram determinar essa região de influência sobre a vizinhança a partir de um prédio isolado ou de um conjunto de edificações. De uma forma geral, estes estudos analisam somente corpos prismáticos altos e baixos.

A Figura 58 da ASHRAE (2001) apresenta para um prédio prismático com profundidade L, largura frontal W e altura H as circulações de ar nas superfícies e a região de influência da esteira turbulenta. Assim, a face a barlavento tem dimensões W x H. Caso o vento incida sobre uma aresta, a face barlavento será W/2 x H.



**Figura 58:** Dimensões do edifício e trajetórias do escoamento do vento ao longo das superfícies de sua envoltória  
Fonte: ASHRAE (2001).

Em prédios prismáticos e altos<sup>144</sup>, a ASHRAE (2001) considera para a determinação da região de influência o seguinte fator de escala R (em metros):

$$R = B_S^{0,67} \cdot B_L^{0,33}$$

Sendo:

$B_S$ : menor dimensão da face W x H a barlavento (m);

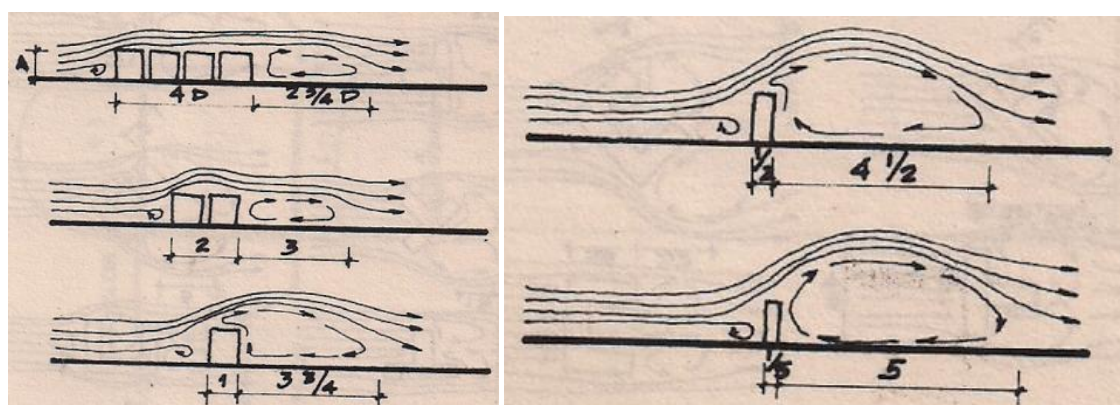
$B_L$ : maior dimensão da face W x H a barlavento (m).

Nota: Quando  $B_L > 8B_S$ , deve ser utilizado  $B_L = 8 B_S$ .

<sup>144</sup> Considerando como prédio alto aquele que atende a seguinte relação:  $H > 3W$  (ASHRAE, 2001).

O comprimento com recirculação irá se estender a uma distância horizontal  $L_R = R$  a partir da face a sotavento.

Em se tratando de prédios prismáticos e baixos, podemos citar as experiências realizadas em túnel de vento no Texas Research Station em 1957<sup>145</sup>, com resultados ainda hoje utilizados e reafirmados por estudos mais recentes (VAN STRAATEN, RICHARDS, LOTZ e VAN DAVENTER, 1985; EVANS, 1973; e BOUTET, 1987 apud BITTENCOURT e CÂNDIDO, 2010). As experiências utilizaram módulos cúbicos para avaliar, entre outras variáveis, a influência das dimensões e forma das construções. Os resultados se apresentam como função do tamanho da esteira em relação à profundidade  $D$  do cubo, a fim de identificar zonas localizadas a sotavento do obstáculo, onde o movimento do ar seria reduzido. Os estudos mostram que o aumento da altura e da largura do modelo corresponde a uma expansão proporcional do tamanho da esteira, mas que aumentando a profundidade do modelo, a esteira é reduzida. O tamanho da esteira é ainda influenciado pela combinação entre a altura e a largura das edificações. Exemplificando os resultados, a Figura 59 demonstra a relação entre a profundidade da construção e o tamanho da esteira. Para mais resultados, ver ANEXO 4.



**Figura 59:** Influência da profundidade da construção no tamanho da esteira  
Fonte: *Texas Research Station* (1957, apud HERTZ, 1989)

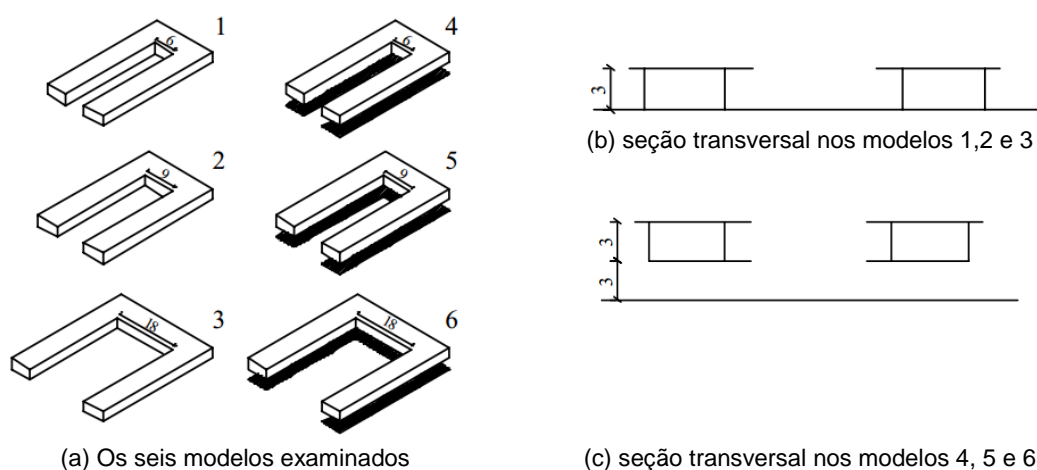
Complementando as considerações que relacionam a forma da planta com a ventilação na edificação, Bittencourt e Cândido (2010) observam que pátios internos, embora eficazes em regiões quentes e secas, podem produzir efeitos inadequados em clima quente e úmido.

Tais efeitos dependem da relação entre o tamanho do pátio e a altura das construções que formam o pátio, assim como do grau de porosidade destas construções. Sempre que a configuração em pátio for exigida como

<sup>145</sup> Texas Research Station (1957). Air flow Around Buildings. Architectural Forum 9. Apud Hertz, J.B. Arquitetura tropical. Centro de Estudos de La Amazônia. Iquitos- Perú, 1989.

condicionante arquitetônico, o aumento na porosidade e a provisão de captadores de vento [como *sheds* ou torres de vento] nas construções a sotavento podem reduzir os riscos de uma má ventilação (BITTENCOURT e CÂNDIDO, p. 44, 2010)

Os pátios podem ser utilizados, associados à vegetação, criando ambiências agradáveis, desde que as dimensões sejam adequadamente definidas. Em estudos realizados por simulação computacional para edificações escolares, Bittencourt e Peixoto (2001) examinaram três espaçamentos de pátios, com distanciamentos de 6, 9 e 18m entre as construções. Além disso, variaram também as alturas, analisando salas de aula em construções térreas nos modelos 1,2 e 3 ou sobre pilotis, nos modelos 4, 5 e 6 (Figura 60).



**Figura 60:** Comportamento da ventilação natural resultante de diferentes dimensões de pátios  
Fonte: Bittencourt e Peixoto (2001)

A seguir, são demonstrados os resultados da investigação quando o vento dominante foi considerado incidindo perpendicularmente à maior fachada. As simulações foram feitas para a obtenção da velocidade do vento nos três seguintes pontos: na sala localizada a barlavento, no pátio e na sala a sotavento. Todos os pontos foram localizados no centro do ambiente e à altura de 1,00m.

**Tabela 5:** Velocidade do vento (m/s) no ponto central dos ambientes

Pontos de Medição	Modelos de Pátio					
	Para construções térreas			Para construções sobre pilotis		
	Modelo 1 (6m)	Modelo 2 (9m)	Modelo 3 (18m)	Modelo 4 (6m)	Modelo 5 (9m)	Modelo 6 (18m)
Ponto 1 – Sala a barlavento	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
Ponto 2 - Pátio	0.4	0.4	0.7	0.5	0.5	0.9
Ponto 3 – Sala a sotavento	0.2	0.4	0.6	0.4	0.6	0.8

Fonte: Bittencourt e Peixoto (2001)

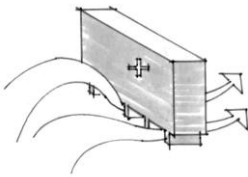
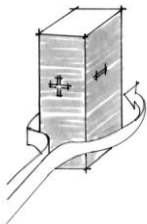
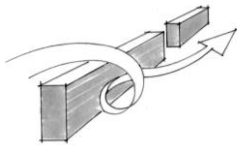
O mesmo valor obtido para o ponto 1 em todos os diferentes casos ocorreu porque a situação da sala a barlavento se manteve constante em todas as simulações. Nas construções térreas, a velocidade do fluxo de ar no pátio somente aumentou (em 75%) quando a largura inicial do ambiente triplicou. Já a sala a sotavento sofreu progressivas

melhoras em sua ventilação. Também com o prédio sobre pilotis, a velocidade do vento no pátio se manteve constante quando sua largura sofreu um acréscimo de 50%, somente se alterando (um incremento de 80%) quando a medida inicial foi triplicada. A sala a sotavento foi beneficiada com um aumento de 50% na velocidade do vento, ao compararmos os modelos 4 e 5, e de 100% na comparação entre os modelos 4 e 6.

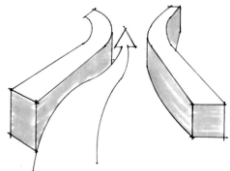
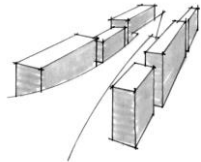
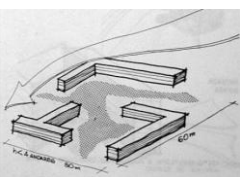
Ao confrontar os dois grupos de experiências, constata-se que o uso de pilotis aumentou a velocidade do ar em 25% no centro do pátio. Este incremento produziu, como consequência, maiores velocidades de vento na sala de aula a sotavento.

Além do efeito de esteira, existem outros conhecidos efeitos aerodinâmicos dos ventos que devem ser considerados, pois podem favorecer ou prejudicar a ventilação nos ambientes internos e externos. Com base em diversos autores (CORBELLA e YANNAS, 2003; ROMERO, 2001; MASCARÓ, 1985) alguns destes efeitos serão brevemente descritos a seguir.

**Quadro 11:** Alguns efeitos aerodinâmicos dos ventos

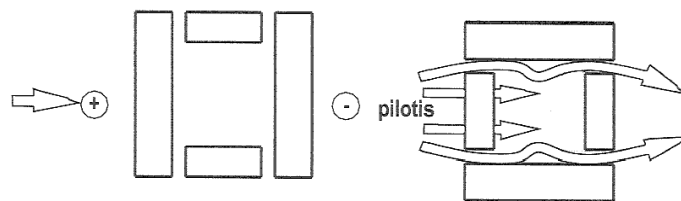
<p><b>Efeito Pilotis ou de aberturas parciais sob a edificação</b> - efeito que faz a união, sob o edifício, entre as zonas de alta e de baixa pressão, criando uma corrente de ar. Em clima quente e úmido, o efeito é agradável e permite ventilar o entorno do prédio, já que sua ação se exerce sobre uma distância da ordem da profundidade dos pilotis ou da cavidade. Cuidado especial deve ser tomado em áreas muito abertas ou próximas ao mar, onde o vento pode se tornar excessivo e incômodo. Construções sobre pilotis podem ser utilizadas para aumentar a ventilação em edificações localizadas a sotavento do mesmo. O uso de pilotis também pode auxiliar na porosidade da malha urbana. <b>Princípios de Controle:</b> Orientação paralela ao vento predominante; base dos edifícios com vegetação ou outras barreiras; aumento da porosidade do edifício.</p>	
<p><b>Efeito Esquina ou de Canto</b> - fenômeno de correntes de ar nos ângulos das construções, resultante do encontro entre fachadas com pressões positiva e negativa. O efeito aumenta com a altura do edifício e se acentua no caso de edifícios próximos entre si. No caso de torres, existe um espaçamento crítico, da ordem de duas vezes a medida transversal da torre. Quando isso acontece, o efeito do vento se prolonga em todo o espaço entre as torres. <b>Princípios de Controle:</b> Arredondamento dos cantos, adensamento com vegetação ou construções próximas.</p>	
<p><b>Efeito Barreira</b> – acontece quando um edifício laminar<sup>146</sup> impede o fluxo natural do ar, influenciando nas condições de ventilação do entorno imediato. Tal influência pode ser grande e negativa para elementos com altura menor que a da lâmina. Ao ser barrada pelo edifício, a corrente de ar se eleva ultrapassando-o, para em seguida cair em parafuso atrás da construção, criando uma zona de turbulência ou redemoinhos. <b>Princípios de Controle:</b> Barreiras ortogonais (rugosidades) colocadas na superfície atingida pelo vento.</p>	

<sup>146</sup> Baseada nos critérios do CSTB – Centre Scientific Technique Du Bâtiment, Mascaró (1985) define o edifício laminar, sob o ponto de vista da ventilação, como um prédio paralelepipedal, de espessura relativamente estreita (até 10.0m), de altura homogênea e que não exceda 30.0m, e de comprimento mínimo igual a oito vezes a sua altura.

<p><b>Efeito Venturi</b> – é um fenômeno formado por dois edifícios próximos, cujos eixos formam um ângulo agudo ou reto (efeito de funil). O estreitamento para a passagem do vento é o causador de um aumento notável em sua velocidade e, por este motivo, também pode ocorrer em um único edifício, caso este possua um recorte em sua fachada que permita a passagem. As formas curvas na configuração de Venturi aumentam o efeito do fenômeno. <b>Princípios de Controle:</b> Adensamento do entorno, abrindo ou fechando o ângulo crítico. Por outro lado, pode-se aproveitar o efeito Venturi para ventilar áreas cuja localização ou conformação sejam desfavoráveis ao aproveitamento dos ventos locais.</p>	
<p><b>Efeito de Canalização</b> – fenômeno de corrente de ar que flui por um canal a céu aberto formado pelas construções. O fenômeno produz-se de maneira significativa quando o corredor é bem definido e relativamente estreito, ou seja, sua largura é menor que três vezes sua altura média. Este efeito pode ser utilizado para melhorar as condições de ventilação do entorno no clima quente e úmido. <b>Princípios de Controle:</b> Traçado urbano formando ângulos entre 90° e 45° com os ventos dominantes, exigência de maiores afastamentos frontais para construção; espaçamento entre edificações.</p>	
<p><b>Efeito de Malha</b> – o efeito dos edifícios em malha é a obtenção de zonas protegidas do vento. Chama-se malha a uma justaposição de construções de quaisquer alturas, formando um alvéolo (ou bolso), cujo número de lados não é limitado, e onde a abertura (ou as aberturas) da malha não excede 25% do seu perímetro. De acordo com a direção do vento e a localização das aberturas, este espaço criado estará protegido, ou não, da entrada do fluxo de ar. <b>Princípios de Controle:</b> De forma geral, o efeito é muito negativo em clima quente e úmido devendo-se evitá-lo com aberturas superiores a 25% do perímetro e orientadas de acordo com os ventos favoráveis.</p>	

Fonte das figuras: Niemeyer (2007) e Mascaró (1985)

Espaços abertos rodeados de edifícios altos podem constituir-se numa zona de calma pelo desvio dos ventos, o que provoca uma região de sombra na área interna. No entanto, uma reorganização dos blocos em função dos ventos dominantes somada à utilização do efeito pilotis pode modificar substancialmente a situação (Figura 61)



**Figura 61:** Praça sem ventos e modificação proposta  
Fonte: Corbella e Yannas (2003)

Conforme observam Bittencourt e Cruz (1997), prédios altos e bem afastados entre si produzem um padrão de circulação do ar melhor que aqueles mais baixos e próximos. Do ponto de vista do desenho urbano, isto sugere que generosos recuos progressivos e reduzidas taxas de ocupação são instrumentos mais eficientes que a limitação de gabaritos para facilitar a circulação dos ventos no interior da malha urbana.



Com vistas à ventilação e no clima tropical úmido, a orientação ideal das aberturas e, conseqüentemente, da fachada de maior largura é perpendicularmente aos ventos dominantes. Conforme visto no Capítulo 4, na cidade do Rio de Janeiro a direção dominante dos ventos em todas as estações do ano é a Sudeste, sendo a direção Sul a segunda mais frequente<sup>147</sup>. De acordo com a necessidade, fachadas ou aberturas deverão ser protegidas da radiação solar, sempre através de estratégias que permitam a ventilação.

Constata-se assim, que a orientação Norte/Sul considerada preferencial no que se refere ao controle da carga térmica recebida pela edificação e às condições de iluminação natural, também é satisfatória, sob o ponto de vista da ventilação, na cidade do Rio de Janeiro.

### **5.3 O tratamento do ambiente externo**

Os espaços livres contidos na malha urbana, quando tratados adequadamente, cumprem um importante papel para a cidade, pois além de desempenharem funções sociais e culturais, promovem a saúde e prestam diversos serviços ambientais tais como: a manutenção da permeabilidade do solo e do regime hídrico, a função de corredores ecológicos que facilitam o fluxo gênico de fauna e flora e a atenuação de desequilíbrios climáticos intraurbanos<sup>148</sup>. O mesmo se pode dizer dos ambientes externos intramuros, destacando-se ainda que estes, juntamente com os ambientes internos, compõem o projeto arquitetônico e merecem igual importância.

A relevância do ambiente externo para a instituição escolar, valorizando-o como espaço educativo, já foi destacada no item 1.4 deste trabalho, cabe agora examinar o tratamento adequado a ser dado a este espaço, visando à obtenção do conforto ambiental. Um nível aceitável de conforto constitui condição indispensável para que haja apropriação destes espaços pela comunidade escolar e para que neles se estabeleça o desenvolvimento frequente de atividades livres e orientadas.

Em zonas tropicais, não se deve expor as pessoas à radiação solar por um período prolongado de tempo, pois causará desconforto térmico, além do visual, provocado pelo ofuscamento. Assim, a ausência de proteção inutilizará um espaço que foi projetado com a intenção de ser usado pelas pessoas (CORBELLA e YANNAS, p. 25, 2003).

---

<sup>147</sup> Isso de forma geral. Cabe ressaltar, mais uma vez, que cada sítio de implantação requer do projetista uma grande atenção sobre o regime dos ventos ali atuantes, pois cada localidade tem suas peculiaridades climáticas que devem ser levantadas e observadas.

<sup>148</sup> Fonte: <http://www.mma.gov.br>.

Convém acrescentar que o tratamento dado ao espaço externo não apenas é um forte determinante do nível de conforto obtido nestes espaços, como contribui significativamente para o conforto usufruído nos espaços internos.

### **5.3.1 Morfologia**

Há muitas atividades que podem e devem ser desenvolvidas no espaço externo escolar, mas para isso é necessário que haja ambientes adequados para suportá-las. Para que tais ambientes possam ser projetados, o primeiro requisito certamente é a suficiência de área.

Surgem assim os seguintes questionamentos: Qual a capacidade da escola? Que modelo de horário será praticado? Quantas turmas terão o mesmo horário de recreio? Que atividades devem ser previstas e incentivadas no ambiente externo? Onde serão praticadas as atividades físicas? E quanto aos eventos envolvendo toda a comunidade escolar? As dimensões desse terreno comportam as atividades previstas? Todas as escolas construídas no presente programa oferecem um padrão mínimo de qualidade no atendimento à comunidade escolar, ou não há um padrão e as condições oferecidas variam caso a caso? Existem subtrações e adaptações aceitáveis? Quais?

Essas são perguntas que precisam ser respondidas, pois as dimensões do ambiente externo têm que ser compatíveis com a capacidade da instituição.

A forma também é importante. Como inadequados, citam-se os pátios lineares e excessivamente estreitos, assim como aqueles com formas demasiadamente irregulares, geralmente ocupando espaços residuais, que podem ser bastante limitantes na prática de uma série de atividades, principalmente as desenvolvidas em grupo. Formas inadequadas também dificultam a apropriação destes espaços pelas crianças mesmo em suas atividades livres, além de frequentemente configurarem recantos isolados e proibitivos de serem frequentados.

Estabelecer dimensões para os pátios pode facilitar na adequação da qualidade ambiental, no entanto, a qualificação desse espaço não se restringe ao seu tamanho, sendo sua forma e organização espacial elementos importantes, pois ambientes variados favorecem diferentes formas de interação entre pessoa/ambiente e estimulam o uso e apropriação do espaço pelos usuários (MARTINS, p.101, 2013).

A autora acrescenta que pátios pequenos e compactos não permitem múltiplas atividades, dificultando a sua utilização como extensão da sala de aula. Nestas condições, também os problemas acústicos se agravam, devido ao confinamento.

A topografia também pode se apresentar como um fator limitante. Terrenos íngremes são propícios à execução de belos jardins, mas também são muito atrativos para brincadeiras. A exploração dos espaços deve ser incentivada, porém dentro de níveis de segurança estabelecidos. Em um projeto cuidadoso, a declividade dos taludes, a localização e a forma das massas vegetais, o posicionamento dos elementos de interesse e dos canteiros, assim como a inclusão de rampas, escadas e guarda-corpos, estão, dentre outros fatores, a serviço da segurança. Acrescenta-se a primordial questão da acessibilidade universal, que deve ser atendida não apenas nos espaços internos, mas também nos ambientes externos.

As atividades vão desde as mais tranquilas e contemplativas até as que demandam intensa movimentação física. Elas podem ser realizadas de forma livre ou orientada, individualmente ou em grupo. Os padrões apresentados por Nair, Fielding e Lackney (2013) para a escola do século XXI, e listados na página 11 deste trabalho, apresentam um bom panorama da diversidade de possibilidades que o ambiente escolar deve permitir. Na obra, os exemplos de materialização dos padrões propostos pelos autores reafirmam a importância dos espaços livres no contexto educacional. Como exemplo, a Figura 62 apresenta a materialização de um espaço compatível com o padrão de eventos denominado *Campfire*, onde um convidado ou o próprio professor se põe a contar histórias e a compartilhar seu conhecimento com o grupo, de uma maneira informal e lúdica, como se estivessem reunidos em torno de uma fogueira.



**Figura 62:** Espaço ao ar livre para o contador de histórias e sua audiência  
Fonte: Foster et al. (2006)

Assim, também os ambientes externos devem ser projetados em atendimento às necessidades requeridas para cada espaço, de acordo com as atividades para ali previstas. Para isso, o terreno precisa oferecer condições, incluindo área, forma e topografia adequadas.

### 5.3.2 Materiais

Os revestimentos do solo, tais como a cobertura vegetal, os materiais artificiais ou mesmo o terreno natural, apresentam implicações climáticas de caráter local bastante significativas.

[...] uma vez que os materiais de revestimento do solo, não só nos calçamentos das ruas, mas em nível das edificações, alteram sobremaneira as condições de porosidade e, conseqüentemente, de drenagem do solo, acarretando alterações na umidade e pluviosidade locais (FROTA e SCHIFFER, p. 62, 2003).

A gestão de águas pluviais é uma questão relevante e, no que se refere ao assunto aqui tratado, importa promover o favorecimento da percolagem das águas no solo a fim de manter tanto quanto possível o ciclo da água. Para esta gestão de infiltração, aponta-se como indicador o Coeficiente de Impermeabilização (FCAV, 2007), que corresponde à relação entre as superfícies impermeáveis e a superfície total do terreno:

$$\text{Coeficiente de impermeabilização (\%)} = \frac{\text{superfícies impermeáveis (m}^2\text{)}}{\text{superfície total (m}^2\text{)}} \times 100$$

Para favorecer a infiltração, convém empregar um baixo coeficiente de impermeabilização, sendo que neste trabalho adotam-se os parâmetros utilizados pela Certificação AQUA - Escritórios e Edifícios Escolares. Por este motivo, o Quadro 12, que esclarece a que níveis de desempenho se associam as faixas de valores do coeficiente de impermeabilização, sob a ótica adotada, foi transcrito do APÊNDICE 2).

A Certificação considera ainda que em áreas densamente urbanizadas é difícil atingir coeficientes eficientes. Nestes casos a avaliação de desempenho pode ser feita através da comparação entre o valor do coeficiente do empreendimento e o correspondente ao estado existente<sup>149</sup>.

**Quadro 12:** Gestão da Infiltração – Níveis de desempenho para os valores do Coeficiente de Impermeabilização

Coeficiente de impermeabilização	Critério de avaliação	
	Valores	Nível
Após a implantação do sistema projetado	70% a 80%	Bom
	60% a 70%	Superior
	< 60%	Excelente

<sup>149</sup> No caso de um terreno sobre o qual construções foram demolidas com o propósito de uma reconstrução, mesmo que esta reconstrução tenha demorado a acontecer, o estado existente corresponde ao terreno com as suas antigas construções e não ao mesmo em estado natural.

Para os locais fortemente urbanizados: percentagem de melhoria do coeficiente de impermeabilização do estado existente	< 2%	Bom
	2% a 10%	Superior
	> 10%	Excelente

Fonte: adaptado de FCAV (2007)

Considerando as questões de acústica, constata-se que as superfícies urbanas não colaboram para a atenuação dos níveis de ruído, visto que são geralmente formadas por materiais densos, altamente reverberantes e propagadores de som. Desta forma, além das estratégias de organização espacial e volumetria já examinadas no item anterior, deve-se recorrer à vegetação em busca de, ao menos, amenizar tais efeitos.

O comportamento térmico dos materiais também precisa ser considerado. Suas propriedades radiativas, tais como absorvância<sup>150</sup>, emissividade<sup>151</sup> e refletância implicam em desempenhos diferenciados frente à radiação térmica incidente, predominantemente a solar, em se tratando de áreas livres<sup>152</sup>. Tais propriedades influenciam diretamente na quantidade de energia térmica acumulada e irradiada para a atmosfera, colaborando para um aumento da temperatura do ar.

A refletância das superfícies (naturais ou artificiais) com relação à radiação solar incidente é uma propriedade que se destaca no ambiente externo, sendo denominada de **albedo**. Quanto maior o albedo, maior a capacidade da superfície em refletir a radiação solar.

Desse modo, o albedo dos materiais constituintes do ambiente externo tem direta relação com o conforto obtido neste ambiente. Reflexão solar em excesso, além de ser responsável por uma parcela do aquecimento das superfícies (mesmo que estejam à sombra), causa grande desconforto visual através do ofuscamento.

Tais reflexões igualmente interferem no conforto do ambiente interno, pois a radiação solar refletida além de ser responsável por uma parcela do aquecimento da edificação<sup>153</sup>,

<sup>150</sup> A principal determinante dessa propriedade absorvância é a cor superficial do material. Um material escuro absorve a maior parte da radiação solar incidente, enquanto um material claro absorve uma pequena parte (LAMBERTS et al., 2014).

<sup>151</sup> A emissividade é uma propriedade radiativa (adimensional) dos materiais no espectro infravermelho. Para os materiais de construção, há dois grupos: metais e ligas (sem pintura) com valores baixos de emissividade; e os não metálicos (e os metálicos com pinturas) com valores altos de emissividade próximos da unidade.

<sup>152</sup> Os valores de absorvância dos materiais com tipos de recobrimento (pinturas) para radiação solar (ondas curtas) e da emissividade para radiações a temperaturas comuns (ondas longas), podem ser obtidos na NBR15220-2/2005 Versão Corrigida/2008. Desempenho térmico de edificações. Parte 2: Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações.

<sup>153</sup> A radiação solar é um dos mais importantes contribuintes para o ganho térmico em edificações. Mas, todas as componentes responsáveis pelo aporte de energia no prédio são: (1) radiação solar direta (onda curta); (2) radiação solar difusa (onda curta); (3) **radiação solar refletida pelo solo e pelo entorno (onda curta)**; (4) radiação térmica oriunda das vizinhanças (refletida e emitida).

também penetra no edifício através de suas aberturas. No que tange à iluminação natural, importa considerar que esta reflexão representa significativa parcela da oferta de luz natural no interior da edificação, desde que controlada, para não causar ofuscamento.

De modo geral, superfícies secas e de cores claras possuem albedo mais elevado que superfícies úmidas e escuras. A Figura 63 apresenta o albedo de alguns materiais.



**Figura 63:** Valores do albedo de diferentes materiais e superfícies urbanas  
Fonte: Espere-enc (2003)

Dentre os materiais utilizados no ambiente externo, destaca-se a importância da cobertura vegetal, que pode promover a redução da temperatura média local e da amplitude térmica, protegendo o solo do aquecimento solar e aumentando a umidade relativa do ar. Ainda pode favorecer as condições de drenagem e escoamento das águas pluviais e reduzir a reflexão da radiação solar e dos ruídos circundantes.

No entanto, dentre as forrações utilizadas no paisagismo local, apenas alguns tipos de grama resistem a certo pisoteio e podem ser aplicadas em ambientes destinados a atividades tranquilas<sup>154</sup>. No contexto do ambiente escolar público local, a definição da pavimentação externa certamente é um dos desafios que se apresentam. Ao mesmo tempo em que se requer o recobrimento vegetal do solo pelos motivos já esclarecidos, sabe-se que as próprias espécies mais resistentes não suportam as intensas brincadeiras infantis, exceto em caso de manutenção também muito intensiva.

Assim, é essencial que na elaboração do projeto se tire partido ao máximo dos recursos arquitetônicos disponíveis, tais como um bom desenho, uma setorização cuidadosa, indução e criação de elementos de interesse, utilização de barreiras vegetais e

<sup>154</sup> Para a especificação das espécies, a bibliografia especializada deve ser consultada.

construídas, juntas permeáveis e muito sombreamento nas pavimentações rígidas, além da variedade de materiais.

É preciso que o traçado seja funcional, incluindo um adequado estudo de fluxos, sob pena de que as circulações sejam redefinidas pelo próprio usuário (Figura 64). Canteiros elevados e com alturas variadas, acoplados ou não a outros elementos, tais como bancos, também representam interessante recurso estético, de delimitação de espaços e de proteção para as plantas (Figura 65). Dependendo da localização, as cercas protetoras de canteiros podem, igualmente, ser uma boa opção (Figura 66).



**Figura 64:** Exemplo de desenho inadequado para a delimitação de espaços  
Fonte: Foster et al. (2006)



**Figura 65:** O recurso dos canteiros elevados  
Fonte: Foster et al. (2006)



**Figura 66:** Exemplos de cercas protetoras de canteiros  
Fonte: Foster et al. (2006)

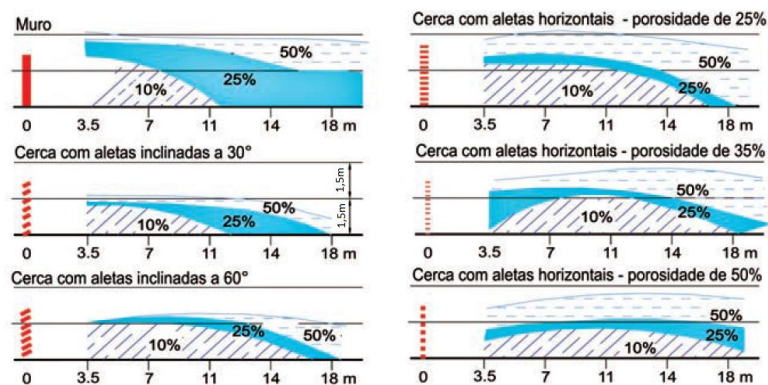
Ressalta-se a importância da pesquisa constante e da abertura para a inovação, certamente que com prudência, com experimentações de materiais em pequena escala e acompanhamento do desempenho.



### 5.3.3 Cercas e muros

A presença de muros no perímetro do terreno pode produzir uma significativa redução do movimento do ar não apenas no ambiente externo como também no interior da edificação, especialmente se eles forem altos e fechados. Já sua ausência, acentua o movimento de ar em torno da construção. Sob o ponto de vista da ventilação, onde o cercamento é necessário, os muros devem ser baixos e afastados das edificações (BITTERCOURT e CÂNDIDO, 2010).

Os mesmos autores ressaltam que a velocidade do ar na região da sombra de vento é decorrente da altura do muro, da sua porosidade e, no caso de ser constituído por elementos vazados, do ângulo formado pelas lâminas destes elementos. A Figura 67 apresenta as velocidades médias dos ventos em zonas localizadas a sotavento de muros com diferentes características. Tais velocidades são representadas como percentual da velocidade do vento incidente. Constata-se que, em se tratando de muro completamente vedado, a redução da velocidade do vento na faixa de um metro e meio junto ao solo é acentuada e se estende até muitos metros de distância do muro. Já um muro poroso reduz a extensão desta intensa interferência. Ainda, de acordo com o ângulo das aletas, a interferência pode variar quanto à altura desta faixa mais prejudicada ou quanto à extensão da mesma.



**Figura 67:** Efeito de cercas e muros com diferentes configurações  
Fonte: Boutet (1987, apud BITTENCOURT e CÂNDIDO, 2010)

Outros aspectos também precisam ser avaliados para que a forma de fechamento da instituição seja definida. A decisão interfere em questões de segurança, privacidade, visibilidade da instituição e integração com o entorno. Cada caso deve ser avaliado individualmente, considerando-se inclusive a possibilidade de variar a forma de fechamento de acordo com as atividades previstas para cada região do terreno.



### 5.3.4 Vegetação

A vegetação natural do local deve ser preservada ao máximo e considerada, juntamente com aquela a ser plantada como recursos para amenização do clima. Áreas de *habitat* natural devem ser protegidas e integradas ao novo paisagismo, também prioritariamente composto por plantas nativas, que resistem melhor ao clima local e não carecem de maiores cuidados (PAES, 2008). Conforme recomendam Foster et al. (2006) deve-se procurar plantar parte das árvores de grande porte no início da obra, de forma que o período de construção possa ser aproveitado para favorecer o seu crescimento.

A vegetação tem capacidade de interceptar uma grande quantidade de radiação solar que atingiria o solo, sendo que para as árvores isto depende da densidade da folhagem e da extensão e espessura da copa.

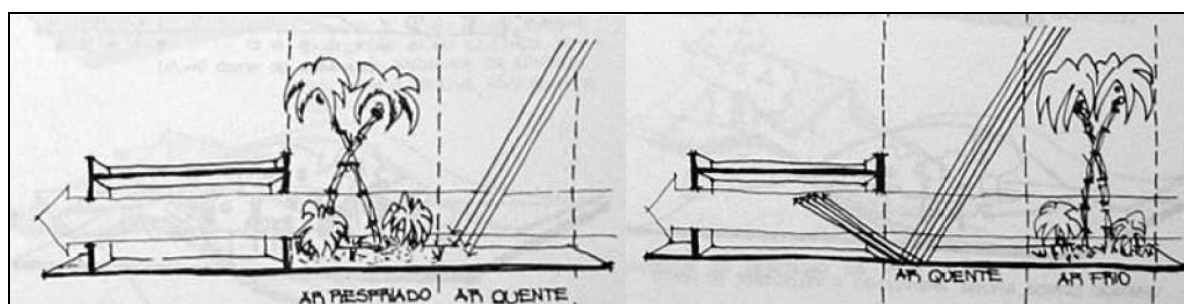
Para a cidade do Rio de Janeiro, onde as temperaturas altas predominam em grande parte do ano, as árvores com folhagens perenes são as mais indicadas.

Em locais arborizados, a vegetação pode interceptar entre 60 e 90% da radiação solar, causando uma redução substancial da temperatura da superfície do solo (LAMBERTS et al., 2014). Ao se reduzir a temperatura do solo, será menor o calor irradiado, o que influirá na temperatura do ar ambiente das proximidades.

Florestas e bosques interferem no microclima das áreas vizinhas.

Onde não há sombreamento, forrações vegetais podem proteger o solo da radiação solar direta, desde que em áreas suficientemente resguardadas do pisoteio.

O ar fresco que pode ser proporcionado pela vegetação deve ser aproveitado não apenas para a criação de condições propícias à utilização do ambiente externo, mas também para o conforto do ambiente interno (Figura 68).



**Figura 68:** Arrefecimento do ar pela vegetação  
Fonte: Mascaró (1985)

O sombreamento produzido pela vegetação representa importante recurso de arrefecimento das fachadas da edificação, isso em benefício do conforto interno, da eficiência energética e da durabilidade do edifício. Conforme ilustrado na Figura 49b (p. 137)

“o paisagismo deve ser privilegiado ao longo das fachadas leste e oeste, onde o sol incide de maneira rasante, dificultando a eficiência dos dispositivos de proteção” (AZEVEDO p. 150, 1995).

Acrescenta-se que a vegetação ameniza o impacto das precipitações sobre o solo, protegendo-o da erosão e propiciando uma mais efetiva incorporação de matéria orgânica. Além disso, auxilia na dispersão da poluição atmosférica, reduz as temperaturas urbanas pela evapotranspiração e retém a umidade do solo e do ar (BARBIRATO et al., 2011).

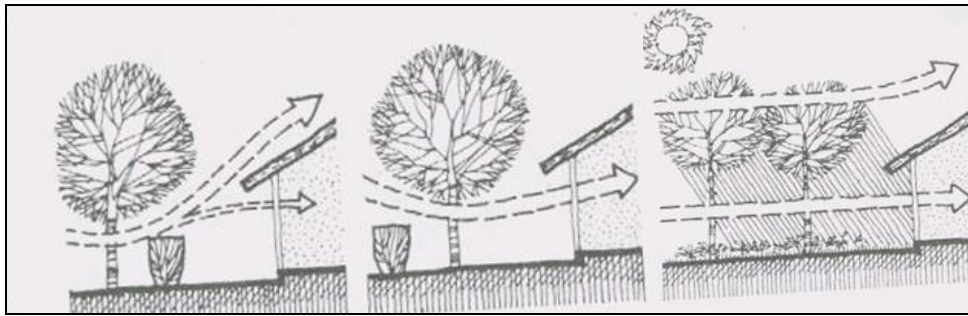
Conjuntos arbóreos podem suavizar a intensa iluminância do céu, característica do clima tropical úmido. Entretanto, tal recurso deve ser utilizado com cuidado, pois dependendo das condições do entorno e da edificação, da concentração de unidades plantadas e da densidade das folhagens, a redução do nível de luz pode ser excessiva, levando à insuficiência da iluminação natural no interior da edificação.

Grandes áreas gramadas constituem superfícies relativamente lisas que aumentam a velocidade do vento no nível do solo, enquanto a vegetação densa intercepta tanto o movimento horizontal do ar quanto o vertical. Entretanto, do ponto de vista da ventilação, o mais importante é o movimento horizontal (MASCARÓ, 1985).

A densidade da folhagem, a forma, o porte e o distanciamento entre os elementos vegetais podem produzir configurações distintas no fluxo de vento. Desta forma, o posicionamento e a adequada especificação de árvores e arbustos – ou a ausência deles – devem ser cuidadosamente estudados. Frota e Schiffer (2003) recomendam que, em clima tropical úmido e onde se requer ventilação, deve haver limitações quanto à altura mínima das copas, de modo a produzirem sombra, mas não servirem como barreiras à circulação do ar.

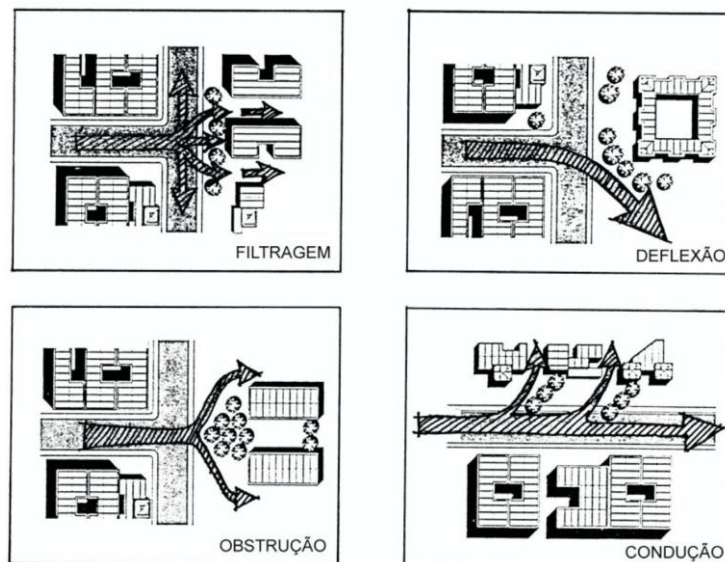
Assim, a estratégia que se destaca no clima da cidade é a da **sombra ventilada**. Espécies arbóreas de copas altas e/ou permeáveis são bem vindas para o sombreamento necessário e para a proteção do solo contra a radiação solar direta.

Há também várias formas de incrementar o movimento do ar no interior das edificações através da localização apropriada da vegetação em relação às aberturas do edifício. A Figura 69 ilustra como os elementos vegetais podem interferir no acesso do vento ao ambiente interno.

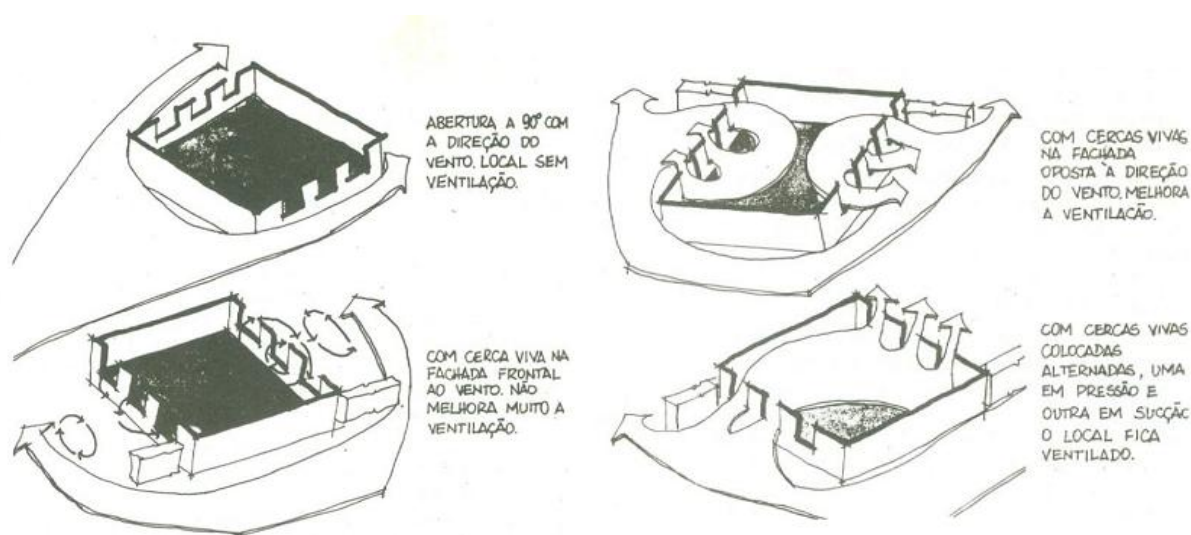


**Figura 69:** Efeito do posicionamento das massas vegetais no fluxo do vento  
 Fonte: Material de aula, disciplina Conforto ambiental e eficiência energética, PROARQ/FAU/UFRJ, 2012

A vegetação pode contribuir para o efeito de canalização dos ventos benéficos (como as brisas de verão), para a formação de barreiras contra ventos indesejáveis (como os ventos tempestuosos), na atenuação de velocidades extremas do ar e na filtragem dos resíduos transportados por ele (BARBIRATO et al., 2011). Alguns efeitos de barreira desempenhados pela massa vegetal estão representados nas Figuras 70 e 71.

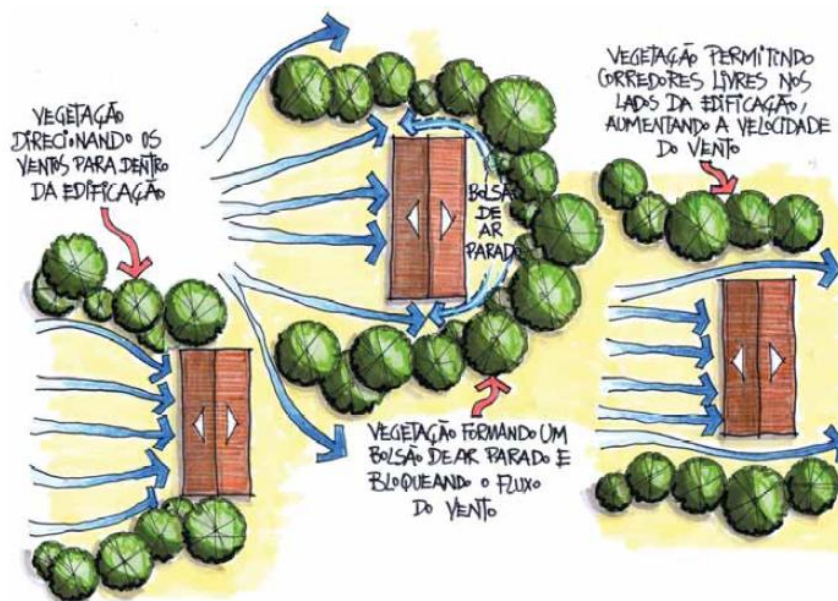


**Figura 70:** Efeitos da vegetação na modificação da direção dos ventos  
 Fonte: Mascaró (1996, apud BARBIRATO et al., 2011)



**Figura 71:** Cercas vivas direcionando os ventos  
 Fonte: Mascaró (1985)

Ainda utilizando a organização espacial e a volumetria da vegetação em benefício da ventilação natural, acrescentam-se as estratégias apresentadas na Figura 72.



**Figura 72:** Influência da vegetação na ventilação natural  
 Fonte: Lamberts et al. (2014)

No que se refere à acústica, e dependendo do problema a ser enfrentado, pode-se dizer que há duas possíveis linhas de atuação: o isolamento<sup>155</sup> e a absorção<sup>156</sup>. Em se tratando da vegetação, seu desempenho se alinha ao dos materiais absorventes.

<sup>155</sup> De forma geral, materiais densos são os mais indicados para o isolamento acústico, pois formam uma barreira que impede a passagem das ondas sonoras (ainda que parcialmente).

Constata-se que para a obtenção de algum isolamento acústico, através do uso da vegetação, é preciso uma grande massa vegetal. Segundo Egan (1972), para se conseguir uma redução de sete a onze decibéis é necessário um plantio de árvores de copas densas por uma extensão de aproximadamente trinta metros, considerando ainda que a escolha desta vegetação deve se limitar a árvores perenes e não caducas, já que estas perdem as folhas no inverno, reduzindo, portanto, o seu efeito de barreira.

Já em se tratando de absorção, a vegetação tem efetiva utilidade no ambiente urbano.

Uma vez que, em espaços exteriores, os materiais mais constantemente usados (concreto, cerâmica, pedras, asfalto) possuem baixo coeficiente de absorção sonora, a presença de vegetação pode ter um efeito significativo na ambiência sonora dos espaços ao ar livre pelos efeitos da absorção, difusão e do mascaramento. Desempenham a mesma função de um revestimento absorvente aplicado sobre o solo ou as fachadas: deformam o espectro do ruído, atenuando os sons agudos e criando uma ambiência mais “surda”. Sob o efeito do vento, podem se tornar uma fonte sonora secundária, mascarando os ruídos indesejáveis (BARROSO-KRAUSE et al., p. 46, 2005).

Por tudo o que foi tratado, comprova-se que a vegetação contribui de forma significativa para o conforto ambiental. No entanto, é preciso utilizá-la de maneira racional, tirando partido das vantagens oferecidas e evitando possíveis conflitos, tais como a interferência das raízes das árvores com a pavimentação e mesmo com as edificações, ou das copas com redes aéreas urbanas.

---

<sup>156</sup> Trata do fenômeno que minimiza a reflexão das ondas sonoras num mesmo ambiente, ou seja, diminui ou elimina o nível de reverberação. Contrariamente aos materiais de isolamento, estes são materiais de baixa densidade, fibrosos ou de poros abertos.

## **CAPÍTULO 6 – Pesquisa de Campo: Análise das Condições Ambientais de Algumas Escolas<sup>157</sup>**

### **6.1 Procedimento metodológico**

A pesquisa de campo correspondeu à realização de visitas a algumas escolas públicas cariocas. Importa ressaltar que não se pretendeu analisar seus projetos ou propor soluções mais adequadas. Tampouco houve a intenção de realizar análises de desempenho aprofundadas, tais como avaliações pós-ocupação, entre outras.

O objetivo de tais visitas foi analisar as condições ambientais dessas instituições apenas a título de exemplos, onde se buscou: (1) contribuir para a comprovação da hipótese levantada neste estudo; (2) demonstrar a importância dos quesitos arquitetônicos, adotados como referenciais neste trabalho, para a obtenção de uma escola que ofereça conforto ambiental e eficiência energética no clima tropical úmido.

Assim, as análises foram feitas à luz dos quesitos referenciais a seguir apresentados, sendo que os mesmos foram extraídos do Capítulo 4 (Quadro 6, p. 119).

#### **Quesitos relacionados ao plano de massas:**

- Inter-relação com o sítio (clima, entorno e características do terreno);
- Orientação;
- Volumetria;
- Organização espacial / Setorização;
- Taxa de ocupação.

#### **Quesitos relacionados ao ambiente externo:**

- Materiais;
- Elementos de proteção (naturais ou construídos) / destaque para a vegetação;
- Morfologia;
- Cercas e muros.

Procurando evitar a interferência de um número excessivo de variáveis e de facilitar a focalização das análises nas questões relativas à implantação, optou-se pela escolha de escolas construídas segundo um mesmo projeto padronizado. Houve ainda a intenção de contribuir para o debate sobre o tema no contexto atual, o que levou à seleção de unidades recém-edificadas.

O projeto arquitetônico escolar mais recentemente elaborado pela Prefeitura – o modelo padronizado do Programa Fábrica de Escolas do Amanhã Governador Brizola – descrito no Capítulo 3, não representou uma opção de escolha, pois as primeiras unidades foram inauguradas somente na fase final do presente trabalho.

---

<sup>157</sup> Escolas públicas da cidade do Rio de Janeiro que abrigam o Ensino Fundamental.

Desta forma, a escolha recaiu sobre as instituições construídas segundo o projeto “Escola Padrão” (elaborado em 2001), por este representar o modelo mais recente que se encontra em funcionamento.

Cabe registrar que, com frequência, inclusive nas instituições visitadas, o modelo Escola Padrão não apenas abriga o Ensino Fundamental – segmento objeto desta pesquisa – como também algumas turmas da Educação Infantil. O fato não foi julgado como impedimento para a seleção destas escolas.

O modelo construtivo da Escola Padrão é formado por vigas e pilares metálicos, laje em concreto pré-moldado (ou mista do tipo *steel deck* nas primeiras unidades construídas), alvenaria cerâmica convencional, cobertura em telhas metálicas termoacústicas, janelas de alumínio e portas internas de madeira com pintura.

Como frequentemente observado em projetos padronizados, o modelo Escola Padrão oferece algumas variações a partir de uma solução arquitetônica básica, de forma a buscar melhores condições de adaptação às necessidades de cada local. Não se trata de uma planta flexível e aberta que possa ser organizada de diferentes formas a partir da configuração de cada terreno. São apenas alguns projetos que partiram de uma solução arquitetônica, mas que têm capacidades diferentes (número de alunos atendidos) ou até mesmo tipologias diferentes. A flexibilidade se limita à definição de qual destes projetos é mais adequado a cada localidade.

Temos assim os seguintes modelos de escola: “13 salas”, “8 salas compacta” e “8 salas compacta linear”. Também há duas unidades construídas nos modelos já apresentados acrescidas de uma sala de aula, sendo chamadas de “14 salas” e “9 salas compacta linear”. O Quadro 13 apresenta a frequência de utilização de cada modelo, dentre as quarenta e sete unidades existentes.

**Quadro 13:** Variações do projeto padronizado modelo “Escola Padrão”

<b>Modelo de escola</b>	<b>Nº de escolas construídas</b>
13 salas	23
14 salas	01
8 salas compacta	17
8 salas compacta linear	05
9 salas compacta linear	01
<b>Total de unidades construídas</b>	<b>47</b>

Fonte: RioUrbe

Assim, foi selecionada uma escola de cada um dos três modelos realmente representativos: “13 salas”, “8 salas compacta” e “8 salas compacta linear”. Também foram



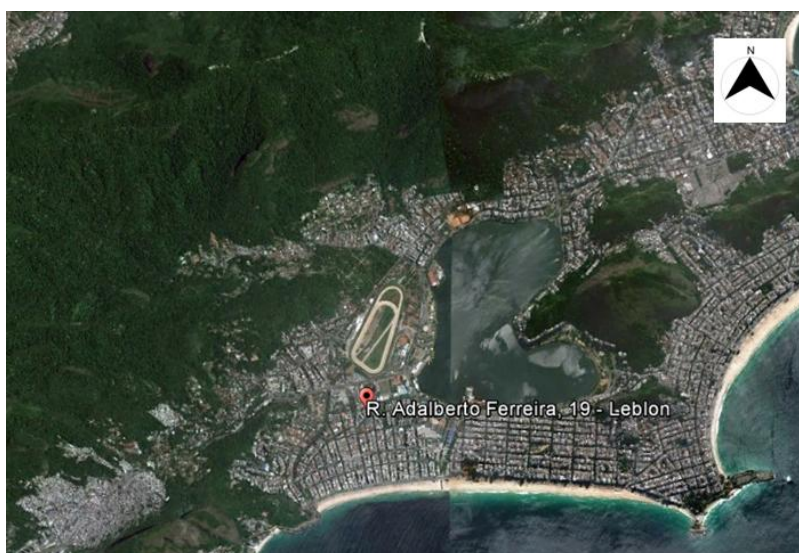
procurados contextos e dimensões de terreno que fossem bastante diferenciados e de fácil acesso.

Cada unidade escolar foi visitada uma única vez, utilizando-se como ferramenta de análise a **observação sistemática**. Desta forma, a instituição foi percorrida pela pesquisadora, enquanto eram realizados os seguintes registros: fotografias, anotações feitas a partir de uma lista de verificação previamente elaborada, impressões obtidas.

As análises foram baseadas nos registros realizados nas visitas, no exame da localização dos terrenos e em estudos de insolação realizados através das cartas solares e da ferramenta *Sketch Up*.

## 6.2 Escola Municipal Sérgio Vieira de Mello

<b>Modelo da escola:</b> 13 salas	<b>Realização da visita:</b> 17/11/2015
<b>Inauguração:</b> 2004	<b>Endereço:</b> Rua Adalberto Ferreira, 19 - Leblon
<b>Turnos:</b>	<b>Etapas de ensino:</b>
Manhã (M) – 7:30 / 12:00h	Educação Infantil – 3 turmas M + 3 turmas T
Tarde (T) - 13:00 / 17:30h	Fundamental 1º ao 5º ano – 10 turmas M + 10 turmas T



**Figura 73:** E. M. Sérgio Vieira de Mello – Localização  
Fonte: *Google Earth* em 03/02/2016





**Figura 74:** Entorno Imediato em vista aérea  
 Fonte: Google Earth e Google Maps em 03/02/2016



**Figura 75:** Entorno Imediato em perspectiva  
 Fonte: maquete de Felipe Rohen

### **Condições climáticas, entorno e terreno**

O terreno é plano, possui forma aproximadamente trapezoidal e, conforme demonstrado na Figura 73, no tocante à ventilação, sua localização é privilegiada. Trata-se de um bairro litorâneo, não há relevo para barrar as brisas marítimas e apesar da grande ocorrência de prédios altos o traçado das ruas é favorável à incidência dos ventos predominantes entre Sudeste e Sul.

A escola está situada na Praça Nossa Sra. Auxiliadora que perdeu a função de lazer e convívio, visto estar totalmente ocupada por prédios públicos (ver Figura 74). Além da

instituição estudada, lá se encontram a E. M. George Pfisterer, o CIEP Nação Rubro Negra e uma Unidade de Ordem Pública (Guarda Municipal).

Na região, são frequentes as construções residenciais de grande altura. No entanto, no entorno imediato da instituição - que é formado por prédios multifamiliares, lojas, restaurantes, casa de shows e outras escolas – a altura das edificações varia bastante.

Além disso, as vias são largas e, apesar de a praça estar ocupada por instituições, nela a densidade construtiva é diferenciada, havendo grande distanciamento entre as construções. Exceto no que se refere ao distanciamento entre a escola estudada, a escola vizinha e as quadras cobertas que as interligam.

As Ruas Gilberto Cardoso e Adalberto Ferreira possuem trânsito intenso de veículos (Figuras 76 e 77), originando um ambiente sonoro bastante ruidoso. Constatou-se que o tráfego de pedestres também é grande, existindo ainda um ponto de ônibus, na Rua Gilberto Cardoso, junto ao acesso principal da escola.



**Figura 76:** Entorno – Rua Gilberto Cardoso  
Fonte: *Google Earth* em 03/02/2016 e foto da autora



**Figura 77:** Entorno – Rua Adalberto Ferreira  
Fonte: *Google Earth* em 03/02/2016 e foto da autora

A via secundária que corta a praça e para a qual o fundo da escola se volta, abriga o ponto final de uma linha de ônibus (Figura 78). Também foi constatado que às quartas-feiras ocorre uma feira livre junto aos limites do terreno da escola. A feira começa no passeio público da instituição (na Rua Adalberto Ferreira) e entra na via secundária pertencente à praça (Figura 79).





**Figura 78:** Entorno – via secundária pertencente à Praça Nossa Sra. Auxiliadora



**Figura 79:** Entorno – Feira livre nos limites da escola

Fonte: *Google Earth* em 03/02/2016

O entorno é totalmente urbanizado e se apresenta com materiais característicos (concreto, vidro, cerâmica, asfalto, pedra), de comportamento térmico e acústico insatisfatórios. No entanto, a praça representa um diferencial, pois ainda que esteja tomada por prédios, parte do verde original foi preservado. Identificam-se nela diversas árvores desenvolvidas e de grande porte, inclusive no terreno da escola. Ainda se registra uma extensa área gramada na região da UOP e do CIEP. As ruas da região também são bem arborizadas.

### A edificação



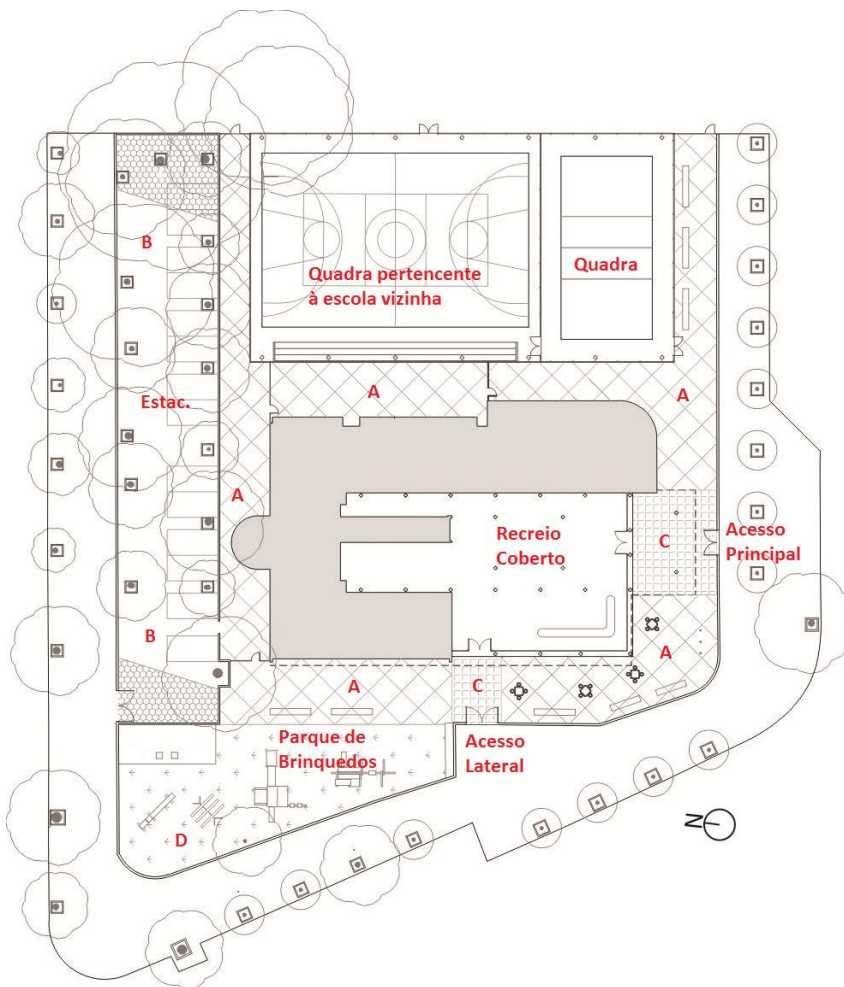
**Figura 80:** Fachada Principal



**Figura 81:** Fachada Lateral

Fonte: *Google Earth* em 04/02/2016

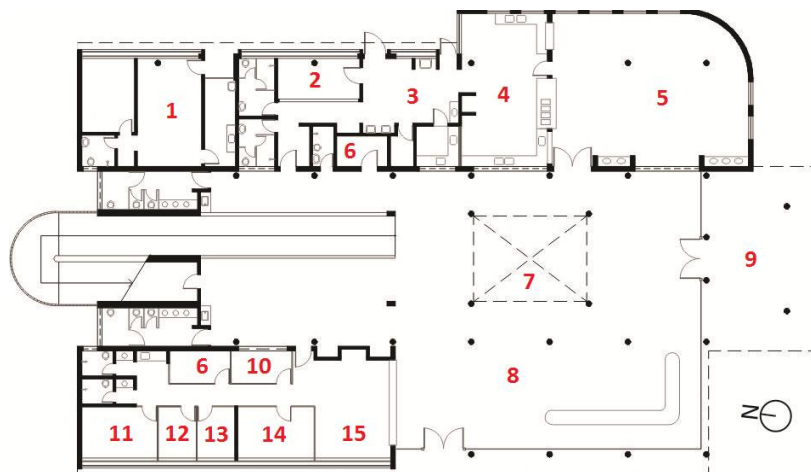
O prédio tem tipologia compacta e apresenta os ambientes distribuídos em três pavimentos e organizados em torno de uma circulação central: horizontal e vertical (rampa). Os conjuntos funcionais são bem definidos, podendo-se delimitar facilmente cada um deles – pedagógico, vivência / assistência, administrativo / apoio técnico-pedagógico e serviços gerais. No entanto, por sua organização espacial compacta e em três pavimentos, não há como tirar partido da setorização em benefício do conforto ambiental, pois o 1º e o 2º pavimentos possuem praticamente todo o perímetro tomado por salas de aula.



**Legenda de Pisos:**

- A** – Concreto em quadros de 210x210cm com juntas em blocos intertravados tipo “Blokret”
- B** – Blocos intertravados de concreto tipo “Blokret”
- C** – Granito serrado
- D** – Grama esmeralda (atualmente com grandes vazios)

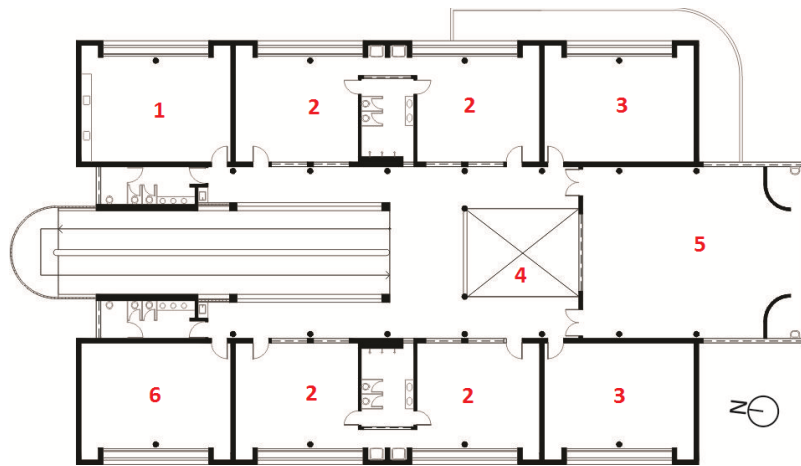
**Figura 82: Implantação**



**Legenda:**

- 1 – Casa do Zelador
- 2 – Despensa
- 3 – Recepção da Cozinha
- 4 – Cozinha
- 5 – Refeitório
- 6 – Almojarifado
- 7 – Proj. Abertura no Teto
- 8 – Recreio Coberto
- 9 – Pátio de Acesso
- 10 – Arquivo
- 11 – Sala de Professores
- 12 – Orientação Pedagógica
- 13 – Equipamentos
- 14 – Diretoria
- 15 – Secretaria

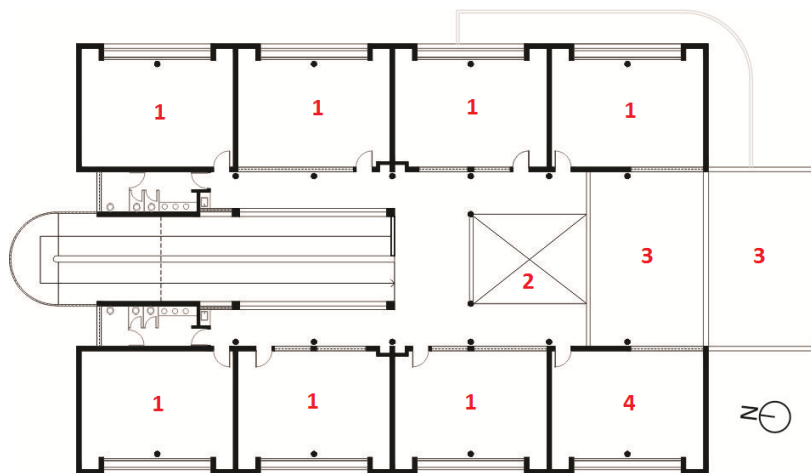
**Figura 83: Térreo - Planta Baixa**



**Legenda:**

- 1 – Sala de Artes
- 2 – Sala de Aula (Educ. Infantil)
- 3 – Sala de Aula (Ens.Fundam.)
- 4 – Vazio
- 5 – Auditório
- 6 – Sala de Informática

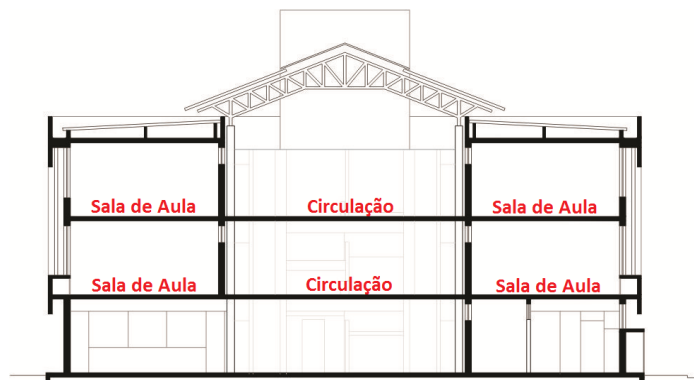
**Figura 84:** 1º Pavimento – Planta Baixa



**Legenda:**

- 1 – Sala de Aula (Ens.Fundam.)
- 2 – Vazio
- 3 – Laje Impermeabilizada
- 4 – Sala de Leitura

**Figura 85:** 2º Pavimento – Planta Baixa



**Figura 86:** Corte Esquemático

Na concepção arquitetônica do prédio, destaca-se a busca pela permeabilidade ao vento e à luz natural, através das seguintes estratégias:

- ventilação cruzada nas salas – janelas baixas nas fachadas e altas nas paredes opostas voltadas para a circulação;

- circulação com cobertura aparente em nível superior ao das coberturas das salas de aula, também promovendo a ventilação cruzada. Acrescentam-se as empenas vazadas, sendo que uma delas é obstruída em grande parte pela caixa d'água, mas a oposta é totalmente livre;
- cobertura central da circulação e de parte do refeitório em telhas translúcidas<sup>158</sup>;
- fechamento dos patamares da rampa em tijolos de vidro.

A ventilação não é prejudicada pela proximidade a outros elementos construídos, visto a localização da escola em uma praça e o fechamento do terreno em gradil. A única construção próxima é destinada às quadras esportivas, que não prejudica a ventilação por ser um elemento totalmente vazado. Quanto à sombra de vento gerada pelo próprio prédio, esta não é prejudicial, pois atinge principalmente o estacionamento.

No entanto, a orientação da edificação é extremamente desfavorável. Constatase que ela não tira partido da localização privilegiada do terreno. Isto porque as fachadas mais extensas, onde estão localizadas as janelas de todas as salas de aula e salas de trabalho, não estão direcionadas para os ventos dominantes.

Quanto à insolação, pode-se dizer o mesmo, pois tais fachadas estão voltadas para os quadrantes mais desfavoráveis: Leste e Oeste. Não havendo proteção para as aberturas<sup>159</sup>, a solução encontrada pelos usuários, para barrar a penetração dos raios solares nas salas de aula, foi prover todas as janelas com cortinas tipo blecaute (Figura 86). No entanto, cabe destacar que conforme visto no Capítulo 5, ainda que houvesse elementos sombreadores nas fachadas, tais orientações dificultariam o desempenho satisfatório destas proteções, visto ser necessário considerar ângulos muito baixos de altura solar.

A implantação desfavorável é decorrente da inadequação do prédio ao terreno, visto que não seria possível implantar uma construção com tais dimensões e forma, com orientação favorável, no espaço disponível.

Todas as salas de aula estão climatizadas, sendo que o equipamento utilizado na maioria dos casos é do tipo *split*, com raras exceções para os aparelhos de janela. No entanto, mesmo os *splits* foram instalados nos vãos das janelas, o que significa que as cortinas fechadas prejudicam o funcionamento dos equipamentos (Figura 87).

---

<sup>158</sup> A utilização de telhas translúcidas em parte da cobertura do refeitório nem sempre representa solução satisfatória, pois dependendo do sítio de implantação pode trazer para o ambiente, além da iluminação natural, o aquecimento excessivo. Isto conforme observado por Paes (2008) na instituição visitada pela autora.

<sup>159</sup> Conforme descrito por Paes (2008) as esquadrias da Escola Padrão estão deliberadamente recuadas em relação à linha de fachada, pela intenção da instalação de brises, o que terminou por não ser efetivado em várias escolas por forças orçamentárias.



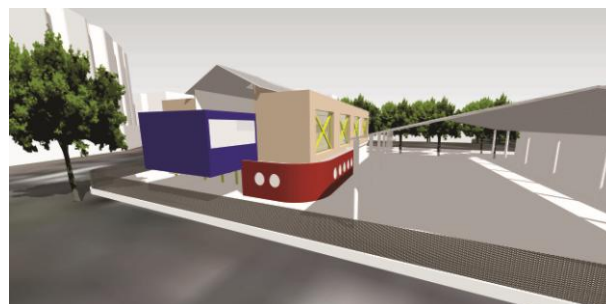
**Figura 87:** Salas de aula  
Fonte: a autora

A única visita à instituição ocorreu num dia quente do mês de novembro. Entretanto, é fato que durante todo o ano, ao menos em um dos turnos, a maior parte das salas é utilizada com climatização e janelas e cortinas fechadas. Isto pelas seguintes condições das fachadas: (1) a fachada voltada para o quadrante Oeste recebe sol durante toda tarde, o ano inteiro, havendo o sombreamento de apenas uma árvore; (2) a fachada voltada para o quadrante Leste recebe sol durante toda a manhã, também durante todo o ano. As Figuras 88 e 89 exemplificam tais situações no solstício de verão.



**Figura 88:**

Fachada Oeste - Sol das 15h no solstício de verão



**Figura 89:**

Fachada Leste - Sol das 9h no solstício de verão

Fonte: estudos de Felipe Rohen realizados no *Sketch Up*

As quadras esportivas, sem tratamento acústico algum, encontram-se a aproximadamente 6 metros da edificação escolar. Como cada quadra pertence a uma escola, subentende-se que em grande parte do horário escolar, ao menos uma delas esteja em utilização, o que torna muito provável que as janelas e as cortinas das salas de aula para ali voltadas estejam cerradas durante o ano inteiro (assim como ligados os condicionadores de ar), em busca de proteção contra o intenso ruído.

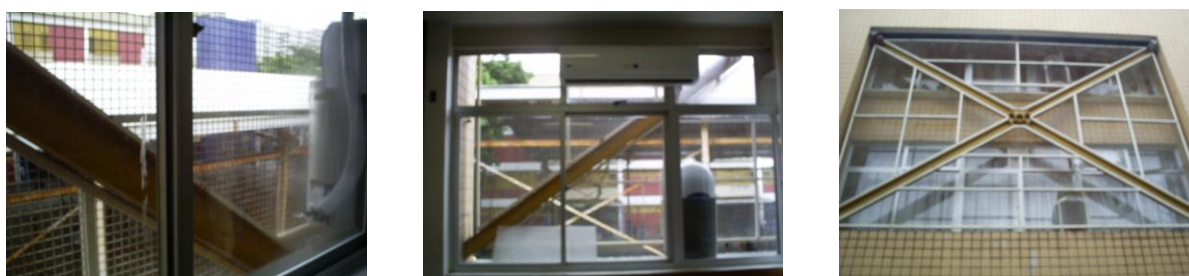
A escola também se encontra a mercê dos ruídos urbanos provenientes do trânsito intenso das ruas Gilberto Cardoso e Adalberto Ferreira, situando-se no cruzamento, onde a situação é agravada pela presença de semáforos e ponto de ônibus. Não há afastamentos ou superfícies acusticamente absorvedoras, tais como forrações e massas vegetais, que atenuem sequer minimamente esse incômodo.



Ainda no que se refere à acústica, observa-se que a forma compacta do prédio, onde toda a circulação se desenvolve através e em torno da rampa central, transforma esta área de circulação em uma grande caixa reverberante, cujos materiais densos dos pisos, paredes e tetos refletem e propagam os sons emitidos. A questão merece atenção, em virtude da vulnerabilidade das salas de aula aos ruídos provenientes da circulação (PAES, 2008).

Considerando o entorno já descrito - a praça, as vias largas e as alturas das edificações vizinhas – o acesso ao céu não representa problema. Há grande disponibilidade de iluminação natural e a forma da edificação, retangular, auxilia neste sentido. A grave dificuldade que se apresenta (e que anula as vantagens descritas) está relacionada à orientação. Conforme também já mencionado, as cortinas tipo blecaute e a iluminação artificial vêm sendo fartamente utilizadas.

Para os momentos em que as janelas estão desobstruídas e permitem a visão do exterior, cabe um comentário quanto à desvalorização do acesso às vistas. Ocorre que a despeito de o projeto arquitetônico ter dotado as salas de aula de amplas janelas, outras decisões de projeto prejudicam e desvalorizam o acesso visual ao exterior. Como exemplo, pode ser citada a adoção de contraventamentos metálicos como solução estrutural para as grandes aberturas e, mais recentemente, os condensadores do sistema de condicionamento de ar, que também foram colocados à frente das janelas (Figura 90).



**Figura 90:** Obstruções das janelas  
Fonte: a autora

### **O ambiente externo**

Toda a área livre é pavimentada, exceto no parque de brinquedos da educação infantil, onde originalmente foi plantada grama e hoje grande parte da superfície se apresenta em solo natural.

Como na instituição convivem a Educação infantil e o 1º segmento do Ensino Fundamental, as áreas de recreio são fisicamente separadas por cerca e portão baixos. Os alunos do Ensino Fundamental só têm acesso à área reservada aos pequenos em dias e horários definidos para trabalharem com compostagem e cuidarem da horta que foi criada junto ao gradil externo.





**Figura 91:** Composteira  
Fonte: a autora



**Figura 92:** Recreio Descoberto da Educação Infantil – Vista 1  
Fonte: a autora



**Figura 93:** Recreio Descoberto da Educação Infantil – Vista 2  
Fonte: a autora

Às crianças maiores, cabe o Recreio Descoberto em forma de “L” formado pela área de afastamento do prédio à testada do terreno. Todo o piso é em concreto ou em granito (nas duas faixas de acesso). Exceto pelo sombreamento de parte desta área, no horário da manhã e em decorrência do próprio prédio, a utilização do ambiente é feita a pleno sol. Não há árvores, arbustos ou forrações. Na verdade, não há espaço para vegetação, pois se trata de um corredor cuja largura mínima é de 4 metros e a máxima é de 6,5 metros. Qualquer subtração do setor pavimentado, para fins de plantio, seria inadequada, visto tratar-se de um ambiente com área já tão insuficiente.

Além disso, a experiência com edificações escolares nos mostra que em espaços confinados e de intensa utilização a vegetação tem pouca chance de se estabelecer, muitas vezes em decorrência de pisoteio e vandalismo. Certamente que este estabelecimento depende de vários outros fatores (tais como projeto e execução adequados, conscientização e manutenção), mas a necessidade de espaço suficiente para que ambos subsistam – o usuário e a vegetação – seria a condição primeira.



**Figura 94:** Recreio Descoberto do Ensino Fundamental  
Fonte: a autora

A duração do recreio é de trinta minutos, tempo que deve ser dividido entre a refeição e o lazer. No dia da visita, as crianças em horário de recreio permaneceram no pátio coberto, mas o tempo não estava firme e chovia com frequência. De acordo com a direção da escola, a área livre é intensamente utilizada, sendo que, na rotina escolar, a máxima utilização se dá na faixa de horário em que estão reunidas as seis turmas do 1º ao 3º ano.

Oferecendo mais uma alternativa de lazer para o horário do recreio, foi improvisado junto ao setor administrativo um “cantinho de leitura”, onde se encontram dois sofás e pequenas estantes baixas, com alguns livros. Também duas vezes por semana a quadra coberta é utilizada neste horário, quando há professores de Educação Física na instituição, e estes podem inspecionar as atividades livres.

As aulas de Educação Física ocorrem nos seguintes espaços: quadra coberta, pátio coberto, pátio descoberto e auditório. De acordo com a direção da escola, muito raramente algum outro professor utiliza o ambiente externo para a realização de atividades.

É preocupante a facilidade de contato entre as crianças que estão nos domínios da instituição e os transeuntes no passeio público. Os dois ambientes – pátio escolar e passeio – estão ali, lado a lado, separados apenas por um gradil. A falta de espaço impede que exista uma área de transição entre o local utilizado pelas crianças e os limites do terreno. Áreas de transição podem, por exemplo, ser guarnecidas com barreiras naturais formadas pela vegetação, mas neste caso, não há espaço para tal.

É fato que a opção pela utilização de gradil para o fechamento da instituição apresenta inúmeras vantagens, tais como: incremento à ventilação, visibilidade da instituição e integração com o entorno. A construção de muro, além de impedir estas vantagens, daria uma maior sensação de confinamento aos usuários do pátio externo. Por outro lado, a segurança é essencial. Mais uma vez constata-se que as dimensões do terreno se apresentam como inadequadas ao prédio utilizado.

A área livre disponível não possibilita a expansão do prédio, ainda que surja esta necessidade, frente a demandas de atendimento ou a mudanças pedagógicas. Também, por uma questão de área, não há possibilidade de novos usos e atividades na organização dos espaços livres, exceto se o recreio descoberto da Educação infantil for desativado (considerando-se que, segundo o planejamento atual da SME, no futuro não haverá instituições mistas, ver Capítulo 3). Ainda neste caso, a flexibilidade não será muito significativa, pois o espaço citado é pequeno.

A Taxa de Ocupação do terreno é 38%, não muito superior aos 33% recomendados pelo IBAM (1996), o que num primeiro momento pode causar estranheza, já que a área livre e destinada às crianças se mostra insuficiente. No entanto, verifica-se que o estacionamento foi contemplado com área excessiva. Caso a região destinada ao Parque infantil fosse de uso comum e o estacionamento menor, a área disponível poderia ser razoavelmente satisfatória. .

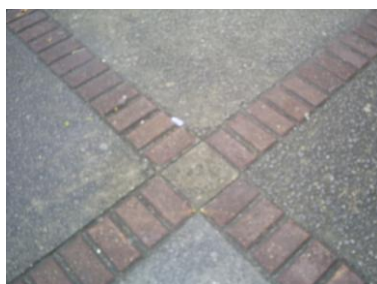
O estacionamento é bem arborizado, com árvores desenvolvidas e de grande porte. A pavimentação é feita com blocos intertravados de concreto.

O Coeficiente de Impermeabilização do terreno é de 67%, o que o classifica como Nível Superior segundo a escala de desempenho adotada pelo Processo AQUA (FCAV, 2007). O cálculo foi feito considerando que o piso de concreto do pátio descoberto e do perímetro do prédio é impermeável, julgando a área de juntas permeáveis desprezível, se comparada à área de superfícies impermeáveis na composição desta pavimentação (ver legenda da Figura 82). Já o piso em blocos intertravados de concreto do estacionamento foi caracterizado como pavimentação permeável<sup>160</sup>.

No entanto, é importante destacar que

Os sedimentos que se acumulam no pavimento permeável tendem a diminuir a sua capacidade de infiltração com o tempo. Considera-se que em 10 anos o pavimento permeável tenha uma redução de 90% nessa capacidade. A velocidade que o acúmulo de sedimentos ocorre depende do volume de tráfego e da existência de fontes de sedimentos próximos ao pavimento, como jardins e áreas propensas a carreamentos de sólidos. Os sedimentos, porém, ficam limitados ao topo do rejunte do pavimento, dessa forma após esse período pode ser feita a substituição do material de rejuntamento, devolvendo assim ao pavimento sua capacidade de infiltração (MARCHIONI e SILVA, p. 18, 2011).

Pela observação do piso intertravado, julga-se que sua capacidade de infiltração já se encontra bastante comprometida. Contudo, para a comprovação deste fato, assim como para o dimensionamento de tal comprometimento, seriam necessários testes específicos.



**Figura 95:** Pátio Descoberto - Piso em concreto, quadros de 210 x 210 cm  
Fonte: a autora



**Figura 96:** Estacionamento - Piso em blocos intertravados  
Fonte: a autora

### 6.3 Escola Municipal Noel Rosa

<b>Modelo:</b> 8 salas compacta	<b>Realização da visita:</b> 25/11/2015
<b>Inauguração:</b> 2008 (substituição)	<b>Endereço:</b> R. Barão do Bom Retiro, 1745 – Vila Isabel
<b>Turnos:</b> Manhã (M) – 7:30 / 12:00h Tarde (T) - 13:00 / 17:30h	<b>Etapas de ensino:</b> Educação Infantil – 3 turmas M + 2 turmas T Fundamental 1º ao 6º ano – 6 turmas M + 5 turmas T

<sup>160</sup> Isso, considerando que a pavimentação foi executada adequadamente em todas as etapas do serviço (preparação do subleito; execução das camadas de sub-base e base; aplicação da camada de assentamento e colocação dos blocos; rejuntamento e compactação).





**Figura 97:** E. M. Noel Rosa – Localização  
 Fonte: *Google Earth* em 07/02/2016



**Figura 98:** Entorno Imediato em vista aérea  
 Fonte: *Google Earth* e *Google Maps* em 07/02/2016



**Figura 99:** Entorno Imediato em perspectiva  
 Fonte: maquete de Felipe Rohen

### Condições climáticas, entorno e terreno

O terreno possui características de bosque, pois se situa em um extremo do Parque Recanto do Trovador (antigo Jardim Zoológico da cidade). Sua forma é irregular e junto aos limites de fundo há algum relevo devido à manutenção da topografia original nesta área.

O bairro do Grajaú sofre a influência do Maciço da Tijuca, que barra parte das brisas dominantes na cidade vindas principalmente do Sudeste e também do Sul. Em nível local, o terreno é beneficiado por estar localizado no extremo Noroeste do Parque. Assim, as brisas de Sudeste que chegam até ele já atravessaram o Parque, conseguiram recuperar alguma velocidade e foram arrefecidas pela vegetação (Figura 97).

O entorno é basicamente residencial e composto por alguns prédios altos multifamiliares, casario e lojas locais. Há ainda algumas escolas, postos de gasolina e o Parque, que ocupa uma grande área.

A densidade construtiva da região é alta, sendo a Rua Barão do Bom Retiro caracterizada por lotes estreitos, onde a maioria das construções ocupa toda a testada. Predominam ainda as construções térreas e os sobrados. Na quadra onde a escola se localiza, a largura da rua é maior e a densidade construtiva é diferenciada, já que a instituição é a única construção voltada para a rua. Em todo o restante da testada da quadra existe apenas o parque.

O trânsito de veículos na Rua Barão do Bom Retiro é intenso, mas não há cruzamentos próximos e a circulação de pedestres é pequena. Um semáforo, destinado à travessia de pedestres, e um ponto de ônibus estão localizados junto ao acesso principal da escola (Figura 100).



**Figura 100:** Entorno – Rua Barão do Bom Retiro  
Fonte: *Google Earth* em 07/02/2016

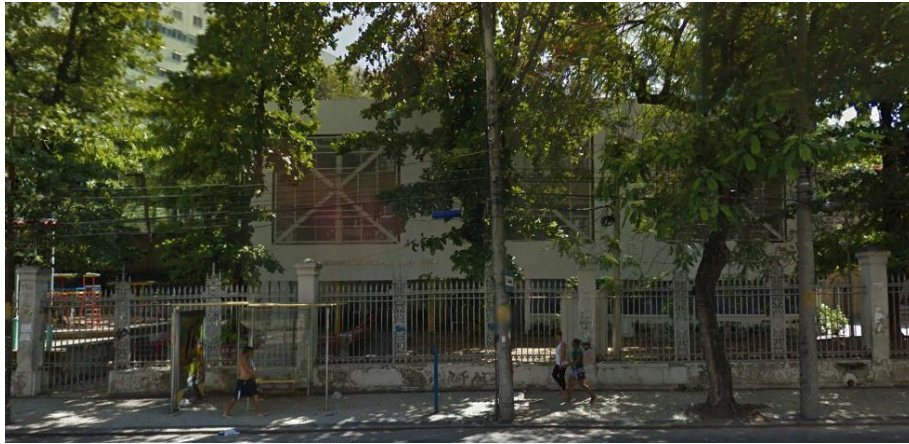
A Rua Armando de Albuquerque, que contorna o terreno da escola posteriormente, é estreita, levemente íngreme e bastante tranquila. Há no início da rua, um prédio residencial de maior altura e, a partir dali, apenas casario baixo (Figura 101).





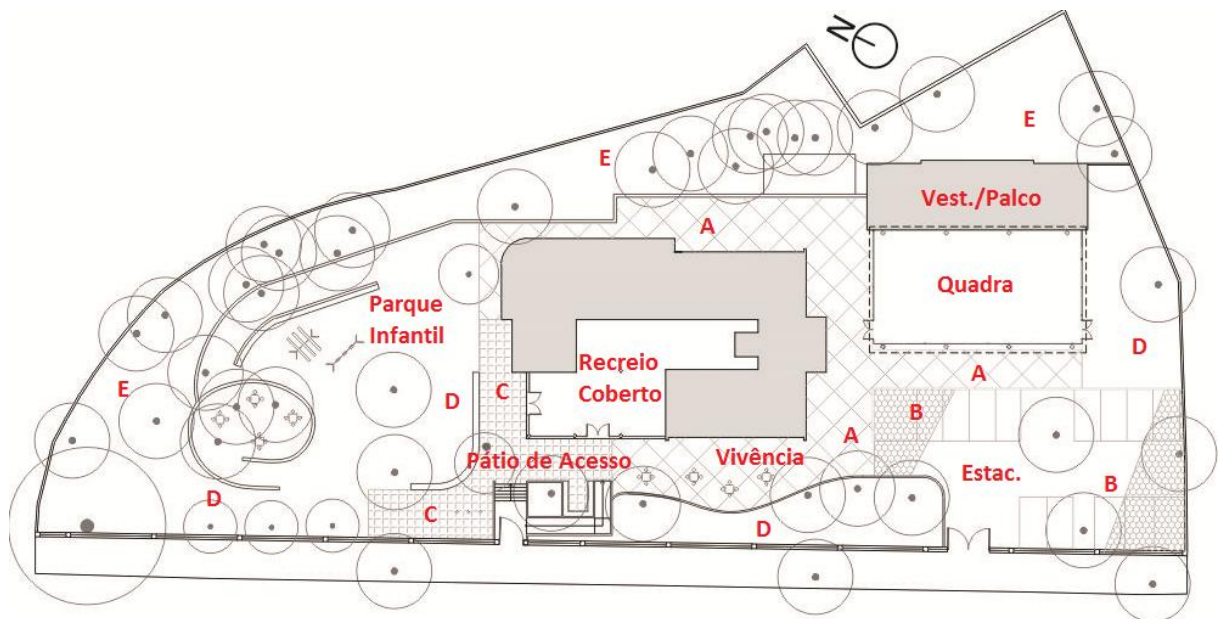
**Figura 101:** Entorno – Rua Armando de Albuquerque  
Fonte: *Google Earth* em 07/02/2016

### A edificação



**Figura 102:** Fachada Principal  
Fonte: *Google Earth* em 25/11/2015

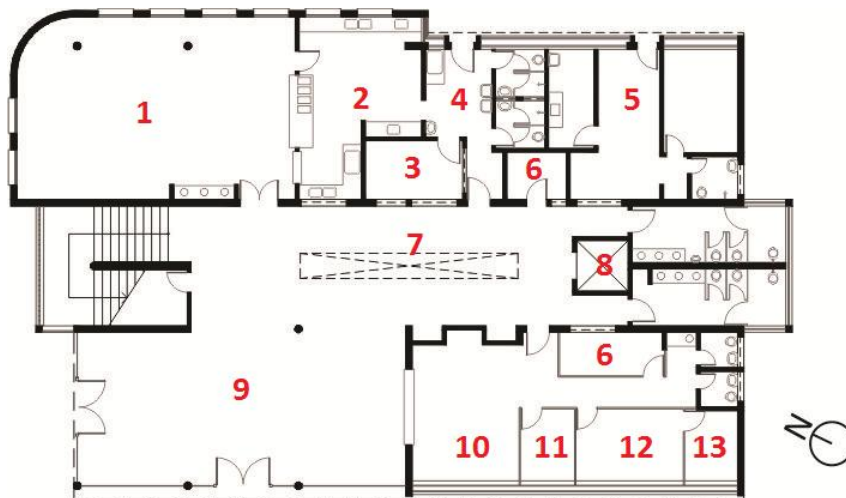
O prédio é ainda mais compacto que o modelo 13 salas, pois apresenta os ambientes distribuídos em três pavimentos e organizados em torno de uma circulação central e horizontal bem menos espaçosa. A circulação vertical é resolvida por escada e elevador. Em função da menor capacidade do modelo, os conjuntos funcionais também são mais compactos. A organização espacial se mantém, no que se refere à total ocupação do 1º e 2º pavimentos por salas de aula e de atividades educacionais. Desta forma, também aqui, não se pode tirar partido da setorização em benefício do conforto ambiental.



**Legenda de Pisos:**

- |  |   |
|--|---|
| A – Concreto em quadros de 140x140cm com juntas em blocos intertravados tipo “Blokret” | D – Solo natural (grama esmeralda em projeto)                       |
| B – Blocos intertravados de concreto tipo “Blokret”                                    | E – Forração, arbustos e árvores de grande porte (vegetação nativa) |
| C – Granito serrado  |   |

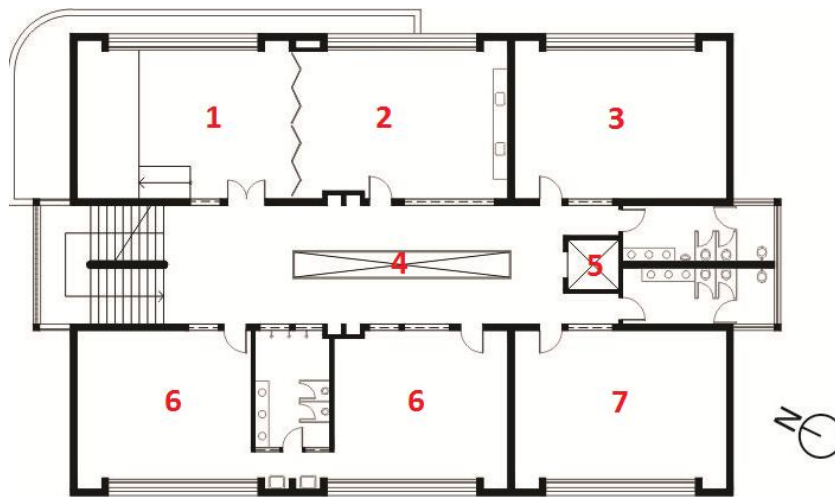
**Figura 103:** Implantação



**Legenda:**

- 1 – Refeitório
- 2 – Cozinha
- 3 – Despensa
- 4 – Recepção da Cozinha
- 5 – Casa do Zelador
- 6 – Almojarifado
- 7 – Proj. Abertura no Teto
- 8 – Elevador
- 9 – Recreio Coberto
- 10 – Secretaria
- 11 – Diretoria
- 12 – Sala de Professores
- 13 – Equipamentos

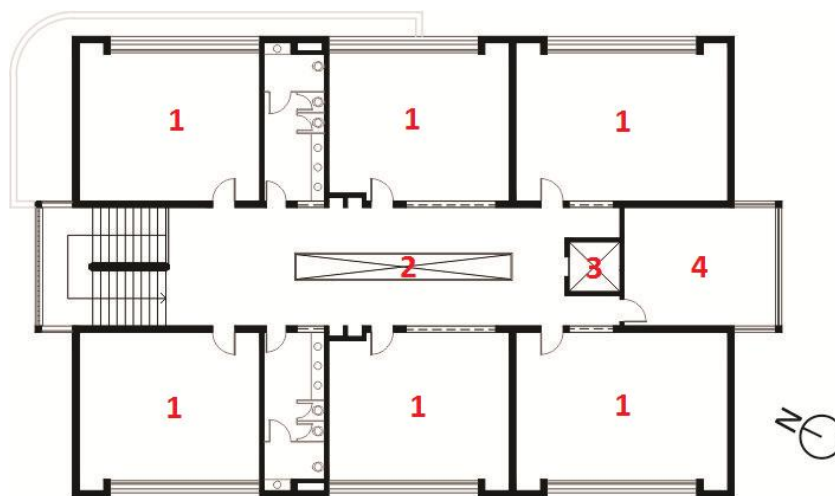
**Figura 104:** Térreo – Planta Baixa



**Legenda:**

- 1 – Auditório
- 2 – Sala de Artes
- 3 – Sala de Leitura
- 4 – Vazio c/ tela sob banco
- 5 – Elevador
- 6 – Sala de Aula (Educ. Infantil)
- 7 – Sala de Informática

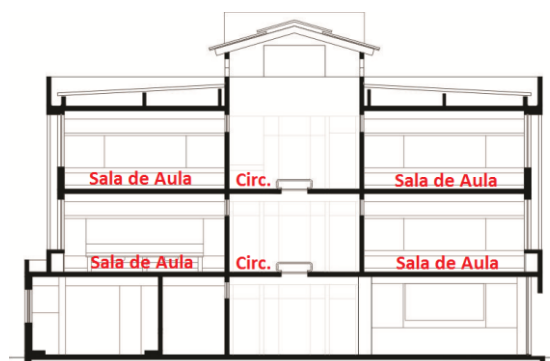
**Figura 105:** 1º Pavimento – Planta Baixa



**Legenda:**

- 1 – Sala de Aula (Ens.Fundam.)
- 2 – Vazio c/ tela sob banco
- 3 – Elevador
- 4 – Sala Especial

**Figura 106:** 2º Pavimento – Planta Baixa



**Figura 107:** Corte Esquemático

A busca pela permeabilidade da edificação ao vento e à luz natural ainda se faz notar, através das seguintes estratégias:

- ventilação cruzada nas salas – janelas baixas nas fachadas e altas nas paredes opostas voltadas para a circulação;



- circulação central do 2º pavimento com cobertura aparente em nível superior ao das coberturas das salas de aula, promovendo a ventilação cruzada através de faixas de elementos vazados de concreto. Acrescentam-se aberturas nas lajes de piso do 1º e do 2º pavimento, em busca do efeito “chaminé”.
- cobertura central da circulação do 2º pavimento e de parte do refeitório em telhas translúcidas. As aberturas deixadas nas lajes intermediárias também colaboram para a propagação da iluminação natural;
- fechamento nos patamares da escada em tijolos de vidro.

Não há construções vizinhas que prejudiquem a circulação dos ventos. O único prédio de dimensões consideráveis e suficientemente próximo à instituição é o localizado na Rua Armando de Albuquerque (Figura 100), mas este se encontra a sotavento da edificação escolar.

A única barreira ao vento possível seria o muro que separa a escola do parque, contudo este se situa a grande distância da edificação e da área de recreio. Ainda assim, a orientação do prédio é desfavorável à ventilação, visto que as fachadas mais extensas, onde estão localizadas as janelas de todas as salas de aula e salas de trabalho, não estão direcionadas para os ventos dominantes. Também o próprio prédio da instituição gera uma sombra de vento que atinge o Parque Infantil.

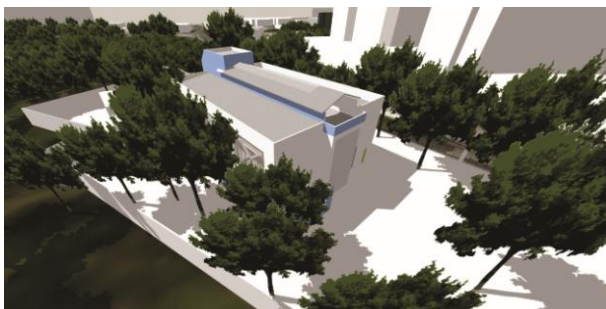
Quanto à insolação, pode-se dizer o mesmo, pois tais fachadas estão voltadas para quadrantes muito desfavoráveis: Nordeste e Sudoeste. Não há proteção para as aberturas e constata-se que foram instaladas persianas verticais de cor escura em todas as salas de aula (Figura 108).



**Figura 108:** Salas de aula  
Fonte: a autora

A fachada voltada para o quadrante Nordeste recebe sol durante toda a manhã, o ano inteiro. O período se estende às primeiras horas da tarde nos meses mais frios. Já a fachada voltada para o quadrante Sudoeste recebe sol durante toda a tarde nos meses mais quentes do ano, estando protegida, apenas no início da tarde, nos meses mais frios. As Figuras 109 e 110 exemplificam tais situações no solstício de verão.

Contudo, a significativa arborização do terreno amortece bastante a radiação solar incidente em vários trechos de fachada. Há também o paliativo utilizado por diversos professores para bloquear, ao menos em parte, a entrada da radiação solar em sala de aula: a colagem de papéis nos vidros das janelas (Figura 108).



**Figura 109:**

Fachada Nordeste - Sol das 9h no solstício de verão.



**Figura 110:**

Fachada Sudoeste - Sol das 15h no solstício de verão.

Fonte: estudos de Felipe Rohen realizados no *Sketch Up*

A implantação desfavorável é decorrente da inadequação do prédio ao terreno, pois apesar deste ser espaçoso, sua forma e topografia não permitiriam que o mesmo prédio fosse implantado com orientação favorável. Considerando que o espaço foi subtraído da área do parque, a orientação conveniente poderia ter sido concretizada apenas se o terreno tomado para a construção da escola fosse significativamente maior ou se, mais adequadamente, houvesse sido desenvolvido um projeto arquitetônico específico para o local.

Todas as salas de aula estão climatizadas com equipamentos do tipo *split*, posicionados na frente das janelas, porém tanto as posições dos aparelhos quanto das persianas permitem que estas sejam fechadas sem prejudicar o funcionamento dos equipamentos.

Conforme apresentado no Capítulo 5, a arborização oferece uma série de benefícios, incluindo o arrefecimento da edificação. No entanto, não é adequado contar apenas com a presença da vegetação para a proteção das aberturas, em virtude deste ser um sombreamento irregular e, se em excesso, poder impedir o acesso da iluminação natural através dos planos verticais.

No caso desta escola, o acesso ao céu é garantido pelas características do entorno já descrito e da arborização do terreno, que não chega a formar sombras densas. Todavia, repete-se aqui o problema constatado na escola Sérgio Vieira de Mello – uma grande dependência da iluminação artificial - já que em ambas as escolas as janelas das salas de aula são protegidas da insolação pelos usuários através de papéis colados, cortinas ou persianas.

Também aqui, além dos contraventamentos metálicos – que fazem parte do partido adotado para a Escola Padrão - os condensadores do sistema de climatização obstruem as vistas nas salas de aula (Figura 111).



**Figura 111:** Obstruções das janelas  
Fonte: a autora

Quanto à acústica, não foram constatados problemas significativos. O entorno é tranquilo, havendo apenas o ruído causado pelo trânsito, que certamente é amenizado pela vegetação, e aparentemente não chega a causar incômodo relevante. Também no que se refere aos ruídos internos, a organização espacial da escola é favorável, já que o parque infantil e a quadra coberta não estão voltados para as janelas das salas de aula.

### **O ambiente externo**

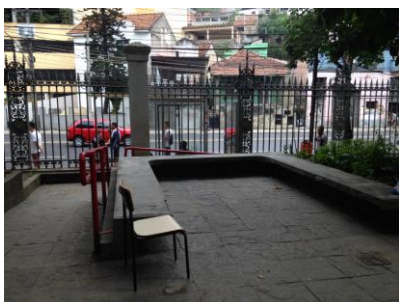
Apesar da forma irregular, o terreno é espaçoso e há uma grande área livre. A taxa de ocupação é de 24%, inferior ao limite de 33% recomendados pelo IBAM (1996). No espaço externo podem ser identificados os seguintes ambientes, conforme denominados no desenho de implantação:

- Parque Infantil – vasta área arborizada e com brinquedos, como escorrega e gangorra, além de mesas e bancos de concreto. O projeto de implantação indica que toda esta área seria gramada. Não se sabe se a grama chegou a ser colocada. A aparência atual sugere que, na execução, a grama foi substituída por uma fina camada de saibro e este, com o tempo, misturou-se ao solo natural (Figura 112);
- Pátio de Acesso – pequena área na região do acesso principal, onde existe um banco de concreto em "U" e a pavimentação é em granito serrado (Figura 113);
- Vivência – região existente ao lado do pátio de acesso, onde se localizam mesas, bancos e pavimentação em concreto, dividindo espaço com uma área destinada ao jardim: árvores e grama em projeto e atualmente árvores e terreno natural (Figura 114);
- Quadra Coberta – incluindo quadra, pequeno palco, camarins e vestiários. (Figura 115);





**Figura 112: Parque Infantil**  
Fonte: a autora



**Figura 113: Pátio de Acesso**  
Fonte: a autora



**Figura 114: Vivência**  
Fonte: a autora



**Figura 115: Quadra Coberta**  
Fonte: a autora

Na instituição convivem a Educação infantil e o 1º segmento do Ensino Fundamental sem que haja separação física entre as áreas livres utilizadas por ambos os segmentos.

A duração do recreio para o Ensino Fundamental<sup>161</sup> é de apenas vinte minutos, tempo que deve ser dividido entre a refeição e o lazer. Segundo a direção da escola, o recreio ocorre, no máximo, para duas turmas simultaneamente.

No dia da visita, foi possível presenciar o recreio de uma das turmas e observou-se que, conforme terminavam a refeição, as crianças iam se juntando ao grupo concentrado no banco do pátio de acesso (Figura 113). A professora se manteve a pequena distância e quando uma das crianças se afastou do grupo, ela a chamou de volta.

Certamente que nada se pode concluir a partir dessa observação. Para a obtenção de qualquer conclusão, seria preciso uma investigação mais aprofundada a respeito da

<sup>161</sup> Limitando-nos, aqui, ao recorte da presente pesquisa.

rotina da escola. No entanto, o surgimento de alguns questionamentos foi inevitável. Como se dão as atividades de lazer das crianças do Ensino Fundamental? Todo aquele espaço disponível é aproveitado para brincadeiras? Ou o espaço do Parque Infantil é utilizado apenas pela Educação Infantil? O solo natural do parque e a topografia acidentada do fundo do terreno são impedimentos? Há suficiência de inspetores escolares?

Além das árvores, existe apenas um trecho de vegetação nativa no fundo do terreno (Figura 116). Também há algumas plantas, misturadas a ervas daninhas, nas jardineiras junto ao prédio e ao acesso principal (Figura 117). A área destinada a jardim, junto ao gradil da testada do terreno, possui apenas as árvores. Se já houve grama, não há indícios, atualmente apresenta-se apenas o solo natural (Figura 114).

Os limites do terreno voltados para a Rua Armando de Albuquerque e para o Parque são delimitados por muro, o que preserva a escola de maneira adequada, sem interferir no conforto. Há gradil apenas na testada voltada para a Rua Barão do Bom Retiro. A já citada área existente junto ao gradil, caso estivesse ocupada por forrações e espécies arbustivas adequadas, poderia formar uma barreira natural, funcionando como excelente espaço de transição entre o ambiente utilizado pelas crianças e o exterior da instituição.

Pelas informações obtidas nas escolas visitadas<sup>162</sup>, é possível concluir que não existe manutenção dos jardins nas escolas públicas da cidade. Conforme o caso, algumas vezes a equipe de Parques e Jardins comparece para aparar a grama ou podar as árvores. Mesmo assim, este serviço é bastante esporádico.



**Figura 116:** Fundo do terreno

Fonte: a autora



**Figura 117:** Jardineiras

Fonte: a autora

De acordo com a direção da escola, muito raramente algum professor, salvo os de Educação Física, utilizam o ambiente externo para a realização de atividades.

Os alunos da escola participam de um programa voltado para a educação ambiental em que há parceria com o SESC Tijuca. As crianças são levadas até lá para realizarem atividades de plantio. Não se buscou maiores detalhes sobre o programa, mas sugere-se

<sup>162</sup> Conforme investigado em pesquisa anterior (PAES, 2008) e ratificado neste trabalho.

que a possibilidade de utilização do próprio espaço institucional seja (re)avaliada. Consideramos que tal atitude, incluindo o envolvimento docente, pode promover a continuidade e a diversificação das ações, maior satisfação das crianças pelos resultados obtidos, a inibição de comportamentos depredatórios e a valorização do espaço escolar.

Apesar da área livre disponível, não há possibilidade de expansão do prédio. Pela conformação do terreno e das edificações existentes, qualquer acréscimo significativo implicaria na perda da área do Parque Infantil. Entende-se que esta é uma área importante para a escola por sua função recreativa cotidiana e por permitir flexibilidade de utilização.

O Coeficiente de Impermeabilização<sup>163</sup> do terreno é de 41%, o que o classifica como Nível Excelente segundo a escala de desempenho adotada pelo Processo AQUA (FCAV, 2007).



**Figura 118:** Pátio Coberto  
Fonte: a autora



**Figura 119:** Estacionamento  
Fonte: a autora

Por fim, destacamos que há nesta instituição uma situação apontada na proposta de revisão do relatório de vitoria dos terrenos apresentada pela presente pesquisa (Capítulo 5). Trata-se de unidade localizada em região onde ocorrem alagamentos. O raio de ação da instituição não foi aqui analisado, tampouco a possibilidade de utilização de outro terreno. Entretanto, constata-se que a cota de implantação da edificação principal a tem mantido resguardada de inundações. O que torna a escola um importante ponto de apoio à comunidade nestas ocasiões, conforme visto na placa fixada ao portão da instituição (Figura 120).

---

<sup>163</sup> Mantendo o critério de cálculo já utilizado, onde o piso de concreto do pátio descoberto (Vivência) e do perímetro do prédio é considerado impermeável e o piso em blocos intertravados de concreto, permeável.





**Figura 120:** Portão de Serviço  
Fonte: a autora

#### 6.4 Escola Municipal Albino Souza Cruz

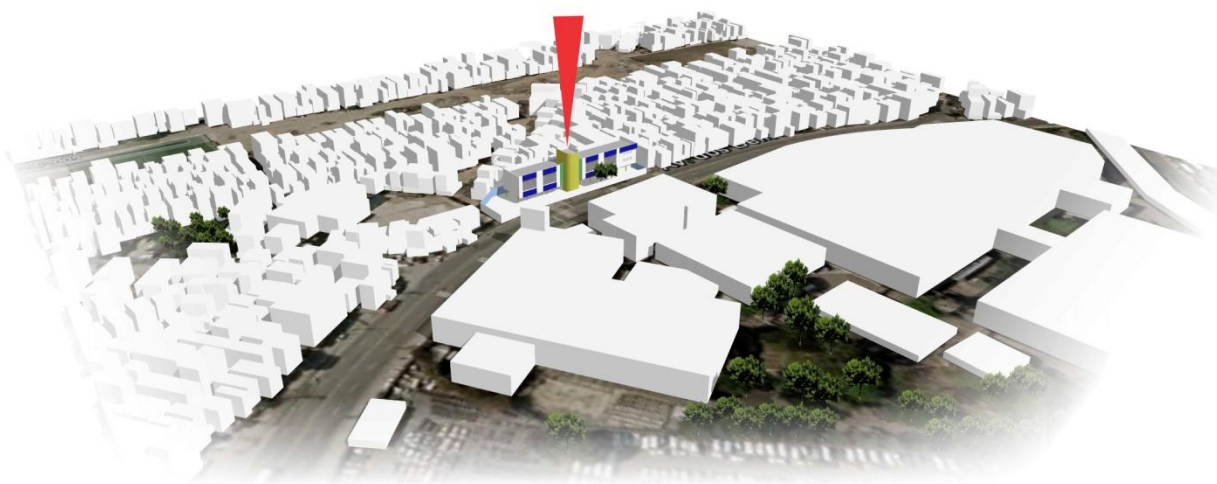
<b>Modelo:</b> 8 salas compacta linear	<b>Realização da visita:</b> 01/12/2015
<b>Inauguração:</b> 2005 (substituição)	<b>Endereço:</b> Av. dos Democráticos, 268 – Manguinhos
<b>Turnos:</b>	<b>Etapas de ensino:</b>
Manhã (M) – 7:30 / 12:00h	Educação Infantil – 3 turmas M + 2 turmas T
Tarde (T) - 13:00 / 17:30h	Fundamental 1º ao 5º ano – 5 turmas M + 5 turmas T



**Figura 121:** Localização  
Fonte: Google Earth em 04/02/2016



**Figura 122:** Entorno Imediato em vista aérea  
 Fonte: *Google Earth* e *Google Maps* em 03/02/2016



**Figura 123:** Entorno Imediato em perspectiva  
 Fonte: maquete de Felipe Rohen

### **Condições climáticas, entorno e terreno**

Manguinhos é um bairro bastante quente que apesar de não sofrer interferência direta do Maciço da Tijuca, encontra-se à grande distância do litoral e recebe os ventos dominantes de Sudeste dissipados e aquecidos pela extensa malha urbana percorrida (Figura 121).

O terreno é exíguo, ligeiramente elevado em relação à rua e com configuração aproximada à retangular. O entorno é composto predominantemente por materiais asfálticos, cimentícios e cerâmicos. Há uma enorme carência de verde.



O contexto urbano local se divide entre o formal e o informal, onde prevalecem as comunidades. Dentre as construções, predominam as residências informais, além de pequenas lojas, oficinas e igrejas. Em frente à escola, uma enorme quadra é ocupada pelo complexo intitulado Cidade da Polícia, que abriga diversas delegacias especializadas, coordenadorias e departamentos da Polícia Civil.

A Avenida dos Democráticos tem intenso trânsito de veículos e, neste trecho, um razoável movimento de pedestres, decorrente das comunidades vizinhas. Há um semáforo destinado à travessia de pedestres em frente à escola.



**Figura 124:** Entorno – Av. dos Democráticos  
Fonte: *Google Earth* em 04/02/2016

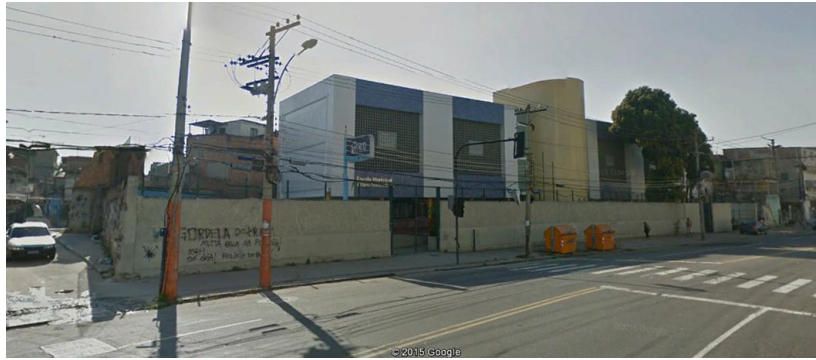


**Figura 125:** Lateral esquerda do terreno – Rua informal  
Fonte: *Google Earth* em 04/02/2016



**Figura 126:** Lateral direita do terreno  
Fonte: *Google Earth* em 04/02/2016

## A edificação

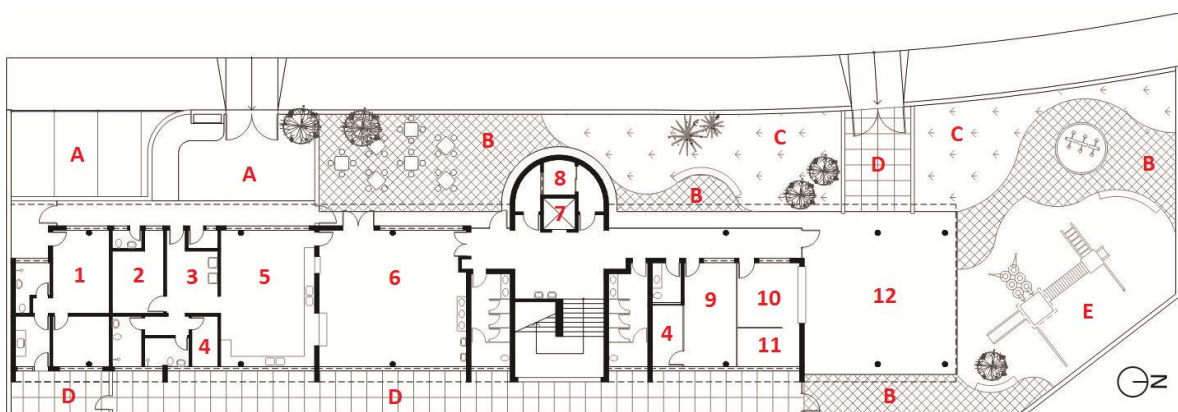


**Figura 127:** Fachada Principal  
Fonte: *Google Earth* em 04/02/2016

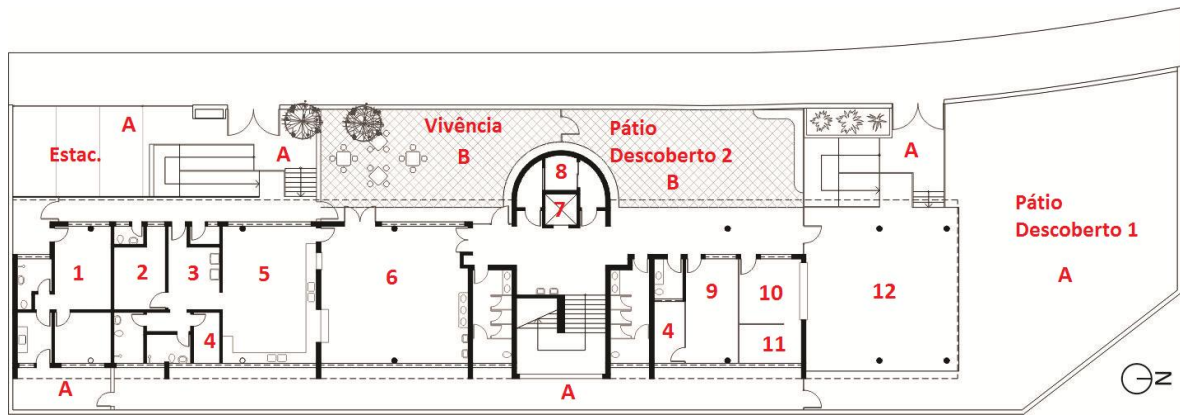
O prédio é caracterizado pela tipologia pavilhonar, por estruturar-se a partir de um eixo de circulação ao longo do qual são setorizados os diversos conjuntos e serviços. No entanto, seus conjuntos são extremamente compactos e, apesar de apresentar o mesmo número de salas de aula que o modelo anterior (8 salas), possui diversos ambientes com áreas expressivamente menores.

O modelo, também desenvolvido em três pavimentos, possui o 1º e o 2º pavimentos ocupados por salas de aula dispostas linearmente ao longo da circulação que se desenvolve junto à fachada principal. A circulação vertical é resolvida por escada e elevador. Entretanto, a direção da escola nos informou que o elevador nunca funcionou.

A tipologia do prédio permitiria que as salas de aula fossem resguardadas de incômodos ambientais tais como insolação e ruídos excessivos, visto que todas as salas são voltadas para apenas uma fachada. No entanto, as características do terreno não possibilitaram tal liberdade de implantação, conforme analisado mais adiante.



(a) Térreo de projeto



(b) Térreo existente

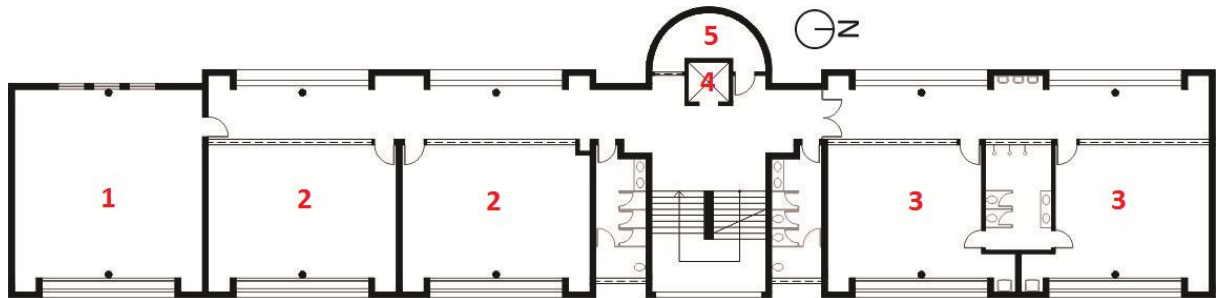
**Legenda de Ambientes:**

- |                         |                         |                      |
|-------------------------|-------------------------|----------------------|
| 1 – Casa do Zelador     | 6 – Refeitório          | 11 – Diretoria       |
| 2 – Despensa            | 7 – Elevador            | 12 – Recreio Coberto |
| 3 – Recepção da Cozinha | 8 – Casa de Máquinas    |                      |
| 4 – Depósito            | 9 – Sala de Professores |                      |
| 5 – Cozinha             | 10 – Secretaria         |                      |

**Legenda de Pisos:**

- |                             |
|-----------------------------|
| A – Cimentado camurçado     |
| B – Cerâmica antiderrapante |
| C – Grama esmeralda         |
| D – Placas de concreto      |
| E – Saibro                  |

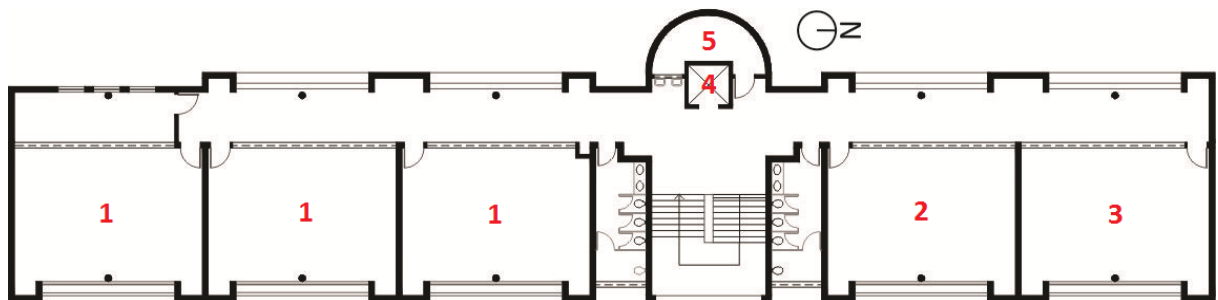
**Figura 128:** Térreo – Planta Baixa



**Legenda:**

- |                                   |              |
|-----------------------------------|--------------|
| 1 – Sala de aula / Reuniões       | 4 – Elevador |
| 2 – Sala de Aula (Ens.Fundam.)    | 5 – Depósito |
| 3 – Sala de Aula (Educ. Infantil) |              |

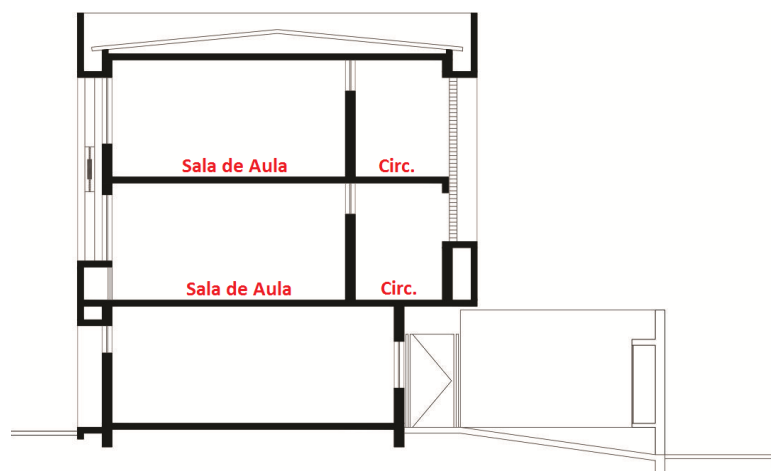
**Figura 129:** 1º Pavimento – Planta Baixa



**Legenda:**

- |                                |              |
|--------------------------------|--------------|
| 1 – Sala de Aula (Ens.Fundam.) | 4 – Elevador |
| 2 – Sala de Informática        | 5 – Depósito |
| 3 – Sala de Leitura            |              |

**Figura 130:** 2º Pavimento – Planta Baixa



**Figura 131:** Corte Esquemático

A busca pela permeabilidade da edificação ao vento e à luz natural ainda se faz notar, através das seguintes estratégias:

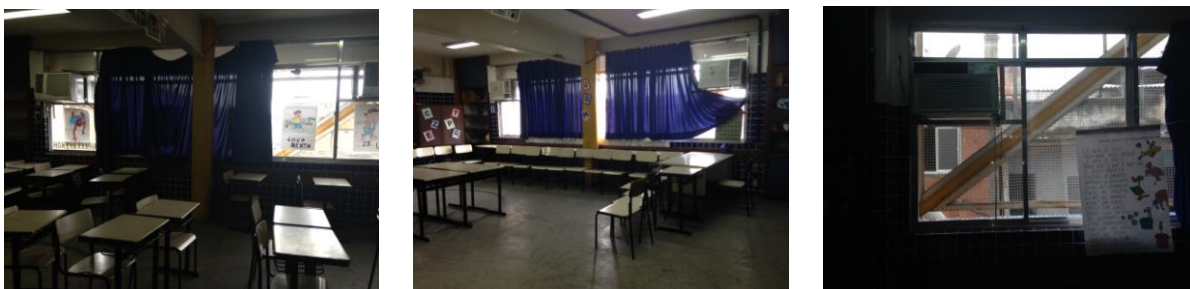
- ventilação cruzada nas salas de aula – janelas baixas na fachada e altas nas paredes opostas voltadas para a circulação;
- as circulações do 1º e do 2º pavimento possuem grandes aberturas voltadas para a fachada principal e preenchidas por elementos vazados de concreto e pequenos trechos em tijolos de vidro;
- Fechamento dos patamares da escada também em elementos vazados e tijolos de vidro.

A orientação do prédio é desfavorável à ventilação, visto que as fachadas mais extensas, onde estão localizadas as circulações ventiladas e as janelas de todas as salas de aula e salas de trabalho, não estão direcionadas para os ventos dominantes.

Quanto à insolação, pode-se dizer o mesmo, pois a fachada ocupada pelas salas de aula está voltada para Leste, recebendo radiação solar durante toda a manhã, o ano inteiro. A Figura 135 exemplifica tal situação no solstício de verão. Não há proteção para as aberturas. Todas as salas de aula estão climatizadas com aparelhos de janela e possuem cortinas de cor escura (Figura 132). O recurso de utilização das janelas como quadro mural, também aqui, é utilizado.

Mais uma vez se registra que ainda que houvesse elementos sombreadores dessa fachada posterior, tal orientação dificultaria o desempenho satisfatório das proteções, visto ser necessário considerar ângulos muito baixos de altura solar.





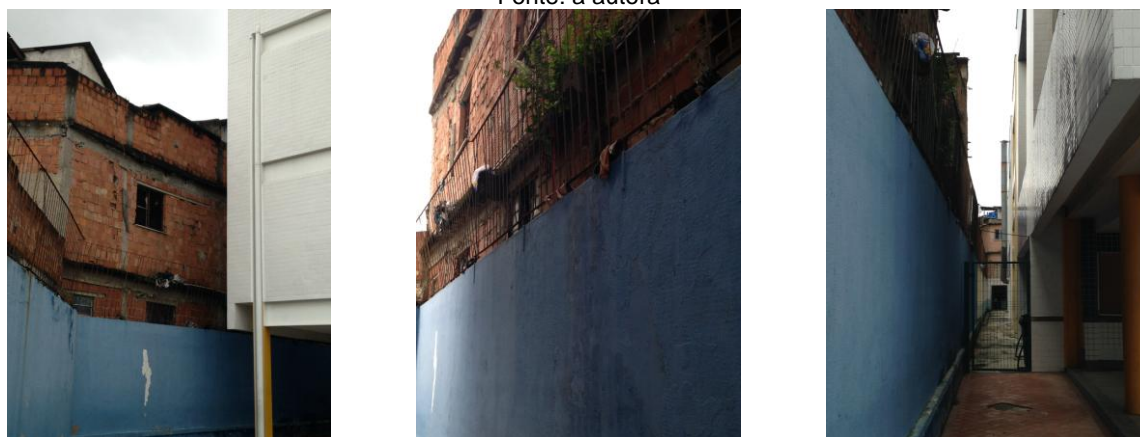
**Figura 132:** Salas de aula  
Fonte: a autora

A extrema proximidade da fachada posterior com as construções vizinhas é altamente desfavorável à ventilação e à privacidade da instituição (Figuras 133 e 134). Tal proximidade também é o motivo de esta ser a única fachada que apresenta dificuldade de acesso ao céu, principalmente no pavimento térreo.

Quanto à iluminação natural nas salas de aula, constata-se o recorrente problema: uma grande dependência da iluminação artificial. Isto durante todo o ano, ao menos no turno da manhã, pelo indispensável fechamento das cortinas.



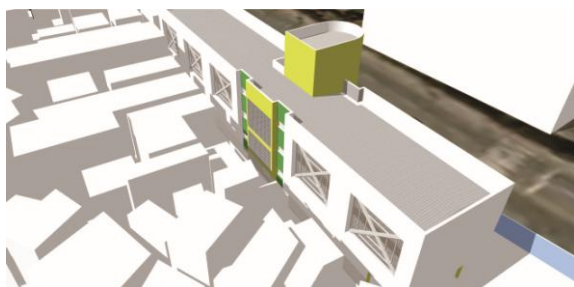
**Figura 133:** Vistas das salas de aula  
Fonte: a autora



**Figura 134:** Construções vizinhas  
Fonte: a autora

As circulações ventiladas por elementos vazados (cobogós) estão voltadas para a fachada Oeste, que recebe radiação solar durante toda a tarde o ano inteiro. Os cobogós cumprem satisfatoriamente a função de proteção contra esta radiação, exceto nas últimas horas do dia, quando os raios solares penetram intensamente, devido à pequena altura

solar, o que não chega a ser um problema por se tratarem de circulações. A Figura 136 exemplifica a situação apresentando o final de tarde no solstício de verão.



**Figura 135:**

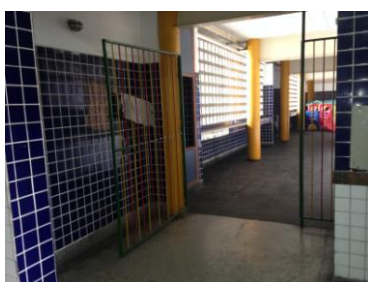
Fachada Leste - Sol das 9h no solstício de verão



**Figura 136:**

Fachada Oeste - Sol das 17h no solstício de verão

Fonte: estudos de Felipe Rohen realizados no *Sketch Up*



**Figura 137:** Circulações dos pavimentos superiores

Fonte: a autora

Mais uma vez se observa que a implantação desfavorável é decorrente da inadequação do prédio ao terreno. Isto pela impossibilidade de implantação do mesmo prédio, com orientação favorável, no espaço disponível. Acrescenta-se que, pelas exíguas dimensões do terreno, somente um projeto individualizado e destinado a uma instituição com capacidade de atendimento significativamente menor poderia ter ali um resultado satisfatório, sob este aspecto.

No tocante às condições acústicas, não há afastamentos ou superfícies acusticamente absorvedoras, tais como forrações e massas vegetais, que atenuem sequer minimamente os ruídos provenientes do entorno. No entanto, a circulação junto à fachada principal funciona como um espaço de transição e protege razoavelmente as salas de aula dos incômodos advindos da rua e do pátio escolar. Já na fachada posterior, a situação é crítica, pois estas mesmas salas estão totalmente vulneráveis a todos os ruídos oriundos das moradias que praticamente fazem o limite do terreno da escola.

### **O ambiente externo**

O espaço externo da instituição é extremamente precário. A área é insuficiente, o solo é completamente pavimentado e a vegetação existente se reduz a duas árvores já estabelecidas e alguns pequenos arbustos na jardineira junto ao acesso principal.

As inundações são frequentes na região. Segundo a direção da escola, a edificação anterior – demolida e substituída pelo prédio atual – era frequentemente invadida pelas águas. Consta-se que o projeto de substituição previu a execução de um aterro e certa elevação da cota de implantação do novo prédio. Na execução, esta cota foi ainda mais elevada, o que ocasionou modificações em ambos os acessos (Figuras 128, 138 e 139). Tal elevação diminuiu a frequência de inundações, mas não tem se mostrado suficiente para proteger a edificação efetivamente. Segundo a direção, o nível da água já ultrapassou em 20 cm a cota do piso interno. O histórico sugere não ter havido uma avaliação técnica apurada da hidrologia local e do sistema de escoamento de águas pluviais, embasando as decisões de projeto.

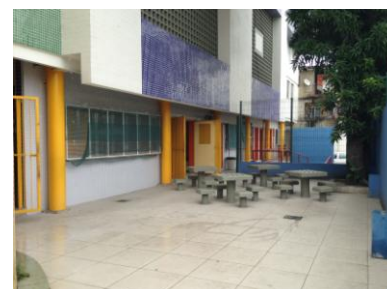
Além das alterações decorrentes da mudança do nível do terreno, constata-se que também o Parque Infantil e as áreas ajardinadas não chegaram a ser executados (Figuras 141 e 143). Os únicos brinquedos existentes estão localizados no fundo da circulação do 1º Pavimento, junto às salas de Educação Infantil.



**Figura 138:** Acesso de serviço e estacionamento  
Fonte: a autora



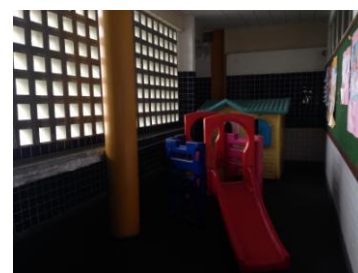
**Figura 139:** Acesso principal  
Fonte: a autora



**Figura 140:** Vivência  
Fonte: a autora



**Figura 141:** Pátio descoberto 1  
Fonte: a autora



**Figura 142:** Circulação do 1º Pav.  
Fonte: a autora





**Figura 143:** Pátio descoberto 2  
Fonte: a autora

As duas árvores do terreno – mangueiras com copas em formato bastante descaracterizado e reduzido - estão bem próximas uma à outra não chegando a oferecer sombreamento significativo no ambiente intitulado Vivência. A direção da instituição procura mantê-las podadas, pois conforme narrado, a escola sofre verdadeira depredação nos finais de semana, na época dos frutos.

Os vinte minutos de intervalo (no Ensino Fundamental) são dedicados à merenda. Após a utilização do refeitório, as turmas voltam para as salas de aula.

As aulas de Educação Física ocorrem no Recreio Coberto e nos Pátios Descobertos 1 e 2. Além disto, na instituição há cento e cinquenta crianças realizando atividades extraclasse no contraturno escolar pelo Programa Mais Educação<sup>164</sup>, com a utilização dos seguintes ambientes: Sala de Leitura, Sala de Informática e Vivência (espaço externo), sendo que neste último, sem proteção alguma contra o sol. Conforme nos foi informado, a direção solicitou à SME autorização para cobrir a área de Vivência e o Pátio Descoberto 2, porém a mesma não foi concedida.

Também segundo a direção, o muro frontal foi elevado com verba da instituição (Figura 143). A medida foi tomada a favor da privacidade, visto que as salas do pavimento térreo são acessadas pelo exterior do prédio, inclusive o sanitário dos professores.

Analisando a questão apenas sob o aspecto do conforto ambiental, entendemos que a cobertura pretendida para a área externa seria bastante prejudicial nos quesitos iluminação natural e ventilação, agravando-se ainda mais pela existência do muro.

---

<sup>164</sup> O Programa Mais Educação, instituído pela Portaria Interministerial nº 17/2007 e regulamentado pelo Decreto 7.083/10, constitui-se como estratégia do Ministério da Educação para induzir a ampliação da jornada escolar e a organização curricular na perspectiva da Educação Integral. As escolas das redes públicas de ensino estaduais, municipais e do Distrito Federal fazem a adesão ao Programa e, de acordo com o projeto educativo em curso, optam por desenvolver atividades nos macrocampos de acompanhamento pedagógico; educação ambiental; esporte e lazer; direitos humanos em educação; cultura e artes; cultura digital; promoção da saúde; comunicação e uso de mídias; investigação no campo das ciências da natureza e educação econômica (Fonte: [www.portal.mec.gov.br](http://www.portal.mec.gov.br)).



A observação realizada durante a visita à instituição sugere que a rotina escolar ocorre do gradil (que separa o acesso principal do Pátio descoberto 2) para dentro. Neste gradil há um portão que permanece trancado (Figura 128b). Assim, o Recreio Coberto e o Pátio Descoberto 1 funcionam como área de transição entre o espaço público da rua e o espaço efetivamente utilizado pelas crianças no dia a dia, o que precariza ainda mais um ambiente escolar já tão carente de áreas livres. Exceção se faz, como já visto, nas aulas de Educação Física e provavelmente em outras ocasiões específicas. Mais uma vez ressaltamos que nada se pode concluir sobre a rotina da instituição a partir dessa observação. Para a obtenção de qualquer conclusão, seria preciso uma investigação mais aprofundada.

A Taxa de Ocupação do terreno é 48% e o Coeficiente de Impermeabilização é aproximadamente 100%, visto que toda a área livre é cimentada, exceto por uma jardineira junto ao acesso principal. Estes índices só vêm ratificar a insuficiência e a precariedade da área externa.

## **6.5 Reflexões sobre a experiência**

Em duas das escolas analisadas - Sérgio Vieira de Mello e Noel Rosa - não foram identificados problemas devidos ao entorno próximo, relacionados com obstruções à ventilação e à incidência de luz natural. Embora nestes dois casos as densidades construtivas locais sejam altas, os impactos são mínimos, pois as ruas são largas, as alturas das construções são variadas e ambas as instituições têm localização privilegiada, pois uma delas está localizada em uma praça e outra num parque.

Esse tipo de entorno tem sido comumente encontrado nas escolas construídas segundo o projeto Escola Padrão, pois a maioria destes prédios está situada nas zonas Norte e Oeste. Assim, o entorno construído frequentemente tem a predominância de construções térreas ou sobrados. Por outro lado, onde há uma maior incidência de prédios altos, como na zona Oeste, os espaços não edificados ainda são significativos.

Os exemplos estudados também remetem a um dos problemas recorrentes nas escolas públicas cariocas: a disponibilização de terrenos para a construção através da subtração de áreas verdes e de lazer. Constata-se que várias outras instituições construídas no modelo Escola Padrão apresentam característica similar, conforme exemplificado na Figura 144.



E.M. São Vicente - Penha

E.M. Albert Sabin – Vila da Penha

E.M. Max Feiuss - Pavuna

**Figura 144:** Escola Padrão – Alguns exemplos de construção em praças

Fonte: *Google Earth* em 25/11/2015

Para as duas escolas já citadas acima (Sérgio Vieira de Mello e Noel Rosa), os ruídos do entorno são basicamente devidos ao trânsito, sendo ambas vulneráveis, em decorrência do pouco distanciamento entre as construções e as ruas. Acrescenta-se que a E.M. Noel Rosa é beneficiada com alguma atenuação decorrente da vegetação local.

Quanto à terceira escola - Albino Souza Cruz - esta sofre a ação de diversos impactos negativos causados pelo entorno. As interferências se acentuam porque a instituição está situada em região muito quente, com grande densidade construtiva, carência de áreas verdes e, principalmente, pela exiguidade de seu terreno, impossibilitando que através de decisões de projeto (tais como orientação favorável, afastamentos e plantio de vegetação), tal entorno seja amenizado.

Ressalta-se que a permeabilidade aos ventos e à luz natural são dois pontos positivos encontrados nesse modelo padronizado. Mas, por outro lado, as implantações resultaram em orientações desfavoráveis nas três escolas analisadas. Os ventos dominantes não são utilizados para propiciar a ventilação cruzada e as fachadas mais extensas, para onde estão voltadas as salas de aula, encontram-se expostas à intensa radiação solar. Em todos os casos, a má orientação decorre da inadequação do prédio ao terreno, visto que não seria possível implantar estas construções, com orientações favoráveis, nos espaços disponíveis.

Há ainda o significativo aumento do aquecimento dos prédios, devido às más orientações das fachadas mais extensas que propiciam maiores níveis de incidência solar. Quanto à radiação que adentra os edifícios através das aberturas, entende-se que não bastaria a utilização de brises para resolver a questão, pois estes seriam ineficientes nas fachadas consideradas, sob o risco de comprometerem iluminação e ventilação naturais.

Importa considerar que o sombreamento é uma das principais estratégias de conforto indicadas para a cidade do Rio de Janeiro, onde é requerido em 89,5% das horas do ano no

período diurno, segundo a Carta Bioclimática gerada pelo programa Analysis-BIO (LAMBERTS et al., p. 111, 2014).

Assim, em decorrência da intensa radiação solar recebida pelos prédios, é farta a utilização nos ambientes interiores de elementos sombreadores dispostos pelos usuários, tais como: cortinas, persianas e papéis colados nos vidros das janelas. O que é de todo indesejado num bom projeto de arquitetura.

As formas predefinidas da edificação restringem significativamente a sua liberdade de implantação. Quando se trata de um único volume e, conseqüentemente, com grandes dimensões, a restrição se torna extremada.

A tipologia arquitetônica compacta é uma característica dominante no projeto Escola Padrão. Há coerência nesta opção sob aspectos tais como economia e maior facilidade de adequação dimensional a terrenos menores. No entanto, a tipologia limita o uso da setorização como estratégia de projeto em benefício do conforto acústico, pois o 1º e o 2º pavimentos possuem praticamente todo o perímetro tomado por salas de aula. Assim, é possível tirar partido da setorização com relação à organização espacial vertical, onde as salas de aula localizadas nos pavimentos superiores estão a certa distância de fontes de ruído interno tais como o Refeitório e o Recreio Coberto (ainda que o modelo dotado de rampa sofra certo prejuízo pela reflexão dos sons através dos pavimentos). Porém, fica mais difícil proteger estas mesmas salas dos ruídos externos, pois elas estão em praticamente toda a volta do único prédio que compõe a instituição.

O modelo “8 salas compacta linear”, de tipologia pavilhonar, implantado na Escola Albino Souza Cruz oferece mais flexibilidade nesse sentido, visto que todas as salas de aula estão voltadas para apenas uma fachada. Entretanto, mais uma vez pelas características do terreno, neste caso suas exíguas dimensões, esta fachada se tornou a mais prejudicada do prédio, pois as salas estão totalmente vulneráveis a todos os ruídos oriundos das moradias que praticamente faceiam o limite do terreno da escola.

A análise das escolas demonstra que a recomendação do IBAM (1996) de que a Taxa de Ocupação do terreno fique em torno de 33% é pertinente. No entanto, observa-se que, por vezes, esta taxa é em muito superada, como na Escola Albino Souza Cruz, tornando precário o ambiente externo da instituição.

Além disso, nem sempre as áreas encontram-se adequadamente distribuídas pelos ambientes externos. Como exemplo, o estacionamento da Escola Sérgio Vieira de Mello que possui área excessiva, enquanto o espaço destinado ao Pátio Descoberto é insuficiente<sup>165</sup>.

A única escola avaliada a apresentar sombreamento da área externa satisfatório, é a Escola Noel Rosa, as demais instituições demonstram enorme carência neste quesito, ao menos nas áreas destinadas para os alunos.

Observa-se que a desvalorização do ambiente externo se dá em diversos níveis: na seleção de terrenos inadequados ao projeto implantado, na simplificação do projeto referente a essas áreas livres, na etapa de construção, na falta de manutenção e, por fim, na subutilização desses espaços.

Por tudo o que já foi visto, constata-se que a insuficiência de área no terreno, assim como a forma e a topografia inadequadas à implantação do projeto em questão, traz sérios problemas não só de conforto, mas também de utilização das áreas livres da instituição. A Escola Albino Souza Cruz representa o exemplo mais significativo de tal situação crítica relacionada às dimensões do terreno.

A simplificação do projeto arquitetônico/paisagístico, no que tange ao ambiente externo, também é uma realidade. Vários são os motivos considerados como possíveis causas para esta limitação, tais como: (1) espaço insuficiente para comportar um projeto mais elaborado; (2) questões orçamentárias; (3) caráter de urgência na entrega das obras; (4) conhecimento de que há impossibilidade de serviços para a manutenção dos jardins.

Por vezes, a execução da obra também é responsável pela desqualificação das áreas externas, com a realização de soluções discordantes do projeto vigente e/ou deixando de realizar serviços já especificados.

A falta de manutenção dos jardins é uma das principais causas da precariedade dos ambientes externos nas escolas da cidade, visto que estes exigem, ao menos, manutenções periódicas<sup>166</sup>. Ressalta-se que a vegetação é indispensável para se dispor de ambiências externas agradáveis, especialmente no clima tropical úmido.

O uso e a apropriação desses espaços pelas crianças dependem, sim, da qualidade do espaço oferecido, mas não estão restritos a esta condição. Também é fundamental a

---

<sup>165</sup> A questão é recorrente, pois em APO realizada por Páscoa (2008) numa escola também construída segundo o modelo Escola Padrão, a pesquisadora observou que a área de estacionamento da instituição era excessiva, e apresentou, como uma das sugestões de melhoria para a escola, a redução do estacionamento e o reaproveitamento da área remanescente para atividades recreativas.

<sup>166</sup> A manutenção dos jardins inclui basicamente os seguintes serviços: adubação, testes e correção de solo (se necessário), poda (de formação, de limpeza, de emergência e de adequação), rega, manutenção de tutores e proteções, substituição de espécies não adaptadas e replantio de espécies que o exigem.

visão da direção e do corpo docente da instituição acerca da importância do espaço externo sob os seguintes aspectos: (1) a riqueza de possibilidades oferecida por este espaço na condição de ambiente de extensão das salas de aula; (2) a vocação das áreas livres para abrigar atividades de recreação, exploração, convívio e socialização, tão essenciais ao desenvolvimento infantil.

Considera-se que a carência de inspetores escolares também contribui para a subutilização do ambiente externo<sup>167</sup>.

O fechamento do terreno representa uma questão controversa. A solução usual de projeto tem sido utilizar gradil na testada do terreno e muro apenas nas divisas laterais e de fundo. Tal opção apresenta inúmeras vantagens, tais como: incremento à ventilação, visibilidade da instituição e integração com o entorno. Por outro lado, a segurança é essencial. Ocorre que, em escolas construídas em praças, essa condição torna o espaço da instituição totalmente devassado e de fácil intercâmbio com os passantes. A situação é agravada pela insuficiência de área livre e pela inexistência de vegetação, impossibilitando a criação de barreira natural, que poderia funcionar como espaço de transição entre o ambiente utilizado pelas crianças e o passeio público.

Instituições implantadas em terrenos com apenas uma testada também podem apresentar o problema, ainda que em menores proporções. Caso o pátio descoberto seja frontal à edificação, a insuficiência de área livre determinará que o mesmo esteja lado a lado com o passeio público, tendo como separação apenas um gradil.

A frequência com que se observam escolas mais antigas com muros e portões indevassáveis, geralmente instalados por iniciativa da própria direção, está fundamentada na questão da segurança, não apenas em função dos horários em que a escola está fechada, mas principalmente, para proteção dos alunos durante o horário de funcionamento.

Espaços externos com áreas mais generosas, projetos arquitetônicos / paisagísticos mais elaborados, fluxos bem definidos e efetiva utilização de vegetação e elementos simples tais como canteiros e cercas protetoras, permitiriam a criação de espaços de transição, a delimitação de ambientes variados e a setorização, também dos ambientes externos. Neste

---

<sup>167</sup> Essa impressão é coerente com a pesquisa de Martins (2013) que, em três estudos de caso de pátios de escolas públicas desta cidade, constatou que a figura do inspetor era rara ou mesmo inexistente. Para a pesquisadora, tal deficiência representa um elemento modificador do comportamento dos usuários, que podem passar a agir como se para esse ambiente não houvesse regras de conduta. A autora exemplifica os problemas referentes à questão e observados nas escolas, através de alguns relatos. Em uma das instituições “foi observado que objetos não identificados são passados do lado de fora dos muros para dentro da escola” sem que haja funcionário para impedir o ato. Em outro caso, é difícil o controle e a diferenciação entre os “alunos que estão na hora de intervalo e possuem permissão para usar o pátio e os alunos que saem das salas de aula em momentos inapropriados e se misturam com os que estão no intervalo” (MARTINS, p. 102, 2013).

caso, ainda se poderia contar com mais uma estratégia de projeto: a variedade de fechamentos, intercalando gradil e muro, conforme as necessidades de cada setor.

Os materiais utilizados no ambiente externo apresentam comportamento térmico intermediário, sendo que a cobertura vegetal de parte da área livre poderia proporcionar um incremento significativo nas condições de conforto. Nas escolas analisadas, os coeficientes de impermeabilização apresentam-se com valores bastante satisfatórios, exceto na Escola Albino Souza Cruz, cuja área do terreno é 100% impermeável.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conceito de qualidade ambiental no ambiente construído abrange uma variedade de aspectos e se insere no amplo tema da sustentabilidade nas edificações. Ao ser abordada a questão da qualidade ambiental nas escolas públicas de ensino fundamental da cidade do Rio de Janeiro, apesar de reconhecer a importância do amplo espectro de problemas envolvidos, foram tratados pontos relacionados com o conforto ambiental, por considerar que tais condições apresentam relação direta com a eficácia do processo educativo, e com possíveis implicações na eficiência energética dos prédios.

Considera-se ainda que o conforto seja necessário não apenas nos ambientes internos, mas também nos espaços externos e que estas são áreas essenciais ao pleno desenvolvimento infantil devendo, portanto, ser valorizadas na instituição escolar.

O histórico da Rede Pública estudada e a análise crítica desenvolvida ao longo deste trabalho estabelecem um panorama sobre os problemas que vêm se perpetuando através de sucessivos programas destinados à construção de escolas. Considerando o foco desta pesquisa podemos destacar os seguintes pontos:

- A padronização dos projetos;
- A carência de terrenos disponíveis e as soluções adotadas em busca de amenizar tal problema: utilização de praças públicas e parques; ampliações, frequentes e excessivas, que descaracterizam completamente a implantação original, comprometendo profundamente o desempenho do conjunto; a verticalização da construção, chegando ao extremo de implantar a quadra esportiva na cobertura da edificação;
- Os graves problemas de implantação, em função da necessidade de adequação de projetos pré-concebidos aos terrenos disponíveis;
- A precariedade das áreas livres.

A investigação sobre o processo de projeto das escolas evidenciou a enorme importância da etapa de planejamento, por este ser o momento ideal para a integração dos aspectos de qualidade ambiental no processo, e também pela constatação de que há uma série de restrições impostas ao projeto, em grande parte de cunho político e econômico, que contribuem para um mau desempenho destas escolas.

Por vezes, elementos previstos em projeto são eliminados na obra em função da redução de custos, como os brises para sombreamento nas janelas, por exemplo. Em outros casos, por saberem o quão esporádica é a manutenção, os projetistas nem chegam a adotar estratégias de projeto necessárias, procurando evitar materiais e sistemas – tais como forros



acústicos – que, caso não sofram manutenção, poderão oferecer risco à segurança dos usuários.

Dessa forma, janelas são desprovidas de brises, salas de aula não recebem forro acústico, terrenos inadequados são utilizados, praças e áreas verdes são subtraídas, onde caberia uma unidade escolar são implantadas duas, e assim por diante. Sendo que todas estas decisões estão fora do alcance dos profissionais responsáveis pela concepção dos projetos.

**Enfatiza-se que para garantir que as questões ambientais sejam tratadas na etapa de concepção, estas já devem constar dos valores prioritários de projeto, definidos na fase de planejamento.**

Contudo, neste trabalho foi identificada a simplificação que vem sofrendo a fase de planejamento para as escolas públicas do Rio de Janeiro. Parece não estar havendo oportunidade para o adequado delineamento do empreendimento, que é essencial nesta etapa. Observa-se o exíguo espaço dado à análise e ao debate acerca de inovações, revisão de valores, metas de desempenho, exigências, recomendações e restrições, no que se refere ao ambiente construído propriamente dito.

De um lado temos a SME, que desempenharia o papel da Contratante, mas que não possui equipe técnica (arquitetos e engenheiros) para desenvolver ou supervisionar a elaboração de uma consistente documentação que norteie o empreendimento, como o programa de necessidades e o caderno de encargos ambientais. Do outro lado, a RioUrbe, que desempenharia o papel da Contratada, cuja equipe técnica se mantém absorta em atividades de concepção e construção, perseguindo o cumprimento de prazos.

Assim, não se pôde identificar a quem ficaria a atribuição de reconhecer, analisar, debater, rejeitar, aceitar e priorizar valores tais como: interação da edificação com seus usuários e com o processo pedagógico, inovação no espaço educacional, eficiência funcional, promoção de saúde e conforto aos usuários, relação harmoniosa com o entorno, segurança, uso consciente de recursos, minimização de emissões poluentes e redução de custos, todos inerentes ao planejamento do ambiente construído.

O delineamento do empreendimento reveste-se de ainda mais importância e complexidade quando o objetivo é o de desenvolver um projeto padronizado. Sem que a inter-relação da edificação a ser construída com o possível terreno de implantação seja abrangentemente considerada, tal empreendimento seguramente apresentará deficiências. Afinal, é justamente a adequação desse tipo de projeto a sítios diversos, que se mostra como uma das maiores fragilidades desse processo.

Quanto à escolha dos terrenos, são notórios os esforços para utilização de áreas pertencentes ao município. Este chega a ser um dos critérios para a seleção das regiões que serão prioritariamente atendidas na construção de escolas. A “disponibilidade” frequentemente é constatada em praças e parques públicos que, então, sofrem a redução de suas áreas. Ocorre, inclusive, que tal espaço público vai sendo, pouco a pouco, subtraído, até que deixe totalmente de cumprir sua função, como ocorreu com a Praça Nossa Sra. Auxiliadora, no Leblon. A condição de propriedade do terreno pelo município, certamente evita uma série de entraves e agiliza significativamente um programa de caráter emergencial. Fica o questionamento: até quando as escolas públicas da cidade serão construídas apenas em caráter emergencial?

Há ainda a legislação vigente (Decreto Municipal 322/1976), que determina como condição para o licenciamento de construção de grupamento de edificações residenciais, a doação ao município de um lote destinado a equipamento urbano comunitário público. O decreto é responsável por parcela significativa de terrenos com apenas 2.000m<sup>2</sup> disponíveis para a construção de escolas, sendo esta área frequentemente insuficiente para comportar o programa ali implantado.

Por outro lado, grandes intervenções urbanas representam valiosas e raras oportunidades para a destinação adequada, desde a fase inicial do projeto, de terrenos para a instalação de equipamentos urbanos prioritários, como é o caso das instituições educacionais públicas. Uma oportunidade recente corresponde à Operação Urbana Consorciada da Região do Porto do Rio de Janeiro. No entanto, apesar do tanto que o projeto e as obras já haviam avançado no ano de 2014, época em que solicitamos informações à SME sobre o assunto, ainda não havia terrenos definidos para a implantação de unidades escolares<sup>168</sup>.

A seleção dos terrenos envolve diversos órgãos e secretarias. A análise da viabilidade física de implantação do projeto na área disponível é feita pelo Setor de Projeto da RioUrbe, não lhe cabendo decisões políticas e urbanísticas. Na vistoria dos terrenos, é utilizado o “Relatório de Vistoria de Terreno para Construção de Unidade Escolar” elaborado pelo FNDE, que consideramos de abrangência insuficiente. Por este motivo, o presente trabalho propõe uma lista de verificação mais ampla, de modo a colaborar no processo de diagnóstico físico-climático do sítio. Isto por ter em conta que o amplo entendimento do contexto no qual o projeto se insere é fundamental tanto na fase de planejamento, para a elaboração do programa de necessidades/caderno de encargos ambientais e para a escolha do sítio de implantação; quanto no início da concepção do projeto.

---

<sup>168</sup> Para maiores detalhes, ver página 53.

Para atender aos requisitos de conforto ambiental no clima tropical úmido, o primeiro desafio a ser enfrentado, certamente é o do conforto higrotérmico. Uma diretriz básica é a definição prévia, em função do estudo do clima e da ocupação, da forma de condicionamento de ar da edificação. Considerando o contexto atual, julga-se que a melhor solução para obtenção de conforto térmico nas escolas estudadas é a utilização de um sistema misto, onde a climatização natural somente deve dar lugar à artificial nos momentos de maior rigor climático.

Desse modo, a rede pública escolar da cidade tem necessidades que requerem soluções relacionadas a um bom projeto de arquitetura com viés bioclimático. Aqui, o grande desafio no âmbito da eficiência energética consiste, portanto, em garantir, via escolhas projetuais, um ambiente interno o mais ameno possível durante o período de ocupação, de forma a retardar, ou mesmo evitar, que seja acionada a climatização artificial.

No entanto, cabe destacar que as condições de conforto e o desempenho energético da edificação não dependem exclusivamente das características da mesma e de sua interação com o clima e com o entorno. O usuário tem participação decisiva, e suas ações podem chegar a anular os resultados de todo um conjunto de estratégias projetuais cuidadosamente estudado. Por este motivo, os programas voltados para a conscientização da comunidade escolar são essenciais. Consta-se que há muitas atitudes que precisam ser modificadas e que, talvez, a conscientização e a implementação de novos hábitos na rotina do corpo docente e dos funcionários da escola demandem ainda mais esforço do que o trabalho a ser realizado com os alunos. Neste sentido, o PROCEL GEM – Núcleo de Gestão Energética Municipal<sup>169</sup> pode ser um bom aliado.

Com base no suporte teórico estabelecido, foi possível definir as principais estratégias de projeto para edificações escolares com climatização natural (e eventualmente artificial) localizadas no clima tropical úmido. Em seguida, delas se extraiu os quesitos arquitetônicos que devem ser observados na fase de concepção e estes foram agrupados segundo a relação de cada um com os seguintes focos específicos: (1) a elaboração do plano de massas; (2) o detalhamento da edificação; (3) o tratamento dado ao ambiente externo.

Considerando o recorte deste trabalho, onde se procura examinar os requisitos pertinentes à seleção do terreno para a implantação da edificação escolar, a atenção voltou-

---

<sup>169</sup> O Núcleo atua com o objetivo de colaborar com o administrador municipal na gestão e uso eficiente de energia elétrica nos centros consumidores pertencentes às Prefeituras. A GEM pode ser implementada no município por meio de metodologias e produtos tais como: treinamento, troca de experiências, formação de Agentes Municipais de Eficiência Energética e elaboração de Planos Municipais de Gestão de Energia Elétrica. Fonte: <http://www.procelinfo.com.br/>

se para o primeiro e o terceiro grupos de quesitos, aqueles relacionados ao plano de massas e ao ambiente externo, denominando-os como referenciais.

A seguir, passou-se a tratar das estratégias conceituais para a arquitetura escolar, com ênfase na adequação da edificação ao sítio/terreno, através da proposição de um abrangente relatório de vistoria dos terrenos passíveis de utilização e da apresentação de recomendações – relativas aos quesitos referenciais - para auxílio ao processo projetual das instituições localizadas no clima tropical úmido.

Também à luz desses quesitos referenciais relacionados ao plano de massas e ao ambiente externo, foram realizadas análises das condições ambientais de três escolas recentemente construídas pela Prefeitura do Rio de Janeiro, através de um mesmo projeto padronizado.

Com base no suporte teórico construído e nas análises críticas realizadas, incluindo os diagnósticos referentes à pesquisa de campo, algumas considerações podem ser apresentadas.

A maioria das escolas construídas na atualidade<sup>170</sup> não tem apresentado problemas relacionados com obstruções à ventilação e à incidência de luz natural, devido ao entorno próximo. Isto ocorre pela predominância das novas escolas nas zonas Norte e Oeste, onde a maior parte das construções é baixa ou os espaços não edificados ainda são significativos. Não se pode deixar de destacar que tais condições propícias frequentemente também têm sido decorrentes da construção de escolas em praças e parques.

Quanto aos ruídos do entorno, caso sejam mais intensos em função do trânsito, não se observa amenização decorrente da implantação e do tratamento dado ao espaço externo, visto que os afastamentos são pequenos e só há vegetação significativa em caso de condições pré-existentes.

A grande inadequação das implantações, nas três instituições analisadas, refere-se à orientação dos prédios. Não se tira partido dos ventos dominantes e as fachadas mais extensas sofrem as maiores incidências de radiação solar. Em todos os casos, a orientação desfavorável é decorrente da inadequação do prédio ao terreno, visto que não seria possível implantar a mesma construção, com orientação favorável, no espaço disponível.

As dificuldades de implantação observadas evidenciam a necessidade de modelos arquitetônicos que possibilitem grande versatilidade quanto à organização espacial. O modelo pavilhonar e o compacto, tipologias mais frequentemente utilizadas em projetos

---

<sup>170</sup> A observação relativa ao projeto Escola Padrão também pode ser estendida às edificações atualmente em construção pertencentes ao Programa Fábrica de Escolas Governador Leonel Brizola, o que pode ser observado na Figura 30 (p.83).

padronizados, não têm sido satisfatórios neste sentido. Modelos pavilhonares caracterizam-se por extensas dimensões longitudinais que, em grande parte dos casos, definem a implantação do prédio, eliminando a liberdade de decisão do arquiteto em busca de uma melhor orientação. Mesmo os modelos compactos, que tendem a apresentar maior facilidade de adequação dimensional a terrenos menores, podem resultar em prédios de dimensões significativas que também restringem a liberdade do projetista na implantação.

Tais observações demonstram que as formas predefinidas do prédio restringem significativamente a sua liberdade de implantação. Quando se trata de um único volume e conseqüentemente, com grandes dimensões, a restrição se torna extremada.

Ainda que as soluções arquitetônicas adotadas em projetos padronizados correspondam ao necessário para a obtenção do conforto ambiental em dada orientação, uma outra orientação inadequada pode restringir, ou até mesmo impedir, a obtenção dos resultados esperados.

**Tais constatações comprovam a hipótese levantada nesta pesquisa de que os terrenos utilizados para a construção das escolas públicas da cidade do Rio de Janeiro frequentemente se revelam inadequados, sob o aspecto do conforto ambiental, aos projetos padronizados neles implantados.**

Fica evidenciado que a volumetria do prédio precisa estar em consonância com as condições oferecidas pelo clima, pelo terreno e pelo entorno, também com as características e as necessidades dos usuários locais. Portanto, é o projeto que deve se adequar ao sítio, e não o contrário. Reafirma-se ainda que cada contexto é único, exigindo, assim, resposta individualizada. **O presente trabalho é enfático na recomendação de que cada instituição escolar seja projetada individualmente.**

Por outro lado, a padronização apresenta vantagens inegáveis, tais como uma possível melhor qualidade na execução; redução de prazos, custos e consumo de recursos; facilidade de gerenciamento e manutenção. A tentativa de aproveitamento destas vantagens, sem causar a variedade de impactos negativos ao desempenho da edificação aqui constatada, aponta para dois caminhos: (1) a substituição do projeto padronizado pela adoção de um sistema construtivo padronizado; (2) a adoção de projeto padronizado composto por um conjunto de blocos articuláveis.

Nenhum dos caminhos apontados representa inovação, tampouco faz jus ao contexto único de cada instituição. Entretanto, o estudo da problemática apresentada sugere que, ainda que os resultados obtidos estejam longe de um ideal, certamente podem ser melhores do que os produzidos atualmente.

A análise crítica de experiências anteriores pode trazer valiosos subsídios para a adoção de uma prática diferente da atualmente utilizada, devendo-se tirar amplo partido deste recurso.

A adoção de um sistema construtivo padronizado apresenta a vantagem de permitir certa liberdade na concepção de cada projeto. Em São Paulo, o projeto padronizado foi substituído por este modelo, que corresponde à atual prática estadual. No entanto, a FDE – Fundação para o Desenvolvimento da Educação ainda enfrenta grandes dificuldades para alcançar a qualidade desejada<sup>171</sup>.

Considerando que uma das críticas ao sistema construtivo FDE se refere justamente à falta de liberdade imposta pelas técnicas construtivas fechadas, entende-se que o sistema mereceria uma cuidadosa análise, visto que, caso o cerceamento causado seja grande, a troca do projeto padronizado pelo sistema construtivo padronizado não teria alcançado seus objetivos. No entanto, ainda que o fato se comprove, este não depõe contra a utilização de sistemas padronizados, mas sim contra um sistema específico, que estaria necessitando de revisão.

Também é preciso atentar para o fato de que outra crítica às condições oferecidas pela FDE para o projeto de escolas é referente aos graves problemas dos terrenos selecionados, o que demonstra que, também naquela cidade, os critérios utilizados para seleção são insatisfatórios e que os terrenos inadequados continuam criando problemas na qualidade destas escolas.

O projeto padronizado composto por um conjunto de blocos articuláveis, também pode apresentar vantagem quanto à maior liberdade de implantação. As Escolas Convencionais Moduladas (figura 22, p.45) construídas pelo governo estadual do Rio de Janeiro, foram concebidas segundo um projeto que pode assim ser classificado, visto ter sido possível articular os blocos de acordo com as condições do terreno. Espera-se que tal característica transforme este projeto – assim como similares<sup>172</sup> – em fontes de inspiração para novas discussões e estudos acerca de projetos padronizados.

---

<sup>171</sup> Talvez isso esteja ocorrendo pelos motivos levantados por Deliberador (2010) através das entrevistas realizadas com alguns arquitetos autores: compatibilização de custos; rigidez no programa de necessidades; técnicas construtivas fechadas e implantação em terrenos com graves problemas.

<sup>172</sup> Os projetos padronizados disponibilizados pelo FNDE - Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação para a construção de escolas em todo o país, também representam exemplos de projetos compostos por conjuntos de blocos articuláveis. “A difusão de padrões construtivos capazes de melhorar a qualidade do espaço educativo resultou na disseminação de projetos padronizados das mais variadas tipologias construtivas, gerando escolas urbanas, rurais e indígenas, de uma a doze salas de aula, além de modelos voltados para a educação infantil” (Fonte: <http://www.fnnde.gov.br/>). Tomando como exemplo o modelo “Espaço Educativo Urbano 12 Salas de Aula”, observa-se que o mesmo é formado por oito blocos distintos que se interligam através de passarelas modulares. Trata-se de um projeto muito simples e de construção econômica, concebido em apenas um pavimento, com padrão construtivo bastante inferior ao atualmente praticado na cidade do Rio de Janeiro. Não se

Os projetos compostos por blocos articuláveis remetem à tipologia por agrupamento, que tende a concentrar por grupos certas áreas diferenciadas. O sistema facilita a setorização e permite – de acordo com a necessidade – a aproximação ou o distanciamento entre os setores da escola. Tal tipologia conduz a organizações espaciais mais orgânicas e humanizadas<sup>173</sup>.

A tipologia por agrupamento contribui para que, também nos ambientes externos, haja maior facilidade para a delimitação de áreas e para a setorização, gerando pátios principais e secundários, estes mais aconchegantes e com menores jardins. A dinâmica da volumetria facilita a obtenção de áreas sombreadas pelas próprias edificações, auxiliando na proteção de pessoas e plantas. A variedade de ambientes gerados permite que os mesmos sejam utilizados de formas distintas, em atividades ativas ou contemplativas.

A desvalorização do ambiente externo tem se dado em diversos níveis: (1) na seleção de terrenos inadequados ao projeto implantado; (2) na simplificação do projeto arquitetônico/ paisagístico; (3) na etapa de construção, com execução de soluções discordantes do projeto; (4) na falta de manutenção dos jardins; (5) na subutilização destes espaços.

Tal situação precisa ser revertida, considerando que o uso e a apropriação das áreas livres são essenciais ao pleno desenvolvimento infantil e que o tratamento dado a estes espaços não apenas é um forte determinante do nível de conforto ali obtido, como contribui significativamente para o conforto usufruído nos ambientes internos.

Para a continuidade da pesquisa, destaca-se a possibilidade de extensão do tema estudado. Assim, diversos desdobramentos podem ser admitidos, como por exemplo:

- a análise específica das questões de acústica, iluminação natural ou ventilação, através de simulações computacionais para avaliação de projetos ou de edificações existentes;

---

pretende, aqui, sugerir sua utilização. Importa observar a linha de concepção adotada, onde blocos padronizados podem ser dispostos das mais diversas formas, compondo os mais variados arranjos. Além dos projetos de prédios, quadras e passarelas de interligação, o FNDE também apresenta uma sugestão de implantação. Cabe frisar nossa discordância quando à proposição de exíguas distâncias entre prédios. Considera-se que tal implantação deveria ser reavaliada.

<sup>173</sup> A arquitetura humanizada está ligada “à ideia de propiciar felicidade ao homem pela experiência espacial de qualidade” (KOWALTOWSKI, p. 164, 2011). A autora cita Christopher Alexander e Robert Sommer como defensores desta tendência, e acrescenta:

[...] teria qualidades que enfatizariam a necessidade humana, com edifícios de pequeno porte, muita vegetação, variações e ordem espacial, possibilidade de manipulação pelos usuários, harmonia de cores e ornamentação, uso de materiais menos duros, desgaste lento, com manutenção e cuidados adequados. (KOWALTOWSKI, p. 166, 2011).

- a inclusão do olhar do usuário, com a realização de Avaliações Pós-Ocupação focadas no conforto ambiental das instituições e balizadas pelos quesitos destacados como referenciais neste trabalho;
- o desenvolvimento de uma metodologia de análise do sítio de implantação e de elaboração do plano de massas baseada nos instrumentos aqui apresentados.

Também os modelos arquitetônicos podem variar. Sugere-se o estudo das escolas atualmente em construção, referentes ao Programa Fábrica de Escolas do Amanhã Governador Brizola, cujas várias unidades já se encontram em utilização.

A pesquisa acerca das soluções encontradas para a construção de escolas em outras grandes capitais brasileiras se mostra muito pertinente para, quem sabe, ajudar a derrubar a crença de que quando se necessita construir um número significativo de unidades, a melhor saída é a padronização excessiva.

Os caminhos apontados como possíveis alternativas para a utilização de alguma padronização com melhores níveis de conforto ambiental que os obtidos atualmente, carecem de investigação. Assim, o sistema construtivo padronizado poderia ser analisado através de estudos de casos, tais como o sistema FDE ou outros. Também a pesquisa quanto a um sistema construtivo padronizado adequado ao contexto das escolas do Rio de Janeiro se mostra apropriada. Sugere-se, caso a opção envolva peças pré-moldadas de concreto ou perfis metálicos, que sejam utilizados componentes do mercado, em prol do funcionamento do sistema independentemente de decisões políticas.

A tipologia por agrupamento e os projetos padronizados compostos por conjuntos de blocos articuláveis oferecem boas oportunidades de pesquisa. Na mesma linha, o estudo de escolas construídas pelo Brasil com base no projeto FNDE, podem fornecer interessantes resultados.

Por fim, cabe mais uma vez ressaltar que são raras as pesquisas realizadas nos últimos anos relacionadas com o conforto ambiental ou com o processo de projeto nas escolas da cidade do Rio de Janeiro, o que demonstra que ainda há muito a ser pesquisado.



## BIBLIOGRAFIA

AICE – Asociación Internacional de Ciudades Educadoras. <<http://www.edcities.org/>> Acesso em fev. 2015

ALLARD, F. **Natural Ventilation in Buildings: a Design Handbook**. London: James&James Science Publishers, 1998.

ALUCCI, M. P. **TAO: uma metodologia para implantação de edificação – Ênfase no desempenho térmico, acústico, luminoso e energético**. Tese de Livre-Docência. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2007.

ALVES, S. A.; KOWALTOWSKI, D.C.C.K.; SILVA, M.E.S.; RAFACHO, A.M.; SORRIGOTO, R.E. **Comparação entre a configuração das janelas em resposta à luz natural em sala de aula**. In: XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Fortaleza: ENTAC - Anais, 2008.

AMORIM, C.N.D. (ORG.) **Diagrama Morfológico Partes I e II**. PARANOÁ: Cadernos de Arquitetura e Urbanismo. ano 6, n.3, Brasília, FAU/UnB, 2007.

ARAÚJO, A. P. R. **O conforto ambiental no planejamento da qualidade dos ambientes escolares: estudo de caso da Escola Sacre-Coeur de Marie**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura. Rio de Janeiro: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1999.

ASHRAE. **Fundamentals Handbook**. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6492 – Representação de projetos de arquitetura**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

\_\_\_\_\_. **NBR 15220-3 – Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13531: elaboração de projetos de edificações: atividades técnicas**. Rio de Janeiro: ABNT, 1995a.

\_\_\_\_\_. **NBR 13532: Elaboração de projetos de edificações: arquitetura**. Rio de Janeiro: ABNT, 1995b.

\_\_\_\_\_. **NBR 10151 – Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento**. São Paulo: ABNT, 2000 e Versão Corrigida: 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 10152 – Níveis de ruído para conforto acústico - Procedimento**. São Paulo: ABNT, 1987 e Versão Corrigida: 1992.

Associação Cidade Escola Aprendiz. **Bairro-Escola: passo a passo**. Disponível em: <[http://www.unicef.org/brazil/pt/bairro\\_escola.pdf](http://www.unicef.org/brazil/pt/bairro_escola.pdf)> Acesso em mar. 2015.

AZEVEDO, G. A. N. **As Escolas Públicas do Rio de Janeiro: Considerações sobre o Conforto Térmico das Edificações**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura. Rio de Janeiro: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1995.

\_\_\_\_\_. **Arquitetura Escolar e Educação: um Modelo Conceitual de Abordagem Interacionista**. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção. Rio de Janeiro: COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002.

\_\_\_\_\_. **Escolas, Qualidade Ambiental e Educação no Brasil: Uma Contextualização Histórica**. In: Caderno de boas práticas em arquitetura: eficiência energética nas edificações – v.8 Edificações Educacionais. Rio de Janeiro: ELETROBRÁS/IAB, Departamento do Rio de Janeiro, p. 8-11, 2008.

AZEVEDO, G. A. N.; RHEINGANTZ, P. A.; BASTOS, L. E. G.; VASCONCELLOS, V. M. R.; AQUINO, L. L.; SOUZA, F. S. **O espaço da escola como ‘o lugar’ do conhecimento: um estudo de avaliação de desempenho com abordagem interacionista**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004.

AZEVEDO, G.A.N.; BASTOS, L.E.G. **Qualidade de vida nas escolas: Produção de uma arquitetura fundamentada na interação usuário-ambiente**. Projeto do Lugar, Colaboração entre Psicologia, Arquitetura e Urbanismo – Coleção PROARQ. Rio de Janeiro: PROARQ/FAU/UFRJ, p. 153-160, 2002.

AZEVEDO, G. A. N. ; BASTOS, L. E. G. ; VASCONCELLOS, V. M. R. ; AQUINO, L. M. L. ; RHEINGANTZ, P. A. . **Parâmetros Básicos de infra-estrutura para Instituições de Educação Infantil**. Brasília: MEC-SEB, 2006. v. 1. 45p.

BAHIA, S.R.; GUEDES, P.A.; MORAES, R. **Elaboração e atualização do código de obras e edificações**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: IBAM/DUMA, ELETROBRAS/PROCEL, 2012.

BARANDIER, H.; ALMEIDA, M.C.T.S.; MORAES, R. **Planejamento e controle ambiental-urbano e a eficiência energética**. Rio de Janeiro: IBAM/DUMA, ELETROBRAS/PROCEL, 2013.

BARBIRATO, G.M.; TORRES, S.C.; SOUZA, L.C.L. **Clima Urbano e Eficiência Energética nas Edificações**. Rio de Janeiro: PROCEL EDIFICA/ELETROBRAS, 2011.

BARROSO-KRAUSE, C. **Desempenho Térmico e Eficiência energética em Edificações**. Rio de Janeiro: PROCEL EDIFICA/ELETROBRAS, 2011.

BARROSO-KRAUSE, C.; RODRIGUES, J. A. P.; MAIA, J. L. P.; PACHECO, L. F. L.; AMÉRICO, M.; TEIXEIRA, P. **Manual de prédios eficientes em energia elétrica**. Rio de Janeiro: IBAM /PROCEL/ELETROBRÁS, 2002.

BARROSO-KRAUSE, C.; SANTOS, M. J. O.; NIEMEYER, M. L.; PORTO, M. M. **Bioclimatismo no projeto de arquitetura: dicas de projeto**. Rio de Janeiro: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

*BCED – British Columbia Education. Sustainable Schools: Best Practices Guide*. British Columbia, Canadá, 2010.

BISELLI, M. **Teoria e prática do partido arquitetônico**. Revista Arquitectos. São Paulo: Vitruvius, jul,2011. <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitectos/12.134/3974>>

BITTENCOURT, L.; CÂNDIDO, C. **Ventilação Natural em Edificações**. Rio de Janeiro: PROCEL EDIFICA/ELETROBRÁS, 2010.

BITTENCOURT, L. S.; SACRAMENTO, A. S.; CÂNDIDO, C.; LEAL, T. **Estudo do desempenho do peitoril ventilado para aumentar a ventilação natural em escolas de Maceió/AL**. Porto Alegre: Revista Ambiente Construído, ANTAC., v.7, n.3, p. 59-69, jul./set. 2007.

BITTENCOURT, L. S.; PEIXOTO, L. K. O. **The influence of different courtyard configurations on natural ventilation through low-rise buildings**. In: Seventh International IBPSA Conference, 2001, Rio de Janeiro. Proceed. on the Seventh International IBPSA Conference: Building Simulation. Rio de Janeiro, 2001.

BITTENCOURT, L. S.; CRUZ, J. M. **Influência da relação entre a taxa de ocupação versus o número de pavimentos no potencial de ventilação natural dos ambientes internos e externos de obras e ventilação na malha urbana**. In: IV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 1997, Salvador. Anais do IV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Salvador, 1997.

BLOWER, H. C. S. **O lugar do Ambiente na Educação Infantil: Estudo de Caso na Creche Doutor Paulo Niemeyer**. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

BLOWER, H.C.S.; AZEVEDO, G.A.N. **Avaliação pós-ocupação em creche institucional do município do Rio de Janeiro: uma experiência no lugar da educação infantil**. Revista Gestão e Tecnologia de Projetos, v.5; 99-130, EESC – USP, 2010.

BOGO, A. J. **Limitações quanto aos parâmetros de desempenho térmico e estratégias bioclimáticas recomendadas pela norma brasileira de desempenho térmico de habitações de interesse social**. Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. 7º Seminário Internacional. São Paulo: NUTAU/USP, 2008. Disponível em <<http://www.usp.br/nutau/CD/30.pdf>> Acesso em mar. 2015.

BRASIL, Ministério da Educação, Fundo de Fortalecimento da Escola. **Padrões mínimos de funcionamento da escola do ensino fundamental – ambiente físico escolar: guia de consulta**. Brasília: MEC/FUNDESCOLA, 2006.

\_\_\_\_\_, Ministério da Educação, Fundo de Fortalecimento da Escola. **Espaços educativos de ensino fundamental: subsídios para elaboração de projetos e adequação de edificações escolares**. Cadernos Técnicos nº 4, volume I. Brasília: MEC/FUNDESCOLA, 2002.

\_\_\_\_\_, Ministério da Educação. **Programa Mais Educação: gestão intersetorial no território**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização e Diversidade, 2009.

\_\_\_\_\_, MEC /CEBRACE. **Critérios para Elaboração, Aprovação e Avaliação de Projetos de Construções Escolares**. Brasília: MEC, 1976.

\_\_\_\_\_, Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Núcleo Técnico da Política Nacional de Humanização. **Ambiência**. 2ª ed. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL, **LEI Nº 8.666, DE 21 DE JUNHO DE 1993**. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Disponível em:  
[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L8666cons.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8666cons.htm)

*CABE - Commission for Architecture and the Built Environment. **Creating excellent secondary schools: a guide for clients***. London: 2007. Disponível em:  
<<http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20110118095356/http://www.cabe.org.uk/publications/creating-excellent-secondary-schools>> Acesso em mai. 2014.

\_\_\_\_\_. ***Picturing school design***. London: 2005. Disponível em:  
<<http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20110118095356/http://www.cabe.org.uk/publications/picturing-school-design>> Acesso em jun. 2014.

\_\_\_\_\_. ***Being involved in school design***. London: 2004a. Disponível em:  
<[http://www.dqionline.com/downloads/CABE\\_Being\\_Involved\\_in\\_School\\_Design.pdf](http://www.dqionline.com/downloads/CABE_Being_Involved_in_School_Design.pdf)> Acesso em mai. 2014.

\_\_\_\_\_. ***21<sup>st</sup> century schools: learning environment of the future***. London: 2004b. Disponível em:  
<<http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20110118095356/http://www.cabe.org.uk/files/21st-century-schools.pdf>> Acesso em mai. 2014.

CANADA. ***Indoor Air Quality - Tools for Schools Action Kit for Canadian Schools***. Published by authority of the Minister of Health, 2003.

CASTRO, C.D.M.S. **O Espaço da Escola na Cidade: CIEP e Arquitetura Pública Escolar**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura. Brasília – DF: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, 2009.

CDURP - Companhia de Desenvolvimento Urbano da Região do Porto do Rio de Janeiro. <<http://www.portomaravilha.com.br/>> Acesso em ago.2014.

CHPS -*Colaborative for High Performance Schools – **Best Practices Manual: Volume I - Planning*** (2006); *Volume II - Design* (2006); *Volume III - Criteria* (2006); *Volume IV - Maintenance & Operations* (2004); *Volume V - Commissioning* (2006) e *Volume VI - Relocatable* (2006). Califórnia, U.S.

CONDE, Rizza Paes. **A Importância da Arquitetura de Escolas e Dados para Elaboração de um Projeto**. Rio de Janeiro: Revista Arquitetura do Brasil, n. 18, p. 92-99, 1987.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos – Conforto ambiental**. Rio de Janeiro: Ed. Revan, 2003.

CORBELLA, O. D.; STANGENHAUS, C.R. **Características térmicas de materiais de construção usados no Rio de Janeiro**. Cadernos do PROARQ, Programa de Pós-graduação em Arquitetura, n. 6, p.79. Rio de Janeiro: PROARQ/FAU/UFRJ, 1999.

DECS – Department of Education and Children's Services. **Education for Sustainability: a guide to becoming a sustainable school**. Adelaide, South Australia, Australia, 2007. Disponível em: <[www.decs.sa.gov.au/efs](http://www.decs.sa.gov.au/efs)> Acesso em jan. 2013.

DELIBERADOR, M.S. **O processo de projeto de arquitetura escolar no estado de São Paulo: caracterização e oportunidades**. Dissertação de Mestrado. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2010.

DESD - Decade of Education for Sustainable Development. <http://www.desd.org>. Acesso em set. 2014.

DESIGN QUALITY INDICATOR-DQI. **The DQI tool**. Disponível em <http://www.dqi.org.uk>. Acesso em janeiro de 2013.

DIAS, A. **Avaliação das Condições de Conforto Térmico e Acústico de Salas de aula em Escola de Tempo Integral – Estudo de Caso da Escola Padre Josimo em Palmas (TO)**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura. Brasília – DF: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, 2009.

DÒREA, C.R.D. **Anísio Teixeira e a Arquitetura Escolar: Planejando escolas, construindo sonhos**. In: Revista da FAEEBA, Departamento de Educação – Campus I, Ano 9, número 13, janeiro/junho, 2000 - Salvador: UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA – UNEB p. 151-160.

DUARTE, C. R.; COHEN, R.; SANTANA, E.; BRASILEIRO, A.; PAULA, K.; UGLIONE, P. **Explorando as ambiências: Dimensões e Possibilidades Metodológicas na Pesquisa em Arquitetura**. Colloque International Faire une ambiance. Grenoble, 2008. In: Anais. Grenoble, 2008, cd-rom. (Versão ampliada em português, disponível em [www.asc.fau.ufrj.br](http://www.asc.fau.ufrj.br)).

DUARTE, C.R.S. **Olhares possíveis para o Pesquisador em Arquitetura**. ENANPARQ, 2010.

EGAN, M. D. **Concepts in Architectural Acoustics**. New York: Mc Graw-Hill, 1972.

EHRlich, D. **Arquitetura Escolar da Rede Pública do Município do Rio de Janeiro (1870-1970) – ênfase na década de 1960**. Rio de Janeiro: Curso de Especialização em História da Arte e da Arquitetura no Brasil – Centro de Ciências Sociais, Departamento de História, PUC, 2002.

ELALI, G. V. M. A. ; GONDIM, L. . **Avaliação Pós-ocupação como base para o projeto de intervenção no Núcleo de Educação da Infância (NEI-UFRN) em Natal, Brasil**. In: NUTAU 2010 - 5. Seminário Internacional Arquitetura, Urbanismo e Design - produtos e mensagens para ambientes sustentáveis, 2010, São Paulo, SP. Anais do NUTAU 2010. São Paulo: NUTAU, 2010. v. 1. p. 1-16.

ELALI, G.A. **Ambientes para Educação Infantil: Um Quebra-cabeça? Contribuição Metodológica na Avaliação Pós-ocupação de Edificações e na Elaboração de Diretrizes para Projetos Arquitetônicos na Área**. Tese de Doutorado em Arquitetura . São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2002.

EPA - U.S. Environment Protection Agency. **Indoor Air Quality Reference Guide – Tools for Schools** - EPA 402/K-07/008, 2009. Disponível em: <<http://www.epa.gov/iaq/>> Acesso em mar 2012.

EPA - U.S. Environment Protection Agency. Disponível em <http://www2.epa.gov/laws-regulations/summary-clean-water-act>. Acesso em set., 2015.

EPF-ESCOLA DE FORMAÇÃO DO PROFESSOR CARIOCA – PAULO FREIRE. <<http://epf.rioeduca.net>> Acesso em mai.2014.

ETSAVEGA.NET. **Richard Neutra, Emerson School, 1938**. Disponível em: <[http://etsavega.net/dibex/Neutra\\_Emerson-e.htm](http://etsavega.net/dibex/Neutra_Emerson-e.htm).> Acesso em set.2014.

ESPERE-ENC. Urban environment albedo. **Environmental Science Published for Everybody Round the Earth**.2003. Disponível em: < [www.atmosphere.mpg.de/media/archive/4608.gif](http://www.atmosphere.mpg.de/media/archive/4608.gif)> Acesso em Nov. 2012.

FDE - Fundação para o Desenvolvimento da Educação. **Manual para Gestão de Resíduos em Construções Escolares**. São Paulo: FDE, 2010.

\_\_\_\_\_. **Catalogo de Especificações do Canteiro de Obras**. São Paulo: FDE, 2005.

\_\_\_\_\_. **Manual de Sinalização do Canteiro de Obras**. São Paulo: FDE, 2013.

FERNANDES, N. L. B. **Arquitetura Escolar Carioca: edificações construídas entre 1930 e 1960**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura. Rio de Janeiro: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.

FERNANDEZ, P. **De L'architecture Bioclimatique au Développement Urbain Durable**. Mémoire de synthèse: Habilitation a diriger des recherches. Toulouse, 2007.

FONTENELLE, M.R.; BASTOS, L.E.G., LORENTE, S. **Impact of urbanization on air flow pattern: the case of Rio de Janeiro**. International Journal of Green Energy. ISSN 1543-5083. (2015) 12, 908-916.

FROTA, A. B. ; SCHIFFER, S.R. **Manual do Conforto Térmico**. 6ª ed.. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

FROTA, A. B. **Geometria da Insolação**. São Paulo: Geros, 2004.

FOSTER, A.; PERCIVAL, S.; CHILLMAN, B.; JACKSON, M.; MOUNTAIN, J.; BURN, G.; MARTIN, P.; WALTERS, G.; ROBINSON, F. **Schools for the future: Designing school grounds**. London: TSO, 2006. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/publications/school-grounds-and-outdoor-space>. Acesso em mar. 2015.

FUNDAÇÃO VANZOLINI (FCAV). **Referencial técnico de certificação: Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA – Escritórios, Edifícios escolares, versão 0, out., 2007**.

FUNDAÇÃO VANZOLINI (FCAV). **Adendo ao Referencial técnico de certificação: Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA – Escritórios, Edifícios escolares, adendo, out., 2013**.

GAUZIN-MÜLLER, D. **Arquitetura ecológica**. Colaboração: FAVET, N.; MAES, P. Tradução: SOUZA, C.O.; FREITAS, C.F. São Paulo: Senac, 2011.

GOULART, S.; BOGO, A.; PIETROBON, C. E.; BARBOSA, M. J.; PITTA, T.; LAMBERTS, R. **Bioclimatologia aplicada ao projeto de edificações visando o conforto térmico**. 80 p. II. Relatório Interno n. 02/94. Núcleo de Pesquisa em Construção, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1994. Disponível em: <[www.labeee.ufsc.br/publicacoes](http://www.labeee.ufsc.br/publicacoes)> Acesso em mar. 2015.

GRAÇA, V.A.C. **Otimização de projetos arquitetônicos considerando parâmetros de conforto ambiental: o caso das escolas de rede Estadual de São Paulo**. Dissertação de Mestrado. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2002.

GRAÇA, V.A.C. **A integração dos aspectos de conforto ambiental no projeto de escolas: uso da metodologia axiomática e de exemplos simplificados**. Tese de Doutorado. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2008.

GRAÇA, V.A.C.; KOWALTOWSKI, D.C.C.K. **Metodologia de avaliação de conforto ambiental de projetos escolares usando o conceito de otimização multicritério**. Revista ambiente construído, v.4, n. 3, 2004, pp. 19 – 35.

GRIGOLETTI, G.C.; SATTLER, M.A. **Estratégias ambientais para indústrias de cerâmica vermelha do estado do Rio grande do Sul**. Porto Alegre: Revista Ambiente Construído, ANTAC., v.3, n.3, p. 19-32, jul./set. 2003.

HAZAN, V. **Da escola moderna à escola contemporânea: o resgate do conforto ambiental nos projetos escolares atuais**. In: Caderno de boas práticas em arquitetura: eficiência energética nas edificações: Edificações Educacionais - Rio de Janeiro: ELETROBRÁS/IAB, 2008.

HERSHBERGER, R. G. **Programming**. In: *The Architect's Handbook of Professional Practice*. 13 edition – AIA. New Jersey: John Wiley & Sons, 2000. Disponível em: <<http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aiab089267.pdf>> Acesso set. 2014.

HERTZ, J.B. **Arquitetura tropical**. Centro de Estudos de La Amazônia. Iquitos- Perú, 1989.

IBAM - INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. **Manual para elaboração de projetos de edifícios escolares na cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: IBAM/CPU, PCRJ/SMU, 1996.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Dados geográficos da cidade do Rio de Janeiro**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat>>. Acesso em mai 2015.

IISD – *International Institute for Sustainable Development*. **Guide for Sustainable Schools in Manitoba**. Manitoba, Canadá, 2010.  
<[http://www.edu.gov.mb.ca/k12/esd/pdfs/sustainable\\_guide.pdf](http://www.edu.gov.mb.ca/k12/esd/pdfs/sustainable_guide.pdf)> Acesso em jan. 2013.

INNOVATIVE DESIGN. **Sustainable Schools Guide**. Disponível em: <<http://www.innovativedesign.net>> Acesso em mar 2013.

KEELER, M.; BURKE, B. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis**. Tradução técnica: SALVATERRA, A. Porto Alegre: Bookman, 2010.

KNOWLES, R.L e BERRY, R.D.. **Solar envelope concepts: moderate density building applications**, Solar Energy Research Institute, Golden Colorado, 1980. Disponível em: <https://books.google.com/?hl=pt-BR>

KNOWLES, Ralph L. **The solar envelope: its meaning for energy and buildings**. Energy and buildings, Los Angeles, v 35, p. 15-25, 2003.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. **Arquitetura escolar: o projeto do ambiente de ensino**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; MOREIRA, D. C.; DELIBERADOR, M. S. **O programa arquitetônico no processo de projeto: discutindo a arquitetura escolar, respeitando o olhar do usuário**. In: Salgado, M. S.; Rheingantz, P. A.; Azevedo, G. A. N.; Silvano, M. M. (Org.). *Projetos complexos e seus impactos na cidade e na paisagem*. 1ed. Rio de Janeiro: UFRJ/FAU/PROARQ; ANTAC, p. 160-185, 2012a.

KOWALTOWSKI, D.C.C.K.; PEREIRA, P.R.P. **Análises de Métodos de Avaliação de Projetos**. Revista Gestão e Tecnologia de Projetos, São Carlos, v. 7, n. 1, p. 3-19, jan./mai. 2012b.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; SILVA, V.G.; GRAÇA, V.C.; PIZARRO, P. R.; DELIBERADOR, M.S.; FIGUEIREDO, F.G. **Desafios e realidades: o processo de projeto escolar no estado de São Paulo**. X Encontro Nacional e VII Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. Natal. 2009.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; CELANI, M. G. C.; MOREIRA, D.C.; PINA, S. A. M. G.; RUSCHEL, R. C.; SILVA, V. G.; LABAKI, L. C.; PETRECHE, J. R. D. **Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico**. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (Online), Porto Alegre, v. 6, n.2, p. 7-19, abr./jun. 2006.

LACERDA, M.A. **Ventilação natural e qualidade do ar em escritório carioca: análise e propostas para o Edifício Barão de Ladário**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura. Rio de Janeiro: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. Ed. 3. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL, 2014.

LAMBERTS, R.; SCALCO, V.A.; CARVALHO, C.R.; SILVESTRE, S.M.S.; PALLADINI, G.D.; MAIA, T.D. **Diretrizes para obtenção de classificação Nível A para edifícios comerciais, de serviços e públicos, conforme Portaria INMETRO nº 372/2010 3 Portaria Complementar 17/2012**. Florianópolis: UFSC / ELETROBRAS, 2013. Disponível em: [www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/.../Manual\\_a\\_ZB8.pdf](http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/.../Manual_a_ZB8.pdf). Acesso em mai. 2015.

LAMBERTS, R.; XAVIER, A. A.; GOULART, S. **Conforto e stress térmico**. Departamento de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, atual. 2012. Disponível em <<http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Apostila%20Conforto%20T%C3%A9rmico%202014.pdf>> Acesso em dez. 2014.



LIPPMAN, P. C. **Evidence-based design of elementary and secondary schools: a responsive approach to creating learning environments**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2010.

LOUREIRO, C.; AMORIM, L. **Por uma arquitetura social: a influencia de Richard Neutra em prédios escolares no Brasil**. Revista Arqtextos. São Paulo: Vitruvius, jan 2002. <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arqtextos/02.020/813>>

LÜDKE, M.; BOING, L. A. **Caminhos da profissão e da profissionalidade docentes**. *Educação & Sociedade*, Campinas, v. 25, n. 89, p. 1159-1180, Set./Dez. 2004. Disponível em <<http://www.cedes.unicamp.br>> Acesso em mar. 2015.

MARCHIONI, M.; SILVA, C.O. **Pavimento Intertravado Permeável – Melhores Práticas**. São Paulo: ABCP, 2011. Disponível em [www.abcp.org.br](http://www.abcp.org.br)

MARKER, A. **Avaliação ambiental de terrenos com potencial de contaminação : gerenciamento de riscos em empreendimentos imobiliários**. Brasília : Caixa Econômica Federal, 2008. Disponível em [http://relasc.org/var/ezwebin\\_site/storage/original/application/51319a531d87e711480d9efa783c8ab6.pdf](http://relasc.org/var/ezwebin_site/storage/original/application/51319a531d87e711480d9efa783c8ab6.pdf) acesso out2015

MARTINS, K. **Expansão urbana desordenada e aumento dos riscos ambientais à saúde humana: O caso brasileiro**. Monografia de Bacharelado em Gestão Ambiental. Brasília: Faculdade UnB Planaltina, Universidade de Brasília, 2012.

MARTINS, T.A.L., ADOLPHE, L., BASTOS, L.E.G. **Sensitivity analysis of urban morphology factors regarding solar irradiation on buildings envelope in Brazilian context**. Proceedings PLEA 2014, Índia.

MARTINS, V. R. **O lugar do pátio escolar: reunindo descobertas produzidas na observação de quatro escolas públicas do município do Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura. Rio de Janeiro: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

MASCARÓ, L. R. **Energia na Edificação. Estratégias para minimizar seu consumo**. São Paulo: Projeto, 1985.

MASI, M.D. **Conforto Térmico e Lumínico em Escolas no Rio de Janeiro – Estudo de Caso**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura. Rio de Janeiro: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1996.

MENDONÇA, A.B.D. **Relações entre índices urbanísticos da forma urbana e a acústica ambiental**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana. Universidade Federal de São Carlos, 2013.

MENEZES, A. C. M. R. S. **A sustentabilidade no edifício escolar em região de clima quente e úmido**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura. Rio de Janeiro: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004.

MENEZES, J.M.F. **Anísio Teixeira, secretário de educação, ou: por que não se democratiza a educação na Bahia?** Salvador: Revista da FAEEBA – Revista do Departamento de Educação – Campus I, UNEB. Ano 9, n. 13, p. 141-150, jan./jun. 2000.

MHC – McGraw\_Hill Construction. **New and Retrofit Green Schools: The Cost Benefits and Influence of a Green School on its Occupants. Smart Market Report.** Bedford, Massachusetts, EUA, 2013.

MONTEIRO, B.C. **Arquitetura Escolar e Qualidade Ambiental: Avaliação pós-ocupação em duas Escolas de Volta Redonda – RJ, Instituto Educacional Professor Manoel Marinho e Centro Integrado de Educação Wladir de Souza Telles.** Dissertação de Mestrado em Arquitetura. Rio de Janeiro: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.

MOREIRA, D. C.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. **Discussão sobre a importância do programa de necessidades no processo de projeto em arquitetura.** In: Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 9, n. 2, p. 31-45, abr./jun. 2009.

MOREIRA, N.S. **Espaços Educativos para Escolas de Ensino Médio: Proposta para Escolas do Estado de São Paulo.** Tese de Doutorado. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2005.

MOUSSATCHE, H., ALVES-MAZZOTTI A. J. & MAZZOTTI T. B. **A Arquitetura Escolar como representação social de escola.** In: DEL RIO, V., DUARTE, C. R. e RHEINGANTZ, P. A. (orgs.) Projeto do Lugar: Colaboração entre Psicologia, Arquitetura e Urbanismo. Rio de Janeiro: Contra Capa Livraria/PROARQ, p. 143-152, 2002.

MPCA - Minnesota Pollution Control Agency. **Healthy Sustainable Schools: Guide for change.** Saint Paul, Minnesota, EUA, 2007. Disponível em: <<http://www.pca.state.mn.us/index.php/view-document.html?gid=2368>> Acesso em jan 2013.

MUELLER, C.M. **Espaços de Ensino-aprendizagem com qualidade ambiental: o processo metodológico para elaboração de um anteprojeto.** Dissertação de Mestrado. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2007.

MÜLFARTH, R. C. K. **Rumo a um futuro mais sustentável: Arquitetura de baixo impacto humano e ambiental.** 2006. Disponível em: <[http://www.universia.com.br/html/materia/materia\\_gcbe.html](http://www.universia.com.br/html/materia/materia_gcbe.html)> Acesso em jun. 2013.

NAIR, P.; FIELDING, R. **The language of school design. Design patterns for the 21th century school.** In: National Clearinghouse for Educational Facilities, 2. Índia: NCEF, 2005. Disponível em: <<http://www.designshare.com/>> Acesso em set. 2012.

NAIR, P.; FIELDING, R. LACKNEY, J. **The language of school design. Design patterns for the 21th century school.** In: National Clearinghouse for Educational Facilities, 3. Índia: NCEF, 2013. Disponível em: <<http://www.designshare.com/>> Acesso em jul. 2014.

NAMBU, L.C.; ORNSTEIN, S.W. **O pátio nos ambientes para o aprendizado: avaliação de edifícios escolares na região metropolitana de São Paulo.** In: Giselle Azevedo; Paulo Afonso Rheigantz; Vera Tangari. (Org.). O lugar do pátio escolar no sistema de espaços livres: uso, forma, apropriação. 1ed. Rio de Janeiro: UFRJ/FAU/PROARQ, p. 91-106, 2011.

NASCIMENTO, M. F. P. **Arquitetura para a educação: a contribuição do espaço para a formação do estudante.** Dissertação de Mestrado. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2012.

NBPM-BHPS, **National Best Practices Manual for Building High Performance Schools**. Rev. 2007. Disponível em: <http://www.nrel.gov/docs/fy02osti/31545.pdf> . Acesso em jun. 2014.

NEUTRA, R. **Arquitetura social em países de clima quente / Architecture of social concern in regions of mild climate**. São Paulo: Gerth Todtmann, 1948.

NIEMEYER, M. L. A. **Conforto Acústico e Térmico, em Situação de Verão, em Ambiente Urbano: Uma Proposta Metodológica**. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção. Rio de Janeiro: COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

NOGUEIRA, M. C. J. A.; SANTOS, F. M. M.; BRANDÃO, N. P.; FARIA, R. P.; NINCE, P. C. C.; LUZ, V. S.; DURANTE, L. C.; NOGUEIRA, J. S. **Avaliação do conforto ambiental em salas de aula: Estudo de caso em Cuiabá - MT**. In: XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Fortaleza: ENTAC - Anais, 2008.

OLIVEIRA, K. **Currículo e arquitetura escolar: concepções de professoras e equipe gestora do Colégio Nossa Senhora das Neves – Natal/RN**. Dissertação de Mestrado em Educação. Natal: PPGE/CEDUC/ da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2012.

OLIVEIRA, M.S.G. **Arquitetura em São Paulo na Era Vargas: O art déco e a arquitetura fascista nos edifícios públicos (1930 – 1945)**. Dissertação de Mestrado. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2008.

ORNSTEIN, S.W. **Post Occupancy evaluation in Brazil**. Organization for economic co-operation and development. OECD/ PEB. Evaluating Quality in Educational Facilities, 2005. Disponível em: <<http://www.oecd.org/dataoecd/26/49/37905357.pdf>> Acesso em jan. 2015.

PAES, R.F.S. **Materiais de Construção e Acabamento para Escolas Públicas na Cidade do Rio de Janeiro: Uma Reflexão sob Critérios de Sustentabilidade**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura. Rio de Janeiro: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

PÁSCOA, O.N.F. **A Qualidade do Lugar em Escola Pública Padronizada do Rio de Janeiro. Estudo de caso: Escola Municipal Tia Ciata**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura. Rio de Janeiro: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

PEREIRA, P. R. P. **Método de análise de precedentes para apoio ao projeto da arquitetura escolar pública do estado de São Paulo**. Tese de Doutorado. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 2013.

PÉREZ, D.R.C. **O envelope solar e o direito ao sol**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2007

PIETROBON, C. E.; LAMBERTS, R.; PEREIRA, F. O. R. **Estratégias bioclimáticas para o projeto de edificações : conceituação e aplicação para Maringá, Paraná**. VI ENCAC – Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído / III ELACAC – Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído – São Pedro, SP, Brasil, 2001.

PIZARRO, P.R. **Estudo das variáveis do conforto térmico e luminoso em ambientes escolares.** Dissertação de Mestrado em Desenho Industrial. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da Universidade Estadual Paulista. Bauru, SP, 2005.

PROST, R. **Conception architecturale: une investigation méthodologique.** Paris: L'Harmattan, 1992.

REIS-ALVES, L. A. **O pátio interno escolar como lugar simbólico. Um estudo sobre a interrelação de variáveis subjetivas e objetivas do conforto ambiental.** Tese de Doutorado em Arquitetura. Rio de Janeiro: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.

RHEINGANTZ, P. A.; AZEVEDO, G. A. N.; BRASILEIRO, A.; ALCANTARA, D.; QUEIROZ, M. **Observando a Qualidade do Lugar: procedimentos para a Avaliação Pós-Ocupação.** – Coleção PROARQ. Rio de Janeiro: PROARQ/FAU/UFRJ, 2009.

RHEINGANTZ, P. A.; CARVALHO, R. S.; VARGAS, C. R. A.; VIANA, L. Q.; ALCANTARA, D.; MARTINS, V. R.; ANGOTTI, F. B. **Qualidade do lugar e cultura contemporânea: tecendo controvérsias em coletivos urbanos na atualidade.** In: RHEINGANTZ, P. A.; PEDRO, Rosa. (Org.). Qualidade do Lugar e Cultura Contemporânea: controvérsias e ressonâncias em ambientes urbanos. 1ed. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro / FAU / PROARQ, 2012, v. 1, p. 17-31.

RHEINGANTZ, P.A. **Aplicação do Modelo de Análise Hierárquica COPPETEC-Cosenza na Avaliação do Desempenho de Edifícios de Escritório.** Tese de Doutorado em Engenharia de Produção. Rio de Janeiro: COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2000.

Rio de Janeiro. **Plano Estratégico da Prefeitura 2013 – 2016.** Rio de Janeiro, 2012. Disponível em <[www.conselhodacidade.com/v3/pdf/planejamento\\_estrategico\\_13-16.pdf](http://www.conselhodacidade.com/v3/pdf/planejamento_estrategico_13-16.pdf)> Acesso em ago. 2014.

\_\_\_\_\_. **Lei Complementar n. 101.** Modifica o Plano Diretor, autoriza o Poder Executivo a instituir a Operação Urbana Consorciada da Região do Porto do Rio e dá outras providências. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em <<http://www2.rio.rj.gov.br/smu/buscafacil/Arquivos/PDF/LC101M.PDF>> Acesso em ago.2014.

\_\_\_\_\_. **Decreto n. 36650.** Institui Grupo de Trabalho no Gabinete do Prefeito e cria na RIO-URBE a Diretoria de Obras Escolares. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em <<http://www2.rio.rj.gov.br/smu/buscafacil>> Acesso em fev.2015.

\_\_\_\_\_. **Decreto n. 27078.** Institui o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e dá outras providências. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em <<http://www2.rio.rj.gov.br/smu/buscafacil>> Acesso em fev.2015.

\_\_\_\_\_. **Decreto n. 21682.** Dispõe sobre os procedimentos a serem adotados nos regimes vigentes de extração mineral, exploração de recursos hídricos e terraplenagem. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em <<http://www2.rio.rj.gov.br/smu/buscafacil>> Acesso em fev.2015.

\_\_\_\_\_. **Decreto n. 27715.** Regulamenta a Lei Municipal n. 4352, de maio de 2006 e estabelece procedimentos para controle ambiental e contratações públicas que envolvam produtos e subprodutos de madeira, no âmbito do município do Rio de Janeiro e dá outras

providências. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em <<http://www2.rio.rj.gov.br/smu/buscafacil>> Acesso em fev.2015.

\_\_\_\_\_. **Resolução Conjunta SMAC / SMU n. 05.** Dispõe sobre procedimentos a serem adotados no licenciamento de projetos de loteamento, construção, ampliação, instalação e funcionamento de atividades que possam causar danos ao meio ambiente. Rio de Janeiro, 1998. Disponível em <<http://www2.rio.rj.gov.br/smu/buscafacil>> Acesso em fev.2015.

\_\_\_\_\_. **Decreto n. 23940.** Torna obrigatório, nos casos previstos, a adoção de reservatórios que permitam o retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em <<http://www2.rio.rj.gov.br/smu/buscafacil>> Acesso em fev.2015.

\_\_\_\_\_. **Resolução Conjunta SMG / SMO / SMU n. 01.** Disciplina os procedimentos a serem observados no âmbito dessas secretarias para o cumprimento do Decreto nº 23940 de 30 de janeiro de 2004. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em <<http://www2.rio.rj.gov.br/smu/buscafacil>> Acesso em fev.2015.

\_\_\_\_\_. **Lei n. 5183.** Dispõe sobre o tombamento para fins de preservação histórica e urbanística dos CIEPS – Centros Integrados de Educação Pública, por seus valores sociais, históricos e urbanísticos e dá outras providências. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em <<http://www2.rio.rj.gov.br/smu/buscafacil>> Acesso em fev.2015.

RODRIGUES, S.B.P. **A narrativa da história da educação integral brasileira: o primeiro período e seu momento e a Escola Municipal Dom Aquino Correia no Rio de Janeiro.** 7º Congresso da SBHE – Cuiabá, MT, 2013.

ROMERO, M. A.B. **Arquitetura bioclimática do espaço público.** Brasília: Editora UnB, 2001.

ROWE, P.G. **A Priori Knowledge and Heuristic Reasoning in Architectural Design.** In Journal of Architectural Education, v36 n1 p18-23,1982. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/%28ISSN%291531-314X>> Acesso em dez. 2014.

SANOFF, H. **School Building Assessment Methods.** Washington, DC: National Clearinghouse for Educational Facilities, 2001b. Disponível em [www.edfacilities.org/pubs/sanoffassess.pdf](http://www.edfacilities.org/pubs/sanoffassess.pdf) Acesso em fev. 2014.

SANOFF, Henry. **A Visioning Process for Designing Responsive Schools.** AIA, School of Architecture, College of Design, North Carolina State University with support from the National Clearinghouse for Educational Facilities, 2001a. Disponível em <<http://www4.ncsu.edu/~sanoff/schooldesign/visioning.pdf>> Acesso em dez. 2014.

Santos, Prefeitura / Secretaria Municipal de Educação, Portal. <<http://www.portal.santos.sp.gov.br/seduc/page.php?156>> Acesso em mar.2015.

SANTOS, C. M. L. **Compreendendo o edifício como organismo: interfaces entre pensamento sistêmico, ensino de projeto e sustentabilidade.** Tese de Doutorado em Arquitetura. Rio de Janeiro: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.

SANTOS, M. J. O. **Ruído no Ambiente Escolar – Causas e Consequências**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura. Rio de Janeiro: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1993.

SANTOS, M. J. O. **A reta, a curva e o som – A integração da acústica ao projeto a partir do arquiteto**. Tese de Doutorado em Arquitetura. Rio de Janeiro: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.

SCARAZZATO, P.S. **Conceito de dia típico de projeto aplicado à iluminação natural: dados referenciais para localidades brasileiras**. Tese de Doutorado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo, 1995.

SCHWARTZMAN, Simon. **Os Desafios da Educação no Brasil**. In: Os desafios da educação no Brasil. Organizadores: Colin Brock e Simon Schwartzman, editores. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, p. 9-50, 2005.

SEEP, B.; GLOSEMEYER, R.; HULCE, E.; LINN, M.; AYTAR, P.; COFFEEN, B. **Acústica de Salas de Aula**. Revista de Acústica e Vibrações. Tradução: MONDL, S. Florianópolis: SOBRAC, v.29, p. 2-24, 2002.

SEGRE, R. **Como a função da arquitetura escolar evoluiu ao longo da história**. In: Revista Projeto Design, Edição 321, Novembro de 2006.

SILÊNCIO, **Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora**. Disponível em <<http://www.ibama.gov.br/areas-tematicas-qa/programa-silencio>> Acesso em abr. 2013.

SILVA, V.G. **Avaliação da Sustentabilidade de Edifícios de Escritórios Brasileiros: Diretrizes e base Metodológica**. Tese de Doutorado em Engenharia. São Paulo: EPUSP, 2003.

SILVEIRA, L.B.S. **O Espaço Escolar na Rede Municipal do Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura. Rio de Janeiro: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001.

SIQUEIRA, M. **Projeto modular para construção em 10 meses viabiliza a implantação de 136 novas escolas no Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Revista Infraestrutura Urbana, Pini, ed. 45, dez. 2014. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/45/artigo332651-1.aspx>> Acesso em jan. 2015.

SISSON, R. **Escolas Públicas do Primeiro Grau - Inventário, Tipologia e História**. Arquitetura Revista, Rio de Janeiro, v.8, p.63-78, FAU/UFRJ, 1991.

SOUZA, F.S. **Premissas Projetuais para Ambientes da Educação Infantil. Recomendações com base na observação de três UMEIs de Belo Horizonte, MG**. Tese de Doutorado em Arquitetura. Rio de Janeiro: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.

STRAMANDINOLI, C. M. C. **Análise da qualidade ambiental de espaços urbanos em clima tropical úmido: Uma proposta metodológica para espaços residuais.** Tese de Doutorado em Arquitetura. Rio de Janeiro: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

TAVARES FILHO, A. C. **Reflexões sobre a Noção de Tipo Morfológico e o Programa Arquitetônico: Os Casos das Escolas Municipais Estados Unidos e República Argentina.** Dissertação de Mestrado em Arquitetura. Rio de Janeiro: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

TRAPANO, P. D.; BASTOS, L.E.G. **Dois casos bem sucedidos resultantes da relação entre forma e qualidade ambiental: Fábrica da Natura – SP e Centro de Reabilitação Infantil Sarah Rio – RJ.** XI ENCAC - Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído / VII ELACAC – Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído – Búzios, RJ, Brasil, 2011.

TUAN, Yi-Fu. **Espaço e Lugar: A Perspectiva da Experiência.** São Paulo: Difel, 1983.

UNITED NATIONS. **Johannesburg (South Africa) World Summit on Sustainable Development.** 2002. Disponível em <http://www.un.org/jsummit/html/brochure/brochure12.pdf>> Acesso em mar. 2015.

UNITED NATIONS. **Earth Summit Agenda 21.** United Nations Conference on Environment and Development – UNCED. Rio de Janeiro, 1992.

UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Departamento de Engenharia Civil, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. **Analysis Bio** Software de análise bioclimática, versão 2.2, 2010. Disponível em <http://www.labeee.ufsc/downloads/softwares>.

UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Departamento de Engenharia Civil, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. **Analysis SOL-AR.** Software de análise bioclimática, versão 6.2, 2009. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc/downloads/softwares>.

USDA – United States Department of Agriculture. [www.usda.gov](http://www.usda.gov). Acesso em set.2015.

USGBC - US GREEN BUILDING COUNCIL/ **LEED - Leadership in Energy and Environmental Design.** <http://www.usgbc.org/leed>. Acesso em set.2015.

USGBC - US GREEN BUILDING COUNCIL. **LEED 2009 for Schools New Construction and Major Renovations Rating System.** Versão atualizada em abril de 2013. Disponível em <http://www.usgbc.org>. Acesso: set. 2015.

VASSIMON, T.R. **A renovação das escolas do Rio de Janeiro no período de 2001 a 2010.** In: Giselle Azevedo; Paulo Afonso Rheigantz; Vera Tangari. (Org.). O lugar do pátio escolar no sistema de espaços livres: uso, forma, apropriação. 1ed. Rio de Janeiro: UFRJ/FAU/PROARQ, 2011, v. 1, p. 91-106.

VAN DER VOORDT, T.J.M.; VAN WEGEN, H.B.R. **Arquitetura sob o olhar do usuário: programa de necessidades, projeto e avaliação de edificações**. Tradução: MEDINA, M. B. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

WALDHEIM, P. V.; SANTOS, I. A. **Uma Caracterização dos Ventos em Santa Cruz para Aplicação em Poluição Atmosférica**. In: XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2004, Fortaleza - CE. Anais do XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2004.

WHO – World Health Organization. **Guidelines for Community Noise**. 1999. Disponível em <<http://whqlibdoc.who.int/hq/1999/a68672.pdf>> Acesso em nov. 2014.

ZAMBRANO, L. M. A.; BASTOS, L. E. G.; FERNANDEZ, P. **Procedimentos e instrumentos para integração dos princípios do desenvolvimento sustentável ao projeto de arquitetura**. In: V Encontro Nacional e III Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 2009, Recife - PE.

\_\_\_\_\_. **Integração dos Princípios da Sustentabilidade ao Projeto de Arquitetura**. In: NUTAU 2008 - 7º Seminário Internacional - Espaço Sustentável. Inovações em edifícios e cidades., 2008, São Paulo. NUTAU 2008 - 7º Seminário Internacional - Espaço Sustentável. Inovações em edifícios e cidades, 2008.

ZAMBRANO, L.M.A. **Integração dos princípios da sustentabilidade ao projeto de arquitetura**. Tese de Doutorado em Arquitetura. Rio de Janeiro: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

ZANETTINI, S. **A arquitetura deve ser holística e sistêmica**. Finestra, Arcoweb, 2006. Disponível em < <http://arcoweb.com.br/finestra>> Acesso em jan.2015.



## APÊNDICES

### Apêndice 1 - Certificação *LEED for Schools*

Resumo dos tópicos, de maior interesse para a presente pesquisa, referentes à Categoria “Sítio Sustentável” (USGBC, 2015b, tradução nossa).

**Nota:** Para listagem das sete categorias do *LEED for Schools* e dos requisitos específicos da categoria “Sítio Sustentável”, ver Quadro 2, p. 73.

#### Pré-requisito 2 - Avaliação ambiental do sítio de implantação

Garantia de que o sítio/terreno está livre de contaminação ambiental e/ou que as correções necessárias foram providenciadas.

#### Crédito 1 - Seleção do sítio de implantação

Para evitar a utilização de sítios/terrenos impróprios e reduzir o impacto da edificação na vizinhança, as seguintes áreas são proibitivas: inseridas em região classificada como “*prime farmland*”<sup>174</sup>; sujeitas a inundações ou excesso de umidade; identificadas como habitat natural de espécies em extinção; muito próximas a corpos d’água que suportam ou podem apoiar a vida aquática, recreação ou uso industrial, de acordo com o estabelecido pela “*Clean Water Act (CWA)*”<sup>175</sup>; terreno pertencente a parque público, a menos que substituído por outro, de igual ou melhor qualidade, em atendimento à mesma comunidade.

#### Crédito 2 - Localização preferencialmente desenvolvida

Canalização do desenvolvimento para as zonas urbanas com infraestrutura existente, promovendo o acesso dos usuários a uma variedade de serviços, protegendo as áreas verdes e preservando o habitat e os recursos naturais.

#### Crédito 3 - Reabilitação de áreas degradadas

Os projetos podem alcançar esse ponto somente via Pré-requisito 2.

#### Crédito 5.1 - Implantação - Conservação de áreas naturais existentes

Buscando a conservação de áreas naturais existentes, a restauração de áreas degradadas e a promoção da biodiversidade, os requisitos a serem atendidos são direcionados a duas situações:

- construção em terrenos não urbanizados: distâncias máximas de intervenção na paisagem natural, a partir dos limites de construção (perímetro do prédio, estacionamento, pátios, equipamentos, entre outros); exigência de áreas mínimas de pisos permeáveis em torno das áreas construídas.
- construção em terrenos já urbanizados ou restaurados: definição de porcentagens mínimas da área do lote a serem ocupadas com vegetação nativa

---

<sup>174</sup> Conforme definido pelo Departamento de Agricultura dos EUA, é a terra que tem a melhor combinação de características físicas e químicas para a produção de alimentos, ração, fibras e oleaginosas, além de estar disponível para esses usos (USDA, 2015).

<sup>175</sup> A “Lei da Água Limpa” (*CWA*) estabelece a estrutura básica para regular as descargas de poluentes nas águas dos EUA e regulamenta as normas de qualidade para as águas superficiais (*EPA*, 2015).

ou adaptada; no caso de projetos onde a paisagem natural não pode ser preservada ou restaurada dentro dos critérios estabelecidos, há o recurso da doação de terra, desde que esta pertença à mesma ecorregião do sítio do projeto.

#### Crédito 5.2 - Implantação - Maximização de espaços abertos

- Em lotes sujeitos ao zoneamento local, o projeto deve prever área verde que exceda em 25% a área livre exigida pela legislação.
- Em lotes não sujeitos ao zoneamento local (tais como campi universitários e bases militares), o projeto deve prever área verde equivalente à área da edificação.
- Em lotes sujeitos a Portarias de Zoneamento<sup>176</sup>, em que não haja requisitos referentes a áreas livres, deve ser prevista área verde equivalente a 20% da área do terreno.
- Em projetos de áreas urbanas, que pontuem no Crédito 2 da Categoria, algumas estratégias (tais como telhados verdes e circulações pavimentadas) podem contribuir para o cumprimento desse crédito.

#### Crédito 6.1 - Gestão das águas pluviais - Controle de quantidade

O crédito visa à limitação da interferência na hidrologia natural, através da redução das áreas impermeáveis no terreno. O atendimento aos requisitos compreende estratégias diferenciadas, no projeto de escoamento de águas pluviais, de acordo com as características locais tais como precipitações e condições do terreno e do entorno.

#### Crédito 7.1 - Efeito ilha de calor - Áreas descobertas

Procurando minimizar os efeitos das ilhas de calor, as áreas externas podem ser tratadas das seguintes formas:

Opção 1 - utilizar qualquer combinação das seguintes estratégias para 50% das áreas pavimentadas: sombreamento arbóreo proporcionado por árvores existentes ou que venham a se estabelecer em até cinco anos; sombreamento proporcionado por cobertura formada por painéis solares (instalados para compensar alguma utilização de recursos não renováveis); sombreamento proporcionado por elementos construídos que tenham um Índice de Reflexão Solar<sup>177</sup> (SRI) igual ou superior a 29; materiais de pavimentação que tenham SRI  $\geq$  29; pavimentação com permeabilidade mínima de 50%.

Opção 2 – mínimo de 50% de vagas de estacionamento cobertas<sup>178</sup>. Qualquer cobertura utilizada deverá ter SRI  $\geq$  29, ser formada por painéis solares ou ser um telhado verde.

De forma geral, empregar estratégias, materiais e técnicas paisagísticas que reduzam a absorção de calor pelos materiais exteriores. O sombreamento deve priorizar os dias de verão e ser proporcionado por árvores nativas ou adaptadas, arbustos e trepadeiras (inclusive instalação de estruturas de suporte, tais como treliças e pérgulas).

---

<sup>176</sup> Portarias de Zoneamento são leis locais ou municipais que instituem os códigos de construção e regulamentos de uso do solo para propriedades em uma área especificada (Fonte: <http://definitions.uslegal.com/z/zoning-ordinances>).

<sup>177</sup> O Índice de Reflexão Solar é usado para determinar o efeito da refletância (ou refletividade) e da emitância (ou emissividade) do material nas temperaturas da superfície e do ar próximo a ela. O SRI é calculado de acordo com a norma ASTM E 1980 e seu valor pode variar de zero (correspondente à superfície preta padrão) a 100 (correspondente à superfície branca padrão).

<sup>178</sup> Considerando como vagas cobertas aquelas localizadas em subsolo, sob cobertura ou sob o edifício, seja na região dos pilotis ou em pavimento de garagem.

Considerar a possibilidade de utilização de corantes para o asfalto e de novos revestimentos, no intuito de obter superfícies mais claras. A utilização de materiais com altos valores de albedo e a substituição da superfície construída pela vegetação são estratégias sempre bem-vindas. Assim, telhados podem ser substituídos por pérgulas e calçadas por pavimentações permeáveis (entremeadas por forrações), por exemplo.

#### Crédito 9 - Plano diretor

Para garantir que o atendimento aos requisitos ambientais perdure, ainda que ocorram mudanças futuras relacionadas ao programa de necessidades e à expansão da escola, esse crédito é pontuado, desde que atendidas as seguintes exigências:

- o projeto deve pontuar em pelo menos quatro dos sete créditos apresentados, através de cálculos associados, isto é, o presente crédito exige que os créditos obtidos sejam recalculados utilizando-se os dados do Plano Diretor. Os sete créditos são os seguintes: 1, 5.1, 5.2, 6.1, 6.2, 7.1 e 8;
- desenvolvimento de um Plano Diretor com a participação do Conselho Representante da Comunidade Escolar, ou outro órgão de decisão. As estratégias de projeto voltadas para a sustentabilidade do empreendimento devem nortear esse documento, de forma a manter as diretrizes iniciais de projeto. Portanto, o Plano Diretor deve incluir as edificações a serem construídas inicialmente somadas àquelas previstas (considerando o prazo de vida útil do edifício).

Projetos em que nenhuma ampliação futura esteja planejada não são elegíveis para esse crédito.

## **Apêndice 2 – Certificação AQUA – Escritórios e Edifícios Escolares**

Resumo dos tópicos, de maior interesse para a presente pesquisa, referentes às Categorias e Subcategorias do Processo de Certificação AQUA para Escritórios e Edifícios Escolares (FCAV, 2007 e 2013). Para listagem de todas as Categorias e Subcategorias, ver Quadro 4 p. 76.

### Categoria 1 - Relação do edifício com o seu entorno

Trata do modo segundo o qual o empreendimento valoriza os dados contextuais provenientes da análise prévia do local, e também analisa de que maneira o empreendimento causa impacto no meio ambiente no que se refere à coletividade e aos vizinhos.

De acordo com o SGE, para estabelecer o perfil de QAE e o programa de necessidades de seu empreendimento, o empreendedor deve fazer uma análise das características positivas e das restrições do local do empreendimento quanto à execução de uma construção, baseada em documentos de apoio (projetos, fotos, documentos administrativos), ou delegar a alguém a tarefa.

Esta análise deve ser baseada na identificação das características do local do empreendimento, considerando no mínimo:

- o meio físico (topologia, natureza do solo, hidrologia, geologia, etc.)
- o clima (sol, vento, chuva, etc.)
- os ecossistemas (fauna, flora, paisagem, vegetação, etc.)
- o ambiente construído e humano (instalações industriais, atividades técnicas, natureza da vizinhança, etc.)
- as infraestruturas (estradas, ciclovias, vias para pedestres, vias férreas, vias navegáveis, etc.)
- as redes (eletricidade, gás, água, saneamento, telecomunicação, etc.)
- os recursos locais (energia, materiais, resíduos, etc.); o empreendedor dedicará atenção específica para um estudo de viabilidade de uso de energias renováveis no empreendimento, assim como para uma análise das cadeias locais de reaproveitamento de resíduos
- os serviços (transportes públicos, coletas de resíduos, etc.).

A análise deve, em seguida, identificar as características positivas e as restrições para o empreendimento como consequência destas características, sobretudo no que se refere:

- aos incômodos para os futuros usuários (sonoros, visuais, olfativos, etc.)
- à poluição sobre o meio natural (solo e subsolo, lençol freático, etc.)
- aos riscos à saúde dos futuros usuários (ar externo poluído, ondas eletromagnéticas, etc.)
- aos riscos naturais e tecnológicos.

Destacamos que o resultado global dessa análise reúne os dados de entrada desta Categoria 1.

### Subcategoria 1.1 - Implantação do empreendimento no terreno para um desenvolvimento urbano sustentável

Envolve: impactos na comunidade local; transportes e deslocamentos urbanos; preservação/ melhoria dos ecossistemas e da biodiversidade; e gestão das águas pluviais.

Para a gestão do escoamento das águas pluviais, importa destacar os seguintes elementos: dados pluviométricos e do solo (conforme Análise do local do empreendimento); coeficiente de impermeabilização (ver subcategoria 5.2)

### Subcategoria 1.2 - Qualidade dos espaços exteriores para os usuários

Consiste em criar um ambiente exterior agradável, saudável e provido de conforto (térmico, acústico e visual).

Em relação ao conforto térmico, devem ser tomadas medidas relativas a:

- Vento - limitando seus efeitos incômodos através das características do sítio, da forma geral e da orientação das construções, e otimizando o arejamento dos espaços;
- Precipitações - protegendo contra os efeitos indesejáveis da chuva;
- Exposição ao sol – administrando não apenas o potencial de insolação, mas também os impactos do entorno para a criação de espaços exteriores iluminados e agradáveis, sendo explorados ou contornando os efeitos de sombreamento, conforme a necessidade. De forma geral, a existência de zonas de sombreamento deve ser assegurada.

No que se refere ao conforto Acústico, a implantação deve ser definida levando em conta as atividades previstas para os espaços exteriores ocupados e os ruídos gerados pelo entorno ou pela própria instituição.

Quanto ao conforto visual, as preocupações são dirigidas aos seguintes requisitos:

- Acesso às vistas – a implantação deve levar em conta as características positivas e as restrições do patrimônio natural e construído circundante;
- Iluminação exterior – por questões de conforto e segurança, os espaços exteriores ocupados devem ser dotados de uma iluminação natural suave e a iluminação artificial noturna deve priorizar as circulações, as áreas de estocagem de resíduos e as áreas de operação.

Para a promoção de espaços exteriores saudáveis, deve-se procurar proteger tais espaços da convivência com poluentes do solo e do ar, sobretudo, afastando-os dos efeitos nocivos de indústrias vizinhas. Na especificação do paisagismo, devem-se evitar espécies que ofereçam riscos à saúde humana (espécies tóxicas, alergênicas, etc.).

### Subcategoria 1.3 - Impactos do edifício sobre a vizinhança

Trata do impacto do empreendimento (edifícios e áreas externas) sobre a vizinhança no que se refere ao direito ao sol, à luminosidade, às vistas, à saúde e à tranquilidade.

### Categoria 4: Gestão da energia

O enfoque consiste em utilizar os recursos da arquitetura bioclimática de forma a favorecer a redução do consumo energético, e em trabalhar os sistemas e as modalidades de energia empregadas para otimizar os consumos e reduzir os poluentes.

#### Subcategoria 4.1 - Redução do consumo de energia por meio da concepção arquitetônica

Deve-se trabalhar com o partido arquitetônico, isto é: implantação, porte, orientação, características físicas dos materiais componentes da envoltória e aspecto geral do edifício. A justificativa para esse partido deve estar baseada nas seguintes premissas<sup>179</sup>: em sua otimização, em função do contexto e dos objetivos ambientais do empreendimento; e na realização de uma análise sobre perdas energéticas e necessidades.

A justificativa deve considerar a análise fachada por fachada do ponto de vista energético, sempre considerando os impactos das escolhas tanto no verão como no inverno. Com efeito, os esforços para economizar energia não devem prejudicar o conforto dos usuários.

#### Categoria 5: Gestão da água

Gerir o uso da água de forma ambientalmente correta em um empreendimento significa estar atento aos seguintes aspectos: suprimento de água potável, gestão de águas pluviais no terreno e esgotamento sanitário.

#### Subcategoria 5.2: Otimização da gestão de águas pluviais

Esta temática é tratada na Categoria 1 “Relação do edifício com o seu entorno” essencialmente sobre a estratégia global de gestão de águas pluviais. Nesta subcategoria, o objetivo é avaliar mais detalhadamente o desempenho das disposições consideradas para gerir as águas pluviais. Na escala microurbana (zona de intervenção urbana ou terreno), a gestão de águas pluviais consiste em limitar o seu escoamento com os propósitos de: prevenir o risco de inundação nas zonas críticas e reduzir a poluição difusa.

No que se refere à gestão da infiltração, favorecendo a percolação de águas pluviais nos solos a fim de manter tanto quanto possível o ciclo da água, tem-se como indicador o Coeficiente de Impermeabilização, que corresponde à relação entre as superfícies impermeáveis e a superfície total do terreno:

$$\text{Coeficiente de impermeabilização (\%)} = \frac{\text{superfícies impermeáveis (m}^2\text{)} \times 100}{\text{superfície total (m}^2\text{)}}$$

Para favorecer a infiltração, convém adotar um baixo coeficiente de impermeabilização. O Quadro A, a seguir, esclarece a que níveis de desempenho se associam as faixas de valores do coeficiente de impermeabilização. Considerando ainda que em áreas densamente urbanizadas é difícil atingir coeficientes eficientes, nesses casos a avaliação de desempenho pode ser feita através da comparação entre o valor do coeficiente do empreendimento e o correspondente ao estado existente<sup>180</sup>.

- 
- <sup>179</sup> Entendemos que o Referencial Técnico AQUA não desconsidera a importância de tantas outras premissas que também norteiam, ou podem nortear um projeto arquitetônico e que se trata apenas de direcionar o texto para o enfoque pretendido.
  - <sup>180</sup> No caso de um terreno sobre o qual construções foram demolidas com o propósito de uma reconstrução, mesmo que esta reconstrução tenha demorado, a situação existente é a correspondente ao terreno com as suas antigas construções e não a de um terreno natural.

**Quadro A:** Gestão da Infiltração – Níveis de desempenho para os valores do Coeficiente de Impermeabilização

Coeficiente de impermeabilização	Critério de avaliação	
	Valores	Nível
Após a implantação do sistema projetado	70% a 80%	Bom
	60% a 70%	Superior
	< 60%	Excelente
Para os locais fortemente urbanizados: percentagem de melhoria do coeficiente de impermeabilização do estado existente	< 2%	Bom
	2% a 10%	Superior
	> 10%	Excelente

Fonte: adaptado de FCAV (2007)

**Categoria 8: Conforto Higrotérmico**

O conforto higrotérmico diz respeito à necessidade de dissipar a potência metabólica do corpo humano por meio de trocas de calor sensível e latente com o ambiente no qual a pessoa se encontra.

**Subcategoria 8.1 - Implementação de medidas arquitetônicas para otimização do conforto higrotérmico de verão e inverno**

O Referencial Técnico tem como premissa se valer das vantagens do local do empreendimento e de compensar suas limitações por meio do emprego de elementos arquitetônicos, assegurando a otimização do conforto higrotérmico por meios passivos, tanto no verão como no inverno<sup>181</sup>.

Esta exigência adquire uma importância particular no que se refere ao conforto térmico de verão, para o qual é exigido, por razões de consumo energético e ambientais, não considerar os sistemas de resfriamento senão como complemento dos sistemas passivos, se estes últimos se mostrarem insuficientes para assegurar os níveis de conforto requeridos.

Indicadores:

- proteção ótima quanto ao sol e calor, sem prejudicar outros benefícios trazidos pelos mesmos como, por exemplo, o conforto de inverno ou o conforto visual;
- emprego das características aerodinâmicas do local do empreendimento;
- Organização espacial dos ambientes em função de suas necessidades higrotérmicas (setorização). Trata-se de organizar a repartição espacial dos ambientes em relação às lógicas de programação/regulação exigidas pelos diferentes tipos de ambientes, sendo essas lógicas decorrentes das atividades realizadas no ambiente, dos tipos de usuários, dos períodos de ocupação, etc.;
- Concepção arquitetônica procurando otimizar o conforto de verão e de inverno.

A noção de “medidas arquitetônicas” será considerada em seu sentido mais amplo: organização do plano de massas em função dos elementos do entorno; disposição interna dos ambientes; técnicas construtivas.

<sup>181</sup> A análise a ser feita entre o conforto de verão e o de inverno será calibrada, por exemplo, segundo as zonas climáticas de verão e inverno, tais como definidas pela NBR 15220-3 (2005), ou conforme dados climáticos regionais mais precisos.

### 8.3 - Criação de condições de conforto higrotérmico de verão em ambientes climatizados naturalmente

Segundo o nível de desempenho almejado, serão tomadas como referência as regras de cálculo da Norma Técnica em vigor (NBR 15220, ABNT, 2005), ou os resultados de uma simulação térmica dinâmica.

As preocupações apresentadas pelo Referencial Técnico têm como indicadores a temperatura máxima obtida nos ambientes, o fator solar das aberturas e a razão de abertura das áreas envidraçadas. Aqui destacamos a interface dos confortos higrotérmico e acústico em ambientes sensíveis ao ruído:

- Caso se trate de zona de ruído RU1<sup>182</sup> e se o conforto de verão for obtido pela abertura de janelas, será preciso controlar a taxa de ventilação. Indicadores: Dispositivos<sup>183</sup> que permitam manter imóvel a abertura das janelas em uma dada posição, a fim de modular a taxa de ar de renovação;
- Caso se trate de zona de ruído RU2 ou RU3, será preciso assegurar um nível mínimo de conforto com as janelas fechadas.

É importante haver precaução para que a velocidade do ar não seja excessivamente forte nas zonas onde se encontram os ocupantes, principalmente quando as condições de conforto ocorrem pela abertura de janelas.

#### Categoria 9: Conforto acústico

Em 2013, foi publicado o “Adendo ao Referencial técnico de certificação: Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA – Escritórios, Edifícios escolares” (FCAV, 2013). Essa nova redação contempla exclusivamente a Categoria 9 e os dados a seguir dela foram extraídos.

O conforto acústico depende igualmente das condições locais, da implantação do empreendimento no terreno e das características do edifício propriamente dito. Na concepção de um edifício, as preocupações de conforto acústico devem ser tratadas em diferentes níveis e se estruturam do modo seguinte:

- Elementos arquitetônicos espaciais, incluindo a organização do plano de massas, atribuindo responsabilidades aos agentes que intervêm nas primeiras fases da concepção;
- Isolamento acústico do edifício em relação aos ruídos do espaço exterior;
- Isolamento acústico dos ambientes face aos ruídos interiores;
- Acústica interna dos ambientes em função de suas destinações;
- Criação de um meio acústico exterior satisfatório: este tópico é tratado na Categoria 1;
- Proteção dos vizinhos contra os ruídos gerados pelo edifício: este tópico é tratado na Categoria 1.

---

<sup>182</sup> No Brasil, como na França, serão consideradas também três zonas de ruído (RU), englobando a RU1 às áreas de sítios de fazendas e as área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas, a RU2 referindo-se à área mista predominantemente residencial e com vocação comercial e administrativa, e a RU3, à área mista com vocação recreacional e predominantemente industrial, conforme Tabela 1, do item 6.2.6 de ABNT (2000) – NBR 10151.

<sup>183</sup> Exemplos de dispositivos: janelas de correr e janelas basculantes e janelas tipo “Maximar”, que permitam definir uma abertura parcial que seja estável.



### 9.1 - Otimização dos elementos arquitetônicos para proteger os usuários do edifício de incômodos acústicos

O conforto acústico está diretamente relacionado a aspectos de organização espacial: dos ambientes entre si; dos ambientes em relação aos incômodos acústicos do espaço exterior; e dos ambientes propriamente ditos (em termos de forma e volumetria, face à propagação do som no seu interior).

No que diz respeito à otimização do posicionamento dos ambientes entre si, o princípio geral é de avaliar qualitativamente cada ambiente "receptor" em relação aos ambientes "emissores" vizinhos. Essa avaliação se faz nos seguintes termos:

- de contiguidade (posicionamento de um ambiente de um edifício em relação ao tipo de ambiente contíguo de uma entidade diferente),
- de superposição (posicionamento de um ambiente do edifício em relação ao tipo de ambiente acima),
- de disposição interior dos ambientes (posicionamento de um ambiente de um edifício em relação ao tipo de ambiente contíguo da mesma entidade).

A classificação acústica de um espaço e suas interações com os espaços vizinhos é feita por meio de dois conceitos: a sensibilidade do espaço e a agressividade do espaço, conforme Quadro B.

**Quadro B:** Referências acústicas para classificação dos espaços

<b>Sensibilidade dos espaços</b>	<b>Agressividade dos espaços</b>
<b>Espaços muito sensíveis</b> – nestes espaços os usuários necessitam de concentração ou de calma, o mínimo ruído pode se tornar muito incômodo. As atividades que se desenvolvem nestes locais são o sono, o estudo, a leitura. Exemplos: áreas de repouso, enfermaria, apartamentos de hotéis, etc.	<b>Espaços muito agressivos</b> – o nível sonoro desses espaços pode se tornar muito elevado em função das atividades nele desenvolvidas (música, alta ocupação de pessoas, ruído ambiente, etc.).
<b>Espaços sensíveis</b> – nestes espaços o ruído pode se tornar incômodo. As atividades que se desenvolvem nestes locais são o trabalho, o descanso, conversas.	<b>Espaços agressivos</b> – menos impactantes que os anteriores, estes espaços podem apresentar, sob certas condições, um nível sonoro elevado suscetível de impactar os espaços vizinhos.
<b>Espaços pouco sensíveis</b> – nestes espaços o ruído praticamente não incomoda, seus usuários não esperam um ambiente acústico específico (ou pelo contrário, fortes níveis de ruído ambiente caracterizam justamente o funcionamento destes espaços).	<b>Espaços pouco agressivos</b> – estes espaços não impactam, ou praticamente não impactam, os espaços vizinhos, pois as atividades neles desenvolvidas têm baixo nível sonoro.

Fonte: baseado em FCAV, 2013.

Relacionando a noção de sensibilidade com a noção de agressividade, O Quadro 10 (p.134) apresenta a classificação acústica dos típicos ambientes escolares.

A otimização do posicionamento dos ambientes em vista dos incômodos acústicos exteriores ao edifício decorre da análise do local do empreendimento. É, com efeito, à luz dos resultados desta análise que a organização do plano de massas e as disposições interiores dos ambientes poderão ser otimizadas, de modo a limitar a exposição ao ruído, notadamente para os ambientes sensíveis.

A otimização espacial e volumétrica dos ambientes nos quais uma boa qualidade acústica interna é visada (auditório, ginásio, sala de música,...) é essencial e necessita,

como para a otimização do posicionamento, de um estudo especial, desde o início da concepção, na fase de estudos preliminares.

Alguns critérios de avaliação:

- Otimização da posição dos ambientes entre si – inicialmente é preciso classificar os espaços do edifício em função de sua sensibilidade e agressividade, Em seguida, é requerida a otimização do posicionamento desses espaços considerando as seguintes possibilidades: agrupamento dos espaços sensíveis e muito sensíveis entre eles; distanciamento dos espaços sensíveis e muito sensíveis dos espaços agressivos e muito agressivos; isolamento acústico dos espaços sensíveis e muito sensíveis.
- Otimização da posição dos ambientes sensíveis em relação aos ruídos externos - são requeridas disposições arquitetônicas que considerem os incômodos acústicos externos para os espaços sensíveis e muito sensíveis, inclusive os provenientes dos acessos de veículos de entregas. Devem ser tomadas as seguintes medidas: identificar tão exaustivamente quanto possível os incômodos acústicos e vibratórios exteriores ao edifício; organizar o plano de massas para distanciar tanto quanto possível os ambientes sensíveis desses incômodos.

### Categoria 10: Conforto visual

Para se obter condições de conforto visual no ambiente interno dos edifícios é necessário garantir: uma ótima iluminação natural, de forma a aproveitar ao máximo a luz natural; uma iluminação artificial satisfatória na ausência ou em complemento à luz natural.

#### 10.1. Garantia de iluminância natural ótima evitando seus inconvenientes (ofuscamento)

Os ambientes de permanência prolongada<sup>184</sup>, incluindo-se aqueles situados no fundo das salas, necessitam de iluminância natural suficiente (segundo o tipo de ambiente), quantificável a partir do **Fator Luz do Dia (FLD)**<sup>185</sup>. Existe uma variedade de softwares, mais ou menos complexos, que permitem a quantificação do FLD.

O Quadro C apresenta as exigências relativas ao principal ambiente interno de uma escola – a sala de aula.

**Quadro C:** Avaliação da Iluminância natural em salas de aula

Indicador	Critério de avaliação	
	Para salas de aula	Nível
Disponibilidade de acesso à luz do dia em parte dos ambientes de permanência prolongada por acesso direto ou por componentes de passagem de luz	100%	BOM
Disponibilidade de acesso a vistas externas no sentido horizontal do plano de visão em parte dos ambientes de	100%	BOM

<sup>184</sup> Consideram-se como áreas de permanência prolongada: as zonas de implantação de estações de trabalho; as zonas de implantação de ambientes de trabalho para alunos, estudantes e professores; os espaços em geral freqüentados pelo público.

<sup>185</sup> O FLD corresponde à proporção em porcentagem (%) de iluminância natural exterior em condições de céu encoberto (incluindo-se os reflexos do ambiente externo próximo: solo, anteparos próximos e distantes, etc.), disponível na superfície do plano de trabalho e deve ser aplicável até uma profundidade equivalente a 1,5 vezes a altura do topo da janela, medida a partir do piso.

permanência prolongada (a partir das estações de trabalho) <sup>186</sup>		
Fator de Luz do Dia (FLD) até uma profundidade equivalente a 1,5 vezes a altura do topo da janela, medida a partir do piso	FLD $\geq$ 1,5% em pelo menos 80% dos ambientes, FLD $\geq$ 1,0% para os demais ambientes	BOM
	FLD $\geq$ 2,0% para pelo menos 80% dos ambientes, FLD $\geq$ 1,5% para os demais ambientes	SUPERIOR
	FLD $\geq$ 2,0% para 80% dos ambientes, FLD $\geq$ 1,5% para os demais ambientes	EXCELENTE
Ausência de ofuscamento direto e indireto	Exigência de soluções satisfatórias	BOM

Fonte: baseado em FCAV (2007)

<sup>186</sup> Segundo o referencial, a falta de acesso à vista externa, no plano horizontal de visão, só se justifica por problemas de qualidade da vista (tráfego muito próximo, usinas de reciclagem, taludes ou paredes e muros próximos, etc.).

## ANEXOS

### Anexo 1

**Decreto nº 322 de 3 de março de 1976** - Aprova o Regulamento de Zoneamento do Município do Rio de Janeiro.

**Transcrição dos Artigos 132, 133 e 134 do Capítulo VII - GRUPAMENTO DE EDIFICAÇÕES.**

(Fonte: <http://www2.rio.rj.gov.br/smu/buscafacil/Arquivos/PDF/D322M.PDF>)

**Art. 132** - A licença para construção de grupamento de edificações com menos de 500 (quinhentas) unidades residenciais, em terrenos com mais de 10.000 m<sup>2</sup> (dez mil metros quadrados), depende de cessão gratuita ao Município de um lote destinado a equipamento urbano comunitário público, que atenda ao seguinte:

I - ter frente para logradouro público;

II - ter forma retangular;

III - ter áreas superiores a:

1 5% (cinco por cento) da área total do terreno quando esta for igual ou inferior a 30.000 m<sup>2</sup> (trinta mil metros quadrados);

2. 2% (dois por cento) da área total do terreno quando esta for superior a 30.000 m<sup>2</sup> (trinta mil metros quadrados), com um mínimo de 2.000 m<sup>2</sup> (dois mil metros quadrados);

IV - ter testada mínima de:

1 - 15m (quinze metros) quando sua área for inferior a 1.000m<sup>2</sup> (um mil metros quadrados);

2 - 20m (vinte metros) quando sua área for igual ou superior a 1.000m<sup>2</sup> (um mil metros quadrados) e inferior a 2000 m<sup>2</sup> (dois mil metros quadrados);

3 - 25m (vinte e cinco metros) quando a área for igual ou superior a 2.000m<sup>2</sup> (dois mil metros quadrados);

V - ter aclividade ou declividade inferior a 10% (dez por cento) em pelo menos 50% (cinquenta por cento) da área total do lote;

VI - não ser atravessado por cursos d'água, valas, córregos e riachos.

§1 º. - O lote poderá ser desmembrado da área do terreno do grupamento ou estar localizado até a distância máxima de 500m (quinhentos metros) dessa área medida segundo o percurso por logradouro público.

§ 2 º. - Quando o lote estiver situado fora da área do terreno do grupamento, deverá ficar comprovado pelos proprietários, antes do licenciamento da construção do grupamento que dito lote lhes pertence.

§ 3 º. - O lote deverá ficar, em qualquer caso, perfeitamente, caracterizado na planta de situação que integrar o projeto do grupamento.

§ 4º. - Para os efeitos do disposto no caput deste artigo e no art. 134 são considerados

equipamentos urbanos comunitários públicos, além daqueles destinados à Educação e Cultura, os que se destinam à Saúde, à Recreação, ao Lazer e aos Esportes, à Administração, ao Abastecimento, à Ação Social e à Segurança Pública.

*(Artigo 132 com redação dada pelo Decreto 4691, de 19-9-1984)*

**Art. 133** - A licença para construção de grupamentos de edificações com 500 (quinhentos) ou mais unidades residenciais dependerá da cessão gratuita ao Município de lote e de escola a ser construída, atendendo ao seguinte:

I - grupamento de edificações com 500 (quinhentas) ou mais unidades residenciais e menos de 1.000 (um mil) unidades residenciais: uma escola de acordo com os padrões estabelecidos pela Secretaria Municipal de Educação e Cultura, relacionados com o número de unidades residenciais desse grupamento;

II - grupamento de edificações com 1.000 (um mil) ou mais unidades residenciais: uma escola, conforme o disposto no inciso I, mais uma escola nos padrões da primeira, para cada 1.000 (um mil) unidades residenciais ou fração que exceder as 1.000 (um mil) unidades iniciais;

III - a cada escola corresponderá um lote obedecendo às disposições dos incisos I, II, V e VI e dos parágrafos do artigo anterior e tendo área superior a 2% (dois por cento) da área total do terreno, com um mínimo de 2.000m<sup>2</sup> (dois mil metros quadrados) e testada mínima de 25m (vinte e cinco metros).

§ 1º. - A obrigação de cessão gratuita de área e de construção e cessão gratuita de escola, de que trata este artigo, se estende aos conjuntos integrados de grupamentos de edificações projetados em áreas de terrenos contínuas, objeto de loteamento ou desmembramento e que, embora isoladamente apresentem menos de 500 (quinhentas) unidades residenciais, na sua totalidade ultrapassem esse limite.

§ 2º. - Nos casos referidos no parágrafo anterior, a escola terá capacidade correspondente ao número total de unidades residenciais do respectivo conjunto integrado, obedecidas as

condições dos incisos I e II deste artigo, e poderá ser construída, se for o caso, na área de terreno destinada para esse fim no loteamento.

§ 3º. - A obrigação de que trata este artigo constará do visto no projeto e do alvará de licença para a construção do grupamento.

§ 4º. - O projeto de construção da escola poderá ser apresentado após a concessão da licença do grupamento residencial.

§ 5º. - O "habite-se" parcial de grupamento residencial fica limitado ao máximo de 50% (cinquenta por cento) das unidades, antes do cumprimento da obrigação da construção e cessão gratuita da escola, da aprovação do desmembramento do respectivo lote e da sua cessão.

*(Artigo 133 com redação dada pelo Decreto 4691, de 19-9-1984)*

**Art.134** - A construção e cessão gratuita de escolas, conforme o disposto no artigo anterior, poderá ser dispensada, total ou parcialmente, mediante a construção e cessão gratuita de outro equipamento urbano comunitário público, por decisão do Prefeito e de acordo com as prioridades estabelecidas pela Administração Municipal, com custo equivalente ao das referidas escolas e atendidos os padrões recomendados pelo órgão público competente.

Parágrafo único - A obrigação de construção e de cessão gratuita de escola ou outro equipamento urbano comunitário público poderá, excepcionalmente, por decisão do Prefeito e de acordo com as prioridades estabelecidas pela Administração Municipal, ser cumprida em outro local (próprio municipal), mantida, entretanto, a obrigatoriedade da cessão do lote prevista no art. 133.

*(Artigo 134 com redação dada pelo Decreto 4691, de 19-9-1984)*

## Anexo 2

Fonte: [www.fnde.gov.br](http://www.fnde.gov.br)

### RELATÓRIO DE VISTORIA DE TERRENO Construção de Unidade Escolar

1. DADOS INICIAIS	
1.1 Natureza e Finalidade da Edificação:	
1.2 Município:	1.3 – UF:
1.4 Órgão Interessado no Empreendimento:	
1.5 Autor da Indicação do terreno:	
2. CARACTERIZAÇÃO DO TERRENO	
2.1 Endereço:	
2.2 Possibilidade de escoamento de Águas Pluviais:	
2.3 Possibilidade de Alagamento:	
2.4 Ocorrência de poeiras, ruídos, fumaças, emanações de gases, etc.:	
2.5 Ocorrência de Passagem pelo Terreno de:	
2.5.1 Fios de alta tensão:	
2.5.2 Adutoras:	
2.5.3 Emissários:	
2.5.4 Córregos:	
2.5.5 Outros:	
2.5.6 Existência de árvores, muros, benfeitorias a conservar ou demolir:	

<b>3. EXISTÊNCIA DE SERVIÇOS PÚBLICOS</b>	
3.1	Ruas de acesso, indicando a principal e a mais conveniente:
3.2	A pavimentação, seu estado e natureza:
3.3	Guias e passeios, seu estado e natureza, inclusive obediência ao padrão municipal:
3.4	Arborização e espécies existentes ou exigidas:
3.5	Rede de água:
3.5.1	Informação sobre a rua de entrada, regularidade de abastecimento e eventual necessidade de extensão:
3.5.2	Se necessária a escavação de poço, verificar a qualidade da água na vizinhança e dimensões prováveis do poço:
3.5.3	No caso de abastecimento de água por poço, análise da mesma em laboratório categorizado:
3.6	Rede de esgoto:
3.6.1	Informar a rua de saída e/ou eventual necessidade de extensão:
3.6.2	Verificar a necessidade e condições de implantação de fossa séptica e sumidouro:
3.7	Rede de eletricidade (tensão de distribuição, rua de acesso de eventual necessidade de extensão ou rebaixamento de tensão):
3.8	Rede de gás:
3.9	Rede telefônica (indicando a rua de acesso e eventual extensão):



#### **4. ELEMENTOS PARA ADEQUAÇÃO DO PROJETO**

- |     |  |
|-----|--|
| 4.1 | Situação econômica e social da localidade e o padrão construtivo da vizinhança:  |
| 4.2 | Disponibilidade local de materiais e mão-de-obra necessária à construção:<br>a) Material:                                  b) Mão-de-obra: |

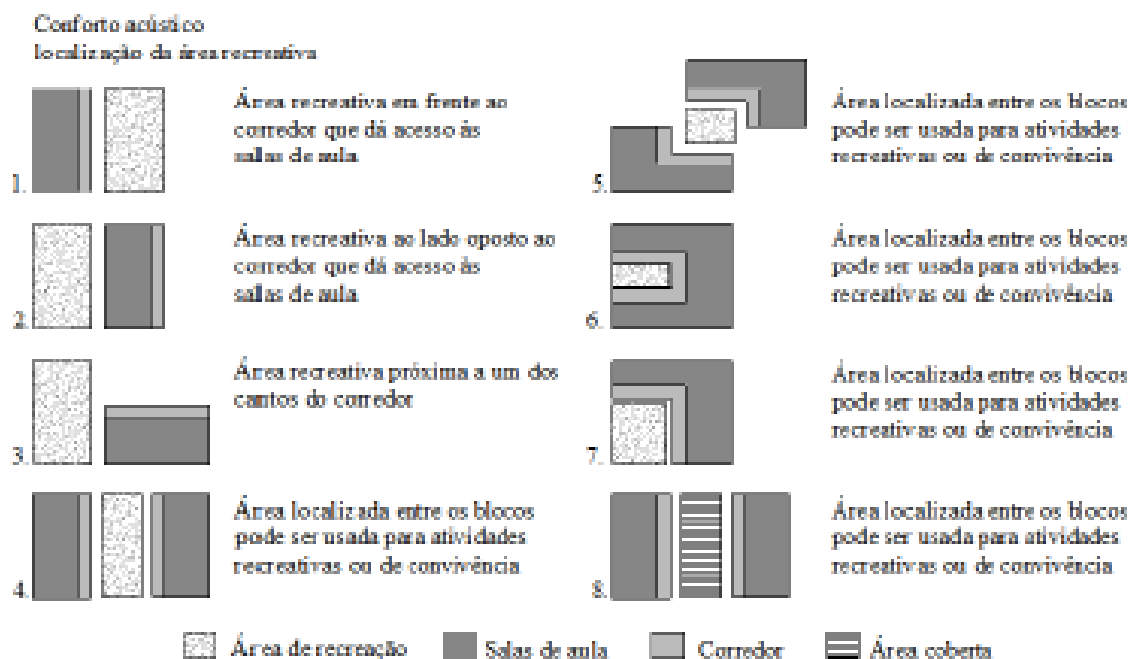
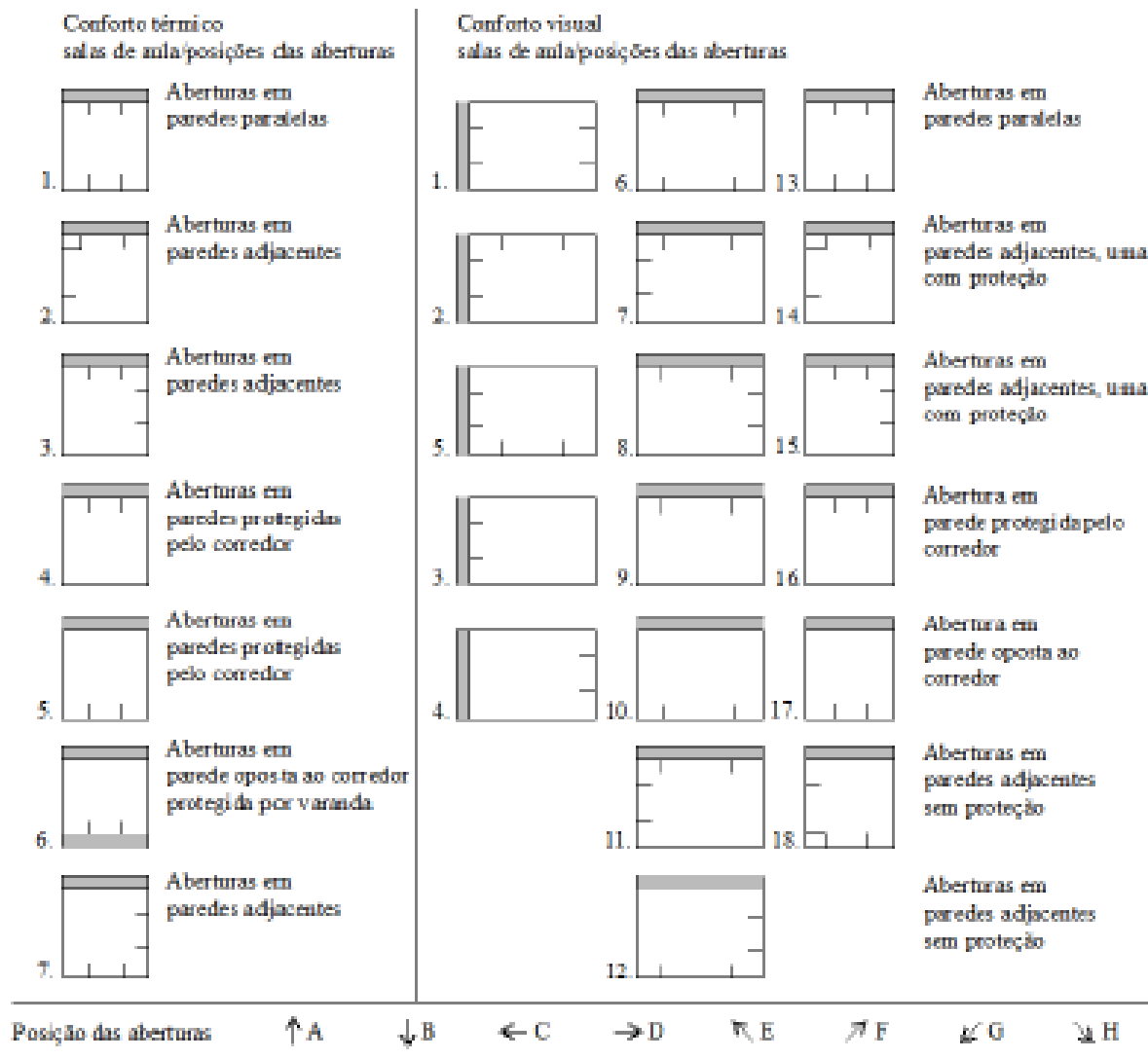
#### **5. PROVIDÊNCIAS A SEREM TOMADAS PREVIAMENTE**

- |     |                                     |
|-----|-------------------------------------|
| 5.1 | Execução de movimento de terra:     |
| 5.2 | Pavimentação de ruas:               |
| 5.3 | Remoção de obstáculos e demolições: |
| 5.4 | Retirada de painéis de anúncios:    |
| 5.5 | Remoção de eventuais ocupantes:     |
| 5.6 | Canalização de córregos:            |

#### **6. FOTOS**

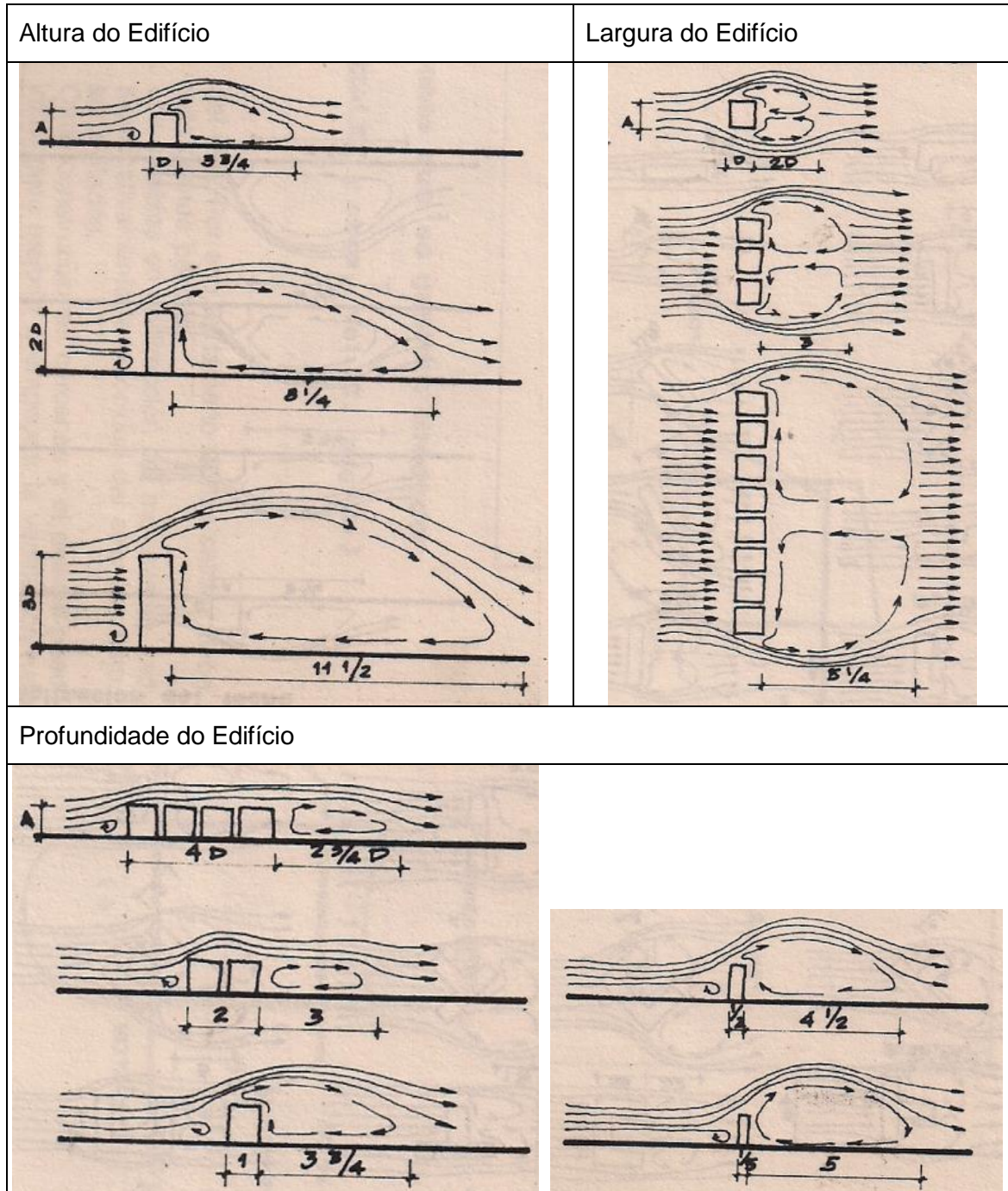
### Anexo 3 – Tipologias – Otimização Multicritérios

Fonte: Graça e Kowaltowski(2004)

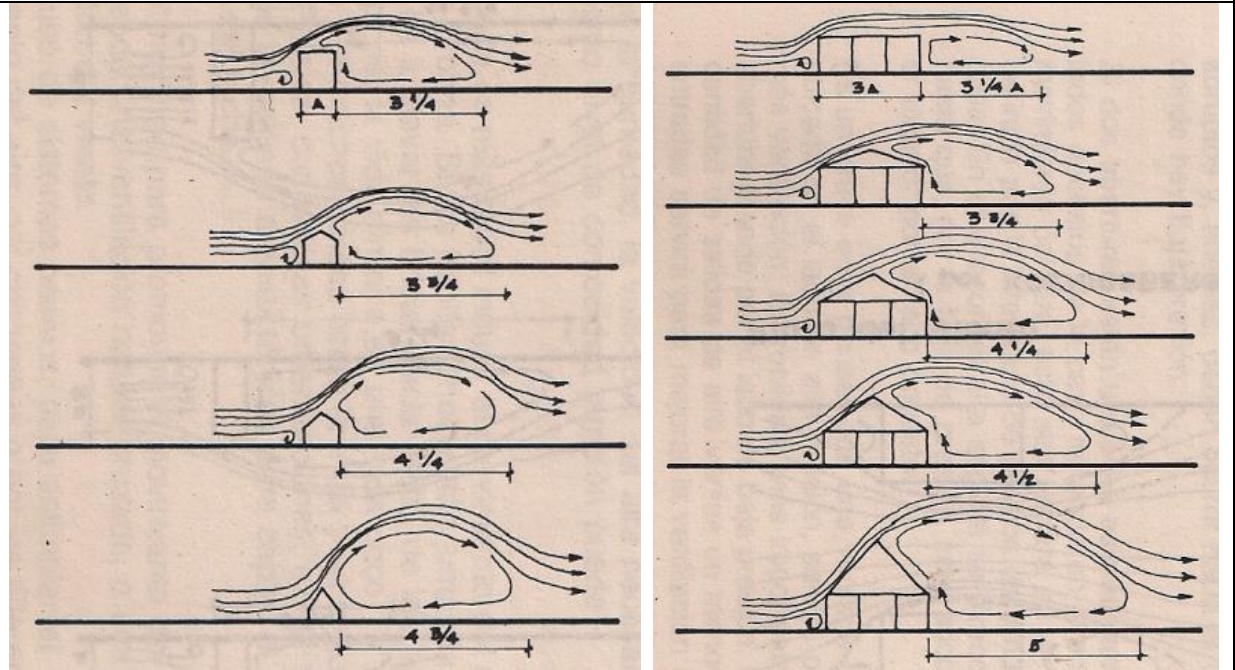


## Anexo 4 – Influência das dimensões e da forma do edifício no tamanho da esteira provocada pelo vento

Fonte: Texas Research Station (1957). Air flow Around Buildings. Architectural Forum 9. Apud Hertz, J.B. Arquitetura tropical . Centro de Estudos de La Amazônia. Iquitos- Perú, 1989.



### Inclinação da Cobertura



### Orientação do Edifício

