VENTILAÇÃO E ILUMINAÇÃO NATURAIS NA OBRA DE JOÃO FILGUEIRAS LIMA, LELÉ

VENTILAÇÃO E ILUMINAÇÃO NATURAIS NA OBRA DE JOÃO FILGUEIRAS LIMA, LELÉ:

Estudo dos Hospitais da Rede Sarah Kubitschek Fortaleza e Rio de Janeiro

JORGE ISAAC PERÉN MONTERO
Orientadora: Profa. Associada ROSANA MARIA CARAM
Dissertação de mestrado - Universidade de São Paulo / USP

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS**

JORGE ISAAC PERÉN MONTERO

**VENTILAÇÃO E ILUMINAÇÃO NATURAIS NA OBRA DE JOÃO FILGUEIRAS LIMA, LELÉ:
ESTUDO DOS HOSPITAIS DA REDE SARAH KUBITSCHK FORTALEZA E RIO DE JANEIRO.**

**São Carlos
2006**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

M778v

Perén, Jorge Isaac Montero

Ventilação e iluminação naturais na obra de João Filgueiras Lima " Lelé " : estudo dos hospitais da rede Sarah Kubitschek Fortaleza e Rio de Janeiro / Jorge Isaac Perén Montero ; orientador Rosana Maria Caram. -- São Carlos, 2006.

Dissertação (Mestrado-Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Área de Concentração: Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2006.

1. Ventilação natural. 2. Iluminação natural. 3. Hospitais da rede Sarah. 4. João Filgueiras Lima, Lelé. 5. Conforto térmico. I. Título.

DEDICATÓRIA

Dedico todas las energías concentradas en este trabajo a mis queridos Padres, Jorge y Elsa de Perén. A mi hermana Jemily por la nueva familia que acaba de iniciar junto a Ricardo y a mi lindo sobrino, Carlos Javier, que espero prontamente conocer.

Gracias por estimularme con sus pensamientos positivos. Esta nueva conquista es para ustedes. Los amo.

AGRADECIMENTOS

Obrigado à CAPES e ao Departamento de Arquitetura e Urbanismo da EESC/USP pela bolsa-auxílio e apoio concedidos.

Ao Arquiteto João Filgueiras Lima, Lelé pela abertura e sua disposição. Obrigado por seu tempo e pelas conversas. Obrigado também por ter disponibilizado todo o material do acervo CTRS para esta pesquisa. Saiba que sua sensibilidade e humildade é o meu principal aprendizado.

A toda a equipe do Centro de Tecnologias da Rede Sarah em Salvador:

A Ana Amélia obrigado pela disposição e paciência. Desculpa por te alugar com tantas perguntas e por me esperar sempre que chegava no final da tarde, principalmente nas sextas-feiras.

A Clicia e Eufêmia, secretárias do Lelé, por atenderem todas as minhas ligações e pela receptividade nas minhas visitas.

A Adriana Filgueiras pelo tempo disponibilizado na minha visita à Obra do novo Hospital Sarah Rio de Janeiro e ao Centro de Reabilitação Infantil. Obrigado também por ter disponibilizado todo o material em obra.

A Newton Bacelar, administrador do Sarah Salvador, pelas conversas e pelo tempo disponibilizado.

A Roberto Vitorino, engenheiro calculista, obrigado pela sua disposição e simpatia.

A George Raulino pela entrevista concedida.

Aos técnicos do Hospital Sarah Fortaleza José Francisco e Adriano. Obrigado pela sua atenção e paciência na minha visita ao hospital. José Francisco obrigado pelo suporte e assistência nas medições in loco.

A Eliane Terra por ter permitido minha visita ao Hospital Sarah Fortaleza.

Aos colegas do Laboratório de Conforto Ambiental - LABAUT - da FAU-USP: Alessandra Prata, Daniel, Kika e à professora Denise Duarte.

A Edson Matsumoto, professor e Doutor, pelos esclarecimentos e conversas sobre ventilação natural.

Ao Professor Paulo Greco, do departamento de Aeronáutica da EESC-USP pelo suporte com as simulações de ventilação no CFX.

A Luis Alcântara e a seu irmão por terem disponibilizado os negativos das fotos do Sarah Fortaleza. Luis, o Arquiteto Lelé agradece seus elogios.

A todo o pessoal do SAP. Ao grande Marcelinho pela sua atenção e paciência quando faltava alguma documentação. Obrigado pelo seu espírito de estrangeiro. Aos mestres da tecnologia Paulo Ceneviva, Evandro e o Oswaldo pela assistência e atenção. A Serginho.

À família Ribeiro por terem aberto suas portas para mim. Ao avô Wilson pela revisão do português da minha qualificação e minha dissertação. Desculpe pelo trabalho. Informarei aos meus autores citados dos erros por eles cometidos. Ao Tio Wilson pela sua paciência. À Tia Fátima, grande artista plástica, pela sua alegria contagiante, criatividade e grande coração. Estou com saudades das suas comidas. Tia adoro você. Um grande beijo. Ao meu grande amigo Dário José pelo seu apoio incondicional. Valeu por tudo. Espero que nossas viagens continuem.

Aos meus colegas da TSYA Arquitetura e Engenharia: Antonio, Karen, Fernando, Ricardo e Claudia. Kelly obrigado pelo apoio foi de grande importância. A Andrés pela consideração e confiança depositada. A todos, obrigado. Espero que continuemos crescendo juntos.

Aos meus colegas e amigos Reginaldo, Bruno, Acácia, Guilherme, Diogo, Chanzinho, Pablo, Rodrigo, Renatinho e Anali.

À eficiência e criatividade da Marininha. Obrigado pelo apoio na diagramação deste trabalho.

Esta pagina é dedicada exclusivamente à minha orientadora, Rosana Maria Caram: Inteligente, objetiva, mãe paciente, dedicada e de bom astral. Obrigado pela oportunidade e pela confiança depositada em mim. Espero que sua sala continue transmitindo boas energias e que seu sorriso continue iluminando a entrada e os corredores do SAP.

RESUMO

PERÉN, J. I. (2006). Iluminação e Ventilação Naturais na obra de João Filgueiras Lima “Lelé”: Estudo dos Hospitais da Rede Sarah Kubitschek Fortaleza e Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

A conjugação das variáveis luz e vento e sua consideração desde a concepção do edifício são fundamentais para garantir uma eficiente Ventilação e iluminação Natural. A orientação e a forma do edifício também são importantes. No entanto, a Ventilação Natural depende da integração dos seus princípios básicos; por diferença de pressão e pelo efeito chaminé. Os fundamentos da Ventilação e da Iluminação naturais em climas quentes são ilustrados através da obra do arquiteto João Filgueiras Lima, Lelé. Economia de energia, boas condições visuais, psicológicas, higiênicas e uma agradável sensibilidade espacial, entre outros aspectos, subjetivos e relativos ao conforto ambiental, caracterizam a eficaz incorporação da luz e da ventilação natural nas suas obras. Analisam-se os Hospitais da Rede Sarah Kubitschek, Fortaleza e Rio de Janeiro, duas das obras que melhor ilustram as soluções técnicas e arquitetônicas, propostas pelo arquiteto, que favorecem a entrada do vento e da luz natural. Evidencia-se o aprimoramento dos sheds e demais sistemas de ventilação como as galerias e o piso técnico assim como os sistemas flexíveis de fechamento; o forro de painéis de policarbonato basculantes e os arcos retráteis, os quais, dependendo do tipo de ventilação em funcionamento (natural, mecânica ou artificial), permitem o controle da saída do ar e da Iluminação Natural de maneira independente. A incorporação de jardins internos e dispositivos de climatização passivos, como espelhos d’água e nebulizadores, são também ilustrados. No Hospital Sarah Fortaleza destaca-se a organização dos ambientes especiais e os ambientes flexíveis. Nos ambientes especiais (salas de radiologia, farmácias e centros cirúrgicos), o ar condicionado é fundamental, pois exigem níveis rigorosos e controlados de Temperatura, Umidade Relativa e gradiente de pressão de ar. Já nos ambientes flexíveis (salas de fisioterapia, ambulatórios, enfermarias e áreas de espera), onde o controle é menos rigoroso, a ventilação natural garante o conforto térmico. Cabe salientar que os ambientes flexíveis estão dispostos de maneira a captar os ventos dominantes. Conclui-se que os dispositivos de fechamento (janelas, sheds, muros e aberturas) devem permitir o controle independente da iluminação e da ventilação natural.

Palavras-chave: Ventilação Natural; Iluminação Natural; Hospitais da Rede Sarah; João Filgueiras Lima, Lelé; Conforto térmico.

ABSTRACT

PERÉN, J. I. (2006). Natural Ventilation and Lighting in João Filgueiras Lima “Lelé”: Research of Sarah Kubitschek Hospital Fortaleza and Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

The combination of the variables light and wind, and its consideration since the conception of the building is fundamental to guarantee an efficient Natural Ventilation and Lighting. The orientation and shape of the building are also important. However, Natural Ventilation depends on the integration of its basic principles; through pressure difference and through chimney effect. Natural Lighting and Ventilation principles in warm climates are illustrated through the work of the architect João Filgueiras Lima, Lelé. Low energy, good visual conditions, also psychological and hygiene conditions, and a pleasant spatial sensibility, among other aspects, subjective and relative to environmental comfort, characterize the efficient incorporation of natural light and ventilation in the architect's work. Hospitals from the Rede Sarah Kubitschek, from Fortaleza and Rio de Janeiro, were analyzed, two of the buildings that best illustrate the technical and architectonic solutions proposed by the architect, which enhance the entrance of wind and natural light. The refinement of sheds and other ventilation systems such as galleries and technical floors, as well as the flexible systems for closing, stands out in his architecture; the tilting polycarbonate panels that form the false roof, and the retractable arcs, which, depending on the type of applied ventilation (natural, mechanic, or artificial), allow a control of air exit and natural lighting independently. The incorporation of internal gardens and passive acclimatizing devices, such as water pools and nebulizers, are also illustrated. At the Sarah Hospital in Fortaleza, an organization of special and flexible environments stands out. In the special environments (radiology rooms, pharmacy, and surgery centers), air conditioning is fundamental, because they demand rigorous and controlled levels of Temperature, Relative Humidity, and gradient air pressure. On the other hand, in the flexible environments (physiotherapy rooms, clinic, nursery and waiting areas), where environmental control is less rigorous, natural ventilation guarantees the thermal comfort. It is important to emphasize that the flexible environments are disposed in such a way to capture the dominant winds. Therefore, it is concluded that the closing devices (windows, sheds, walls, and openings) shall allow an independent control of natural ventilation and natural lighting.

Key-words: Natural Ventilation; Natural Lighting; Rede Sarah Hospitals; João Filgueiras Lima, Lelé; Thermal Comfort.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – DISBRAVE (1965-1985) DF.....	35
FIGURA 2 – Escolas transitórias - Corte.....	36
FIGURA 3 – Corte e Detalhe.....	37
FIGURA 4 – Vista	38
FIGURA 5 - Fenômenos que intervêm no balanço térmico da camada superficial da Terra: radiação solar (I), evaporação (E), convecção (CV), radiação de onda longa (R) e condução (CD).....	47
FIGURA 6 - Variação típica da temperatura do ar no decorrer do dia.....	47
FIGURA 7 - Espectro eletromagnético: Mostra a ampliação dos espectros térmico, solar e visível.....	50
FIGURA 8 - Mapa do Brasil com seis regiões climáticas.....	54
FIGURA 9 – Carta Bioclimática adotada para Brasil.....	59
FIGURA 10 - Efeito aerodinâmico produzido pelo vento numa placa.....	66
FIGURA 11 - Efeito aerodinâmico do vento, em volumes. Ventilação cruzada.....	66
FIGURA 12 - Efeito Venturi.....	68
FIGURA 13 - Diagramas indicativos da distribuição da pressão num edifício de planta quadrada quando muda a direção do vento. A distribuição uniforme da pressão positiva e da sucção dá melhores resultados na ventilação.....	68
FIGURA 14 - Metodologia CSTB – Impacto das características externas da edificação: Efeito de aberturas na cobertura.....	69
FIGURA 15 - Diferença de pressões na cobertura.....	69
FIGURA 16 - Funil de vento. A arborização canaliza o vento e aumenta sua velocidade.....	70
FIGURA 17 – Influência das aberturas na ventilação cruzada.....	71
FIGURA 18 a - Gráfico típico da velocidade do vento perto da superfície da terra.....	78
FIGURA 18 b - Associação entre velocidade e direção do vento.....	78
FIGURA 19 - Camada Limite atmosférica - Gradiente de vento.....	79
FIGURA 20 - Brisas diurnas e Noturnas.....	81
FIGURA 21 a e 21 b - Rodoviária de Ribeirão Preto - Maquete e Corte.	82
FIGURA 22 a e 22 b – Sistema de Ventilação da sala do Lelé no CTRS - Salvador.....	83
FIGURA 23 a e 23 b – Farmácia do Hospital Sarah Salvador. Sistema de refrigeração evaporativa; saídas de ar com nebulização de água.....	84
FIGURA 24 – Corte esquemático da Farmácia do Hospital Sarah Salvador. Sistema de refrigeração evaporativa (móvel), exaustores e ventiladores.....	85
FIGURA 25 - Sistemas de Iluminação Natural.....	85
FIGURA 27 - Esquemas dos <i>sheds</i> dos Hospitais Sarah.....	109

FIGURA 28 a - Fixação das divisórias de argamassa armada – Corte e Planta.....	112
FIGURA 28 b - Painéis de argamassa armada.....	112
FIGURA 28 c - Fixação no piso da divisória de argamassa armada.....	112
FIGURA 29 a - Fechamento do Tribunal de Contas da União - Cuiabá. Vista externa do estacionamento.....	112
FIGURA 29 b - Tribunal de Contas da União - Cuiabá. Delimitação de acesso entre o estacionamento e o jardim interno. Vista interna.....	112
FIGURA 29 c - Fechamento externo. Permite a iluminação lateral do corredor.....	112
FIGURA 30 a - área de recreação infantil do Centro de Reabilitação Infantil de Rio de Janeiro..	113
FIGURA 31 a, b e c - fechamentos externos dos Hospitais Sarah Macapá, Brasília (Lago Norte) e Fortaleza.....	113
FIGURA 32 - Modificação do modelo de movimento do ar por meio do paisagismo.....	114
FIGURA 33 a - Jardim interno. Tribunal de Contas da União – Cuiabá.....	115
FIGURA 33 b - Jardim interno. Hospital Sarah Fortaleza.....	115
FIGURA 34 a - Vista do bonde. Passagem do Hospital Sarah Salvador.....	115
FIGURA 34 b - Vista do jardim entre o Sarah Salvador e o CTRS.....	115
FIGURA 35 - Área externa com “unigrama”. Hospital Sarah Amapá.....	116
FIGURA 36 a - Tribunal de Contas da União – Cuiabá. Vista da abertura lateral que direciona os ventos para dentro da edificação.....	117
FIGURA 36 b - Vista interna da abertura lateral.....	117
FIGURA 37 a - Janela flexível; abertura para ventilar, iluminar e integração visual.....	119
FIGURA 37 b - Peitoril Ventilado.....	119
FIGURA 38 - Luminosidade num quarto com aberturas em shed sobre céu claro.....	120
FIGURA 39 - Esquema de luminosidade num quarto com abertura lateral.....	120
FIGURA 40 - Termas de Badenweiler, aprox 70 dC.....	130
FIGURA 41 - Xenodochium Bizantino.....	130
FIGURA 42 - Hospital Santo Espiritu de Lubeck, 1286.....	131
FIGURA 43 - Ospedale Maggiore de Milão, 1456. Tratado de arquitetura de Fiori.....	131
FIGURA 44 - Royal Naval Hospital 1756-1764. Arq. Rovehead.....	132
FIGURA 45 - Hospital Lariboisiere, 1846-1854. Arq. Pierre Gaultier, doc Monumentos Históricos de franca.....	133
FIGURA 46 - Enfermaria Nightingale St. Thomas Hospital.	133
FIGURA 47 - Belfast Royal Victoria Hospital, 1903 Arq. Henman & Cooper.....	134
FIGURA 48 - Modelos de Hopitais.....	135
FIGURA 49 - Relação dos custos de uma construção vertical, comparados aos custos que seus sis-	

temas artificiais de ventilação e iluminação acarretaram.	146
FIGURA 50 - Morfologia dos Hospitais da Rede Sarah: Flexibilidade e extensibilidade.....	154
FIGURA 51 - Hospital Sarah Brasília	160
FIGURA 52 - Hospital Sarah Fortaleza.....	160
FIGURA 53 - Várias situações do elemento pré-fabricado de laje / montagem.....	161
FIGURA 54 - Hospitais da Rede Sarah.....	163
FIGURA 55 - Forma dos sheds de Brasília.	164
FIGURA 56 - Forma dos sheds de Salvador.....	165
FIGURA 57 - Forma dos sheds de Brasília Lago Norte.	165
FIGURA 58 - Forma dos sheds de Fortaleza.....	166
FIGURA 59 - Forma dos sheds de Rio de Janeiro - Centro de Reabilitação.....	166
FIGURA 60 a - Shed do Tribunal Regional Eleitoral da Bahia.....	167
FIGURA 60 b - Parte da cobertura do Hospital Sarah Rio de Janeiro.....	167
FIGURA 61 - Modelos A, B e C.....	170
FIGURA 62 - Simulação de Ventilação no CFX – Shed do hospital Sarah Salvador.....	171
FIGURA 63 - Vista aérea do Hospital Sarah Fortaleza.	175
FIGURA 64 - Localização do Hospital Sarah Fortaleza, orientado para receber os ventos dominantes vindos do litoral.....	177
FIGURA 65 – Dados do terreno e variáveis climáticas: Ventos predominantes, Norte magnético, área de bosque.	177
FIGURA 66 – Relação de área construída e área verde.	178
FIGURA 67 - Corte do Hospital Sarah Fortaleza. Mostra o bloco vertical de enfermarias e seus respectivos solários.....	179
FIGURA 68 - Ambientes do Hospital.....	180
FIGURA 69 a - Vista do corredor-espera. No fundo, acesso à sala de radiologia.....	181
FIGURA 69 b - Vista do corredor-espera. No fundo, à recepção.....	181
FIGURA 70 a - Área de fisioterapia às 13hs do dia 23 de Agosto. Sem as luzes acessas.....	181
FIGURA 70 b - Área de fisioterapia às 13hs do dia 23 de Agosto, com luzes acessas.....	181
FIGURA 70 c - Níveis de iluminação natural na sala de fisioterapia às 13hs do dia 23 de Agosto...182	
FIGURA 70 d - Níveis de iluminação natural no foyer do auditório às 14hs do dia 23 de agosto...183	
FIGURA 71 a - Área de fisioterapia e recreação - Jardim coberto.....	185
FIGURA 71 b - Vista do ginásio contíguo à área de fisioterapia.....	185
FIGURA 71 c - Vista do Jardim coberto desde o último andar.....	185
FIGURA 71 d - Vista do ginásio ao atardecer.....	185
FIGURA 72 a - Desenho das enfermarias e apartamentos.....	186

FIGURA 72 b - Posto de enfermaria.....	186
FIGURA 72 c - Enfermarias.....	186
FIGURA 72 d - Corredor lateral.....	186
FIGURA 73 a e b- Vista dos Solários.....	187
FIGURA 74 a - Vista do jardim desde o último andar.....	188
FIGURA 74 b - Vista do jardim desde o térreo.....	188
FIGURA 75 a - Vista de frente das galerias de ventilação.	189
FIGURA 75 b - Bocas de entrada de ar. Observam-se os nebulizadores na frente das bocas....	189
FIGURA 75 c - Corte esquemático das galerias de ventilação.....	189
FIGURA 75 d - Vista das galerias de ventilação.....	189
FIGURA 75 e - Vista dos exaustores do interior das galerias.....	190
FIGURA 75 f - Bocas de saída do ar de dentro para os ambientes do hospital.....	190
FIGURA 75 g - Boca de saída de ar nos ambulatorios.....	190
FIGURA 75 h - Boca de saída de ar nos corredores.....	190
FIGURA 75 j - Bocas de saída do ar de dentro das galerias para os ambientes do hospital.....	191
FIGURA 76 a - Corte esquemático das galerias de ventilação.....	191
FIGURA 76 b - Software de monitoramento do sistema de ventilação automatizado.....	192
FIGURA 77 - Fotomontagem do Hospital Sarah Rio de Janeiro.....	197
FIGURA 78 - Localização do Hospital e do Centro de Reabilitação da Rede Sarah.....	198
FIGURA 79 a - Maquete do Primeiro projeto para a Ilha Pombeba. Hospital e Centro de Reabilitação Infantil Sarah Rio de Janeiro.	199
FIGURA 79 b - Vista aérea do Centro de Reabilitação Infantil Sarah Rio de Janeiro.....	199
FIGURA 80 - Corte do Hospital.	201
FIGURA 81 - Sistema de Ventilação do Hospital Sarah Rio de Janeiro.....	203
FIGURA 82 - Cobertura em formato de Sheds. Vista da Maquete do Hospital Sarah Rio de Janeiro...	204
FIGURA 83 a - Corte do sistema do forro basculante.....	205
FIGURA 83 b - Vista do sistema de painéis (automatizados) basculantes. Forro do corredor lateral do Hospital Escola de São Carlos.....	205
FIGURA 83 c - Vista do sistema de painéis basculantes já instalados no Hospital Escola de São Carlos. Forro sobre o ambulatorio.....	205
FIGURA 84 a - Corte mostrando o jardim interno com a cobertura em arco móvel (automatiza-do).....	206
FIGURA 84 b - Vista da rampa desde o segundo nível, sob a cobertura em arco móvel.....	206
FIGURA 84 c - Vista dos arcos móveis sob a cobertura.....	206
FIGURA 85 - Sistema Construtivo do Hospital Sarah Rio de Janeiro - Desenho do Lelé.	207

FIGURA 86 - Ambientes do Hospital.....	208
FIGURA 87 - Relação de área verde e área construída.....	209
FIGURA 88 - Ambientes com Ventilação Artificial, Áreas de transição e Áreas Verdes.....	209
FIGURA 89 - Centro de convivência e Jardim Interno do Hospital Sarah Rio de Janeiro. Desenho do Lelé.....	210
FIGURA 90 a – Vista do piso técnico. O nível do hospital está 80 cm sobre o nível de acesso..	212
FIGURA 90 b Vista do futuro jardim descoberto.....	212
FIGURA 90 c – Vista da passagem para manutenção da caixilharia. Do lado o painel de lamelas: Esse painel permite a passagem do ar através do hospital.....	212
FIGURA 90 d - Vista da passagem que liga o bloco de Serviços Técnicos com o de Serviços Ge- rais.....	212
FIGURA 90 e – Vista das passagens para manutenção dos dutos de ar- condicionado (ainda não instalados) e do forro de painéis de policarbonato basculantes. As vigas servem de corredores de passagem.....	212
FIGURA 90 f - Vista da rampa de acesso ao segundo nível.....	212
FIGURA 91 a - Estrutura do auditório do Hospital Sarah Rio de Janeiro.....	213
FIGURA 91 b - Sistema de abertura do Auditório.....	214
FIGURA 91 c - Maquete da cúpula do Auditório.....	214
FIGURA 91 d - Vista da montagem do Auditório (14 de Março de 2006).....	214
FIGURA 92 - Evolução dos sheds dos Hospitais Sarah (Brasília, Salvador, Fortaleza, Lago Norte (Br) e Rio de Janeiro.....	221
FIGURA 93 - Evolução dos sistemas de ventilação propostos por Lelé (Natural, mecanico e artifi- cial).....	221

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima.....	46
Tabela 2: Velocidade do vento e seu impacto.....	76
Tabela 3 - Cronologia dos Hospitais da Rede Sarah	162
Tabela 4 - Temperaturas de Projeto para o período de Verão - Cidade de Fortaleza.....	176
Tabela 5 - Temperaturas de Projeto para o período de Inverno - Cidade de Fortaleza.....	176
Tabela 6 - Temperaturas de Projeto para o período de Verão - Cidade de Rio de Janeiro...	198
Tabela 7 - Temperaturas de Projeto para o período de Inverno - Cidade de Rio de Janeiro...	198

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

INTRODUÇÃO.....	19
OBJETIVOS.....	23

Capítulo 1 - UMA PESSOA, UMA CARREIRA = UMA CONSCIÊNCIA...

1.1- JOÃO FILGUEIRAS LIMA LELÉ”.....	29
1.1.1- Sua vida.....	29
1.1.2- Lelé e sua consciência climática.....	32
1.1.3- Concepção de projeto x obras.....	34
1.1.4- Hospitais da Rede Sarah Kubitschek.....	38

Capítulo 2 - UM CLIMA, UMA CONS+CIÊNCIA = UMA ARQUITETURA...

2.1- CLIMA E CONFORTO TÉRMICO.....	45
2.1.1- Clima.....	46
2.1.2- Elementos climáticos.....	47
2.1.2.1- A temperatura do ar.....	47
2.1.2.2- A radiação solar.....	50
2.1.2.3- A umidade.....	54
2.1.2.4- O vento.....	54
2.1.3- Classificação climática.....	55
2.1.3.1- Clima quente-úmido.....	56
2.1.3.2- Micro-clima.....	57
2.1.4- Clima x homem.....	58
2.1.4.1- Zona de conforto.....	58
2.1.4.2- Carta bioclimática.....	60
2.2- VENTILAÇÃO NATURAL.....	63
2.2.1- Tipos de ventilação	64
2.2.1.1- Critérios da ventilação natural.....	65

2.2.1.2- Ventilação natural térmica e ventilação natural dinâmica.....	66
2.2.1.3- Ventilação natural dinâmica.....	67
2.2.2- Estratégias para uma ventilação natural eficaz.....	69
2.2.2.1- Importância da ventilação natural.....	70
2.2.2.2- Ventilação natural para melhorar a qualidade do ar interno.....	70
2.2.2.3- Ventilação natural para melhorar o conforto térmico.....	73
2.2.3- O vento na climatização do edifício.....	75
2.2.3.1- O vento e seu caráter variável.....	77
2.2.3.2- Camada limite.....	78
2.2.3.3- Brisas produto da presença de massas de água.....	80
2.2.4- Recursos complementares à ventilação natural.....	81
2.2.4.1- Refrigeração evaporativa.....	81
2.2.4.2- Interação da ventilação natural com a artificial e a mecânica.....	82
2.2.5- Ventilação natural em hospitais.....	86
2.2.5.1- Edifícios enfermos.....	86
2.2.6- Métodos preditivos da ventilação natural.....	87
2.2.6.1- Simulação gráfica de Ventilação Natural.....	89
2.3- ILUMINAÇÃO NATURAL.....	93
2.3.1- Importância da iluminação natural.....	93
2.3.1.1- Fontes luminosas.....	94
2.3.1.1.1- A luz do sol.....	95
2.3.1.1.2- A luz da abóbada celeste.....	95
2.3.1.2- Conforto visual.....	97
2.3.1.3- Diretrizes e soluções técnicas.....	98
2.3.1.4- Formas de iluminar e controlar a insolação excessiva.....	99
2.3.1.5- Métodos preditivos da iluminação natural.....	100
2.3.1.5.1- Simulações com modelos físicos e eletrônicos.....	102
2.4- CLIMA X ARQUITETURA.....	107
2.4.1- Eficiência energética em edifícios.....	108
2.4.2- Orientação e forma dos edifícios.....	109
2.4.3- Material envolvente: cor e textura.....	111
2.4.4- Influência da vegetação.....	113
2.4.5- Aberturas.....	116
2.4.5.1- Flexibilidade nas aberturas.....	119
2.4.5.2- Shed.....	120

Capítulo 3 - UMA INSTITUIÇÃO, UMA ARQUITETURA = UMA POSSIBILIDADE.

3.1- HOSPITAIS - ANTECEDENTES E MORFOLOGIA.....	128
3.2- AMBIENTES HOSPITALARES - CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	141
3.2.1- Aspectos subjetivos.....	141
3.2.1.1- Luz , Cor e estímulo.....	142
3.2.2-Vantagens da Ventilação e Iluminação Naturais.....	144
3.3- HOSPITAIS DA REDE SARAH KUBITSCHKE.....	149
3.3.1- A Instituição e sua Filosofia - Associação das Pioneiras Sociais.....	150
3.3.2- Centro de Tecnologias da Rede Sarah – CTRS.....	150
3.3.3- Hospitais da Rede Sarah Kubitschke.....	152
3.3.3.1- Diretrizes dos Hospitais.....	152
3.3.3.1.1- Assepsia.....	155
3.3.3.1.1.1- Ambientes especiais.....	157
3.3.3.1.1.2- Ambientes flexíveis.....	158
3.3.3.2- Formas dos edifícios.....	159
3.3.3.3- Sheds dos Hospitais.....	161
3.3.3.3.1- A Forma e Ventilação dinâmica: Simulação dos <i>sheds</i>	168
3.4- HOSPITAL SARAH KUBITSCHKE FORTALEZA.....	175
3.4.1- Características climáticas da cidade.....	176
3.4.2- Localização e características do terreno.....	177
3.4.3- O hospital.....	177
3.4.4- Ambientes do hospital.....	180
3.4.4.1- Área de fisioterapia.....	181
3.4.4.2- Ginásio - Área coberta.....	184
3.4.4.3- Enfermarias.....	184
3.4.4.4- Solários.....	187
3.4.4.5- Jardim.....	187
3.4.5- Sistema de ventilação.....	188
3.4.5.1- Galerias de ventilação.....	188
3.4.5.2- Sistema de ventilação artificial automatizado.....	191
3.4.6- Sheds.....	193
3.4.7- Cobertura metálica do jardim.....	193
3.4.8- Plantas, Cortes e Elevações do Hospital.....	194
3.5- HOSPITAL SARAH KUBITSCHKE RIO DE JANEIRO.....	197

3.5.1- Características climáticas da cidade.....	199
3.5.2- Localização e características do terreno.....	199
3.5.3- Diretrizes e Partido arquitetônico.....	200
3.5.4- Sistema de ventilação do hospital.....	202
3.5.4.1- Sistemas flexíveis.....	205
3.5.4.1.1- Forro de painéis basculantes de policarbonato.....	206
3.5.4.1.2- Forro em arco móvel.....	207
3.5.5- Sistema Construtivo.....	207
3.5.6- Ambientes do hospital.....	208
3.5.6.1- Fisioterapia e Centro de Convivência.....	210
3.5.6.2- Jardins.....	211
3.5.6.3- Solários.....	211
3.5.6.4- Auditório.....	211
3.5.7- Plantas, Cortes e Elevações do Hospital.....	215
Capítulo 4 - Considerações finais.....	217
5- Referências.....	225
6- Anexos.....	239
6.1 - Ficha técnica Hospital Sarah Fortaleza.....	240
6.2 - Ficha técnica Hospital Sarah Rio de Janeiro.....	241
6.3 - Fotos de Luis Carlos Alcântara – Paciente da Rede Sarah.....	242
6.4 - Plantas e cortes do Hospital Escola de São Carlos.....	243

INTRODUÇÃO

Para viver em harmonia com a natureza, é preciso respeitar e entender o que ela nos oferece, para obter dela o melhor proveito sem prejudicá-la. A carência de água e o conseqüente racionamento de energia são hoje problemas do Brasil e de outros países. É um dos resultados do uso indiscriminado dos recursos naturais pelo homem, que exige uma séria reflexão.

Nos anos 1970, a crise do petróleo e as conseqüentes preocupações ambientais relativas à exploração dos recursos naturais suscitaram discussões sobre eficiência energética nas edificações. Aproveitar as fontes de energia da natureza – água, luz do sol e vento, entre outros - para garantir o abrigo do homem de acordo com suas necessidades e em sintonia com o meio ambiente é um dos objetivos de um projeto, que deve fazer uso de sistemas passivos de climatização, que aproveitam a luz do sol e o vento.

A incorporação nos projetos arquitetônicos elementos da natureza como árvores, jardins, luz solar e vento, gera espaços mais humanizados e estimula psicologicamente os sentidos do usuário, resultando uma agradável sensação espacial e de conforto, fruto de boas condições visuais, higiênicas e térmicas.

As questões relativas à iluminação e à ventilação naturais devem fazer parte da concepção do edifício, para garantir sua eficiência e sua interlocução integral com a arquitetura proposta – uma arquitetura aberta e dinâmica, pouco condicionada a sistemas de climatização artificial que induzam o confinamento e o hermetismo dos ambientes internos, que reduz os custos da obra assim como os de sua manutenção.

No Brasil, um dos melhores arquitetos, e com uma consciência ambiental, é sem dúvida João Filgueiras Lima, o conhecido Lelé. Suas obras são verdadeiros modelos de arquitetura bio-climática e, dentre elas, destaca-se a Rede de Hospitais Sarah Kubitschek como um interessante objeto de estudar, seja por seu contexto, pelo próprio programa, pela assepsia e pelo Centro de Tecnologias da Rede Sarah (CTRS), entre outras razões. Sobre o Hospital Sarah Salvador, o primeiro da Rede construído pelo CTRS, afirmam Corbella e Yannas (2003, p.119) que “pode-se projetar, hoje, com a tecnologia disponível no Brasil, uma arquitetura bio-climática que funciona perfeitamente, integrada ao clima e à tradição local e com baixo consumo de energia convencional”.

Como o Sarah Salvador era o “embrião da Rede”, já se vislumbrava nele uma proposta diferen-

ciada, que segue sendo aprimorada em cada um dos hospitais seguintes. Em particular, o Sarah Fortaleza e o Sarah Rio de Janeiro apresentam as mais interessantes soluções, sobretudo em matéria de ventilação e iluminação naturais. As análises e leituras preparatórias desta dissertação, assim como conversas com o próprio Lelé levaram à escolha desses hospitais.

Do ponto de vista projetual, as propostas de Lelé para ventilação e iluminação naturais são indissociáveis. Seu estudo requer conhecimento de princípios básicos de física e conceitos empíricos referentes à dinâmica dos ventos (diferença de temperatura e pressão), assim como o espectro da radiação solar - a luz visível e o desfavorável infravermelho (IV), gerador de calor. Se, de um lado, as soluções arquitetônicas, em todos seus estágios e subsistemas, requerem bom domínio da técnica, de outro, a sensibilidade do arquiteto também tem um valor fundamental.

Na Rede de Hospitais Sarah, estão os melhores exemplos de dispositivos e soluções arquitetônicas que incorporam a luz natural e o vento aos ambientes internos.

Embora o Sarah Salvador tenha um bom sistema de galerias de ventilação, foi em Fortaleza que esse e outros sistemas como os sheds foram aprimorados e apresentam características interessantes. Sua implantação, o convívio com áreas verdes e a configuração mista - vertical-horizontal - são algumas características notáveis desse hospital.

O Sarah Rio de Janeiro se destaca por seus sistemas mistos de ventilação e por seu diferenciado desenho de coberturas que permitem a passagem do ar, mas principalmente por seu partido de projeto. Nesse hospital, observa-se uma outra fase na obra do arquiteto, com um desenho de cobertura mais suave, em função das características climáticas do Rio de Janeiro, em que se evidenciam liberdade e riqueza plástica e tecnológica, distinguindo-o do de Fortaleza e de todos os hospitais da Rede que o antecederam. Fala-se em uma nova fase, pois, no Sarah Rio de Janeiro, embora persistam as preocupações com a ventilação e a iluminação naturais, as soluções são mais ousadas e interessantes.

Nesse sentido, os hospitais Sarah Fortaleza e Rio de Janeiro marcam duas fases características da Rede. Sobre o Sarah Salvador, dizem Corbella e Yannas (2003, p. 115): “É um exemplo de adoção das técnicas bio-climáticas bem realizadas. (...) É também um exemplo da utilização da tecnologia da construção industrializada no Brasil, no qual se recolheu toda a experiência acumulada a partir do primeiro hospital da Rede, construído 14 anos antes, em Brasília.” Hoje, reitera-se a mesma avaliação, mas se observa no Hospital Sarah Fortaleza uma síntese de todos os outros

que o antecederam e, no Sarah Rio de Janeiro, constata-se uma nova fase, produto de toda a experiência acumulada a partir do primeiro Hospital da Rede.

Sua grande cobertura em formato de shed e seu complexo sistema de ventilação~ que alterna a natural com a mecânica, de acordo com o clima~ fazem desse hospital, ainda em fase de construção, um dos melhores da Rede Sarah e, assim, da arquitetura brasileira.

Além disso, cabe observar que a bibliografia e o material referente à obra e à vida do arquiteto João Figueiras Lima é considerável. Livros, trabalhos acadêmicos e artigos de revista acompanham sua obra desde o início de sua carreira, na construção de Brasília, pontuando-lhe a importância no desenvolvimento da argamassa no Brasil, na produção em série e no pré-fabricado, entre outros. Entretanto, não há muitas informações sobre conforto ambiental, tampouco sobre ventilação e iluminação natural, e o presente trabalho espera concorrer suprir essa falta. Como Lelé ainda exerce sua profissão, seus próprios depoimentos enriquecerão tanto as novas gerações de arquitetos quanto a arquitetura brasileira em geral, que carece de figuras e profissionais de vanguarda como ele.

Além da atuação profissional, merece destaque a importância da própria figura de Lelé, cuja cativante simplicidade é muito relevante para um estudante de arquitetura com expectativas e ansioso por modelos de profissionais bem sucedidos e sobretudo com sensibilidade e compromisso social.

Este trabalho tem três capítulos. No primeiro – UMA PESSOA, UMA CARREIRA = UMA CONSCIÊNCIA -, ilustra-se a preocupação de João Figueiras Lima com o conforto ambiental através das suas obras mais representativas, de que se destacam as soluções de iluminação e ventilação naturais, além da filosofia do arquiteto e dos aspectos mais relevantes de sua carreira.

No segundo capítulo – UM CLIMA, UMA CONS+CIÊNCIA = UMA ARQUITETURA -, faz-se uma revisão dos conceitos fundamentais do conforto ambiental, enfatizando-se os princípios da iluminação e da ventilação naturais, assim como as respectivas considerações de projeto.

O terceiro – UMA INSTITUIÇÃO, UMA ARQUITETURA = UMA SOLUÇÃO~, traz os resultados da pesquisa: que fazem uma revisão da evolução dos hospitais da Rede Sarah, com ênfase nas soluções que priorizaram a iluminação e a ventilação naturais, mostram por que e desde quando existem espaços com sensibilidade e ambiente agradável para os usuários (nesse caso, os pa-

cientes) e apresentam um breve estudo das possíveis referências de arquitetura hospitalar que influenciaram a Rede. Finalmente, analisam-se os hospitais Sarah Fortaleza e Sarah Rio de Janeiro. Fotos, plantas, desenhos e croquis complementam a documentação desse último capítulo.

OBJETIVOS

Objetivos gerais

Mostrar a preocupação do arquiteto João Filgueiras Lima, Lelé, com o conforto ambiental, e destacar que a iluminação e a ventilação naturais devem ser estudadas simultaneamente, incorporando-se suas soluções desde a concepção do projeto.

Objetivos específicos

- Destacar o Lelé como pessoa e como arquiteto, sublinhando sua preocupação com o conforto ambiental.
- Ilustrar a importância da incorporação da iluminação e da ventilação natural desde a concepção do projeto, e destacar a inter-relação que as caracteriza como variáveis de projeto indissociáveis, mas merecedoras de estudo simultâneo. Ilustrar tudo isso com uma análise detalhada sobre os *sheds*. Examinar aspectos como a evolução cronológica, as características espaciais e funcionais e as dimensões.
- Estudar as recomendações do projeto quanto à ventilação e iluminação naturais e analisar as soluções propostas por Lelé nos Hospitais Sarah Fortaleza e Rio de Janeiro.

CAPÍTULO 1

UMA PESSOA, UMA CARREIRA = UMA CONSCIÊNCIA...

Felizmente nem tudo está perdido. Profissionais como João Filgueiras Lima (Lelé) revelam um cuidado com a humanização da arquitetura, com a tecnologia e com a forma. Ele conhece engenharia como poucos arquitetos, usando todos os recursos que a tecnologia pode oferecer; tudo isso em benefício do ser humano. E ainda levando em conta questões de iluminação, ventilação, insolação, fluxo de ar, etc.

Dupré, 2004

1.1 JOÃO FILGUEIRAS LIMA “LELÉ”

A bibliografia e o material referentes às obras e à vida do arquiteto João Filgueiras Lima, Lelé, é considerável. Livros, dissertações e vários artigos de revista apresentam diversos aspectos de seu trabalho, desde o início de sua carreira, na construção de Brasília, e sua importância no desenvolvimento da argamassa no Brasil até a produção em série e o pré-fabricado. No entanto, há poucas informações sobre o conforto ambiental nas suas obras, especialmente sobre iluminação e ventilação naturais.

As preocupações com o conforto ambiental são evidentes em todas as obras de Lelé, mas é na Rede de Hospitais Sarah que elas se ilustram melhor, em função da filosofia do hospital, da estrutura de trabalho do CTRS e da constante inovação tecnológica e criativa do arquiteto.

Cumprir notar que o fato de o arquiteto Lelé ainda exercer sua profissão, vem enriquecer sobretudo esta pesquisa, pois ele e sua equipe continuam criando e refletindo sobre novas possibilidades e soluções.

Neste primeiro capítulo, relata-se a origem da preocupação do arquiteto com o conforto ambiental e espera-se conscientizar arquitetos e estudantes da importância desses aspectos na produção de uma arquitetura de qualidade. A partir desse enfoque, compreende-se o alto nível tecnológico atingido por Lelé nas soluções arquitetônicas que priorizam a iluminação e a ventilação naturais em todas suas obras.

Para esta análise, é preciso contextualizar a produção de Lelé: “Só explicamos e entendemos um autor quando o inserimos num panorama” (ECO, 1991, p.17)¹. Fazer esse panorama significa conhecer sua geração, suas referências e seu pensamento, para o quê levantam-se aspectos de sua vida, sua filosofia, sua concepção de projeto, sua equipe, sua estrutura de trabalho e suas obras, com especial destaque para a Rede Sarah, que será retomada na última parte deste trabalho.

1.1.1 Sua vida

João Filgueiras Lima Lelé nasceu no Rio de Janeiro, no Bairro do Encantado, e passou sua infância na Ilha do Governador. Formou-se em Arquitetura na Universidade Federal do Rio de Janeiro, em 1955, e trabalhou em vários escritórios, inclusive no Instituto de Aposentados e Pensionistas Banqueiros (IAPB) do Rio de Janeiro.

1 Embora Eco refira-se aí a escritores, a afirmação vale também para arquitetos.

Nesses anos, o Brasil vivia uma fase de renovação e de idéias revolucionárias que estimularam o espírito nacionalista. Iniciada sob o governo do presidente Juscelino Kubitschek, a construção de Brasília, a nova capital brasileira, foi a principal ação com vistas ao desenvolvimento do país e à abertura de novas oportunidades para os jovens arquitetos, entre eles, Lelé.

Os trabalhos de construção da nova capital, localizada no centro-oeste, começaram em 1957. Em meio ao clima de euforia e otimismo inspirado pela pujança do projeto, Lelé foi enviado a Brasília para participar da construção dos edifícios. Com pouca experiência e muita vontade, enfrentou todas as dificuldades com que se defrontou na construção da nova cidade, idealizada por Lúcio Costa e Oscar Niemeyer.

No primeiro capítulo da sua dissertação de mestrado intitulada: João Filgueiras Lima: O último dos modernistas, Guimarães (2002) retrata bem o início da atuação de Lelé, naqueles anos que marcaram fundo a história do Brasil, assim como a vida profissional do jovem arquiteto:

Pode-se dizer que a história da vida profissional do arquiteto Lelé foi sendo esboçada concomitantemente às primeiras edificações erigidas em Brasília. A oportunidade de participar de uma experiência de tal magnitude foi crucial para seu amadurecimento, pois a complexa realidade apresentada determinou que sua formação teórica seguisse empiricamente, em função do conhecimento prático apreendido durante a execução das obras (GUIMARÃES, 2003, p. 17).

E mais adiante:

Portanto, vale ressaltar que Brasília, para Lelé, tem uma conotação mais concisa que a de uma simples conquista nacional. (...) A construção de uma nova capital representou o ponto de partida, pois, ao participar dessa história, Lelé conseguiu incorporar os conceitos de pré-fabricação que orientaram os projetos executados durante a criação do CEPLAN e travar um diálogo com os grandes mestres cariocas – Lúcio Costa e Oscar Niemeyer, aprendendo avidamente a decodificar o tipo de linguagem e as idéias difundidas naquele dado momento (GUIMARÃES, 2003, p. 40).

Lelé acompanhou obras, foi responsável técnico, projetou e aos poucos transformou-se em peça fundamental da construção de grandes obras na nova capital. Mas um dos momentos significati-

vos de sua carreira é sua indicação por Oscar Niemeyer para o cargo de secretário executivo do CEPLAN, Centro de Planejamento dos edifícios da Universidade de Brasília (UnB).

De acordo com Guimarães (2003, p. 17), "o fato mais relevante vivido pelo arquiteto foi a sua participação na UnB, extinta com a revolução de 64, mas cujas experiências realizadas até hoje se mantêm presentes em sua memória e na sua obra".

Lelé encarregou-se de obras como a própria sede do CEPLAN, um dos primeiros edifícios construídos na UnB, com elementos pré-fabricados, tecnologia muito utilizada na época pelos países desenvolvidos. O CEPLAN visava conceber e projetar os edifícios da UnB dentro de um mesmo padrão, adotando as normas urbanísticas de Lúcio Costa, além de organizar o novo curso de arquitetura (GUIMARÃES, 2003, p. 24-25).

O CEPLAN tinha por filosofia promover a pesquisa e procurar novas tecnologias como a do pré-fabricado, para aplicá-las nas construções de Brasília. Com esse intuito, Lelé foi enviado à Europa e à União Soviética, para conhecer mais sobre o assunto. Referindo-se a essa viagem, Lelé afirma:

Essa viagem que eu fiz em 1963 foi fundamental, porque, naquela época, nós estávamos tentando montar, dentro da própria Universidade, um sistema de produção de prédios industrializados em concreto pesado. Então, eu fui com o objetivo de ver o que estava sendo feito nos países mais desenvolvidos.

Com o fim da Segunda Guerra Mundial, em 1945, a Alemanha Oriental e grande parte do leste europeu ficaram completamente arrasadas. Todos aqueles países tiveram que reconstruir tudo, inclusive habitações, escolas e hospitais, que não tinham. Na década de 50, a França também teve problemas de reconstrução, e, a partir daí, foram desenvolvidos processos industrializados em concreto como o sistema Camus, que mais tarde foi incorporado por outros países do mundo oriental. A UnB proporcionou essa viagem para que eu pudesse estudar lá e analisar o que estava sendo feito em termos de pré-fabricação. Essa foi minha missão. (LIMA², 2001 *apud* GUIMARÃES, 2003, p. 29)

Considera-se que essa viagem marcou o começo de sucessivas obras com características simila

2 LIMA, J. F. (2001). João Filgueiras Lima: entrevista (janeiro de 2001). Entrevistadora: Ana Gabriella Lima Guimarães, Salvador (Bahia) *apud* GUIMARÃES, A. G. (2003). *João Filgueiras Lima: O último dos modernistas*. Dissertação. São Paulo: EESC-USP.

res - coberturas com sheds, ventilação natural, jardins e outros dispositivos que se acredita sejam produto de um olhar arquitetônico amadurecido, resultado de sua visita a países europeus.

Na Europa, grandes mestres erguiam grandes obras. Arquitetos como Mies Van de Rohe, Le Corbusier, Wright e Alvar Aalto são alguns dos nomes que podem ter inspirado e servido de referência às posteriores obras do Lelé³. Mas Fernando Minho, arquiteto que trabalhou com Lelé no CTRS, acredita que Alvar Aalto sempre foi a principal: “Ele sempre comentava as obras de Aalto” (MINHO, 2006). Ele destaca também que a importância que Lelé dá ao desenho a mão e ao detalhamento de cada peça são das principais similaridades com a obra de Alvar Aalto.

Entre outros arquitetos, Alvar Aalto tem sólidos conceitos relativos ao conforto ambiental. Algumas de suas obras apresentam sheds e outros dispositivos que, embora formais, devem-se essencialmente a aspectos climáticos. A quantidade de luz natural que adentra o ambiente e o efeito da ventilação e dos jardins sobre os usuários são característicos da obra de Aalto e marcam também a produção arquitetônica de Lelé.

1.1.2 Lelé e sua consciência climática

Na visita à Europa, Lelé abstraiu a essência das tecnologias que lá se desenvolviam e, com um olhar consciente para a realidade social do Brasil - e de seu clima -, desenvolveu uma tecnologia própria, adaptada ao país:

Essa experiência foi importante, mas não teve um papel decisivo sobre a minha formação; só quando voltei para o Brasil eu trouxe esses conhecimentos para tentar fazer uma fábrica na Universidade com jeito nosso, que não tinha nada a ver com aquelas. Existia apenas a apropriação daqueles aspectos técnicos, mas utilizando espaços de acordo com o nosso clima, com a nossa questão social.

Não foi uma incorporação daquilo, tanto assim que os projetos que eu fiz depois em concreto apresentaram um resultado muito diferente do que havia lá. É lógico que, através de uma viagem dessa, eu tive a oportunidade de entrar em contato com experiências novas; o sujeito se enriquece, a menos que seja uma “pessoa tapada” para não se enriquecer com isso, pois o ser humano tem sempre o que aprender (LIMA⁴, 2001 *apud* GUIMARÃES, 2003, p. 30).

3 No Brasil, Lúcio Costa e Oscar Niemeyer eram as principais referências do jovem arquiteto, mas ele pode ter constituído outras, a partir de sua viagem à Europa, que digam respeito a sua preocupação com o conforto ambiental.

4 LIMA, J. F. (2001). João Filgueiras Lima: entrevista (janeiro de 2001). Entrevistadora: Ana Gabriella Lima Guimarães, Salvador (Bahia) *apud* GUIMARÃES, A. G. (2003). *João Filgueiras Lima: O último dos modernistas*. Dissertação. São Paulo: EESC-USP.

Segundo Lelé, na produção do concreto pré-fabricado, o clima é um fator importante.

Nos países que visitei, o clima era um problema seriíssimo a ser enfrentado durante a produção das edificações, pois, com temperaturas muito baixas, não ocorre a reação de hidratação do concreto; esse processo é retardado.

Aqui, no Brasil, nós temos um clima extremamente ameno, que favorece a produção de concreto durante o ano inteiro, em que a reação de hidratação se faz normalmente e, quanto mais elevada for a temperatura, melhor. É o lema do concreto. Lá eles eram obrigados a trabalhar em ambientes herméticos, fazer cura a vapor, porque, caso contrário, no inverno, não se produzia nada. Então, esses aspectos da organização da indústria de concreto deles eram completamente diferentes do que nós propusemos na Universidade de Brasília; nós fizemos pré-fabricação em canteiro.

Eu visitei uma cidade chamada Boroslávia, na Tchecoslováquia, o único lugar em que eu vi pré-fabricação em canteiro. Eles usavam grandes cúpulas de lona fechada que aqueciam os ambientes, tornando-os apropriados para fazer cura a vapor.

Já no Brasil, dependendo da proposta construtiva, não é necessário fazer cura a vapor, porque temos um clima tropical. A gente tem sempre que pensar na questão climática.

Eu vi na década de 60 muitas pessoas, inclusive no Rio de Janeiro, fazendo pré-fabricado de maneira equivocada. Elas adquiriram um pacote completo, eu achava aquilo uma loucura. Evidentemente, não podemos trazer todos os problemas da Europa para o Brasil; não dá, é diferente. O modelo que nós seguimos na UnB difere bastante daqueles adotados na Europa e União Soviética (LIMA, 2001 *apud* GUIMARÃES, 2003, p. 31).

Embora Lelé se refira aí à influência do clima na produção do pré-fabricado, as preocupações climáticas fazem parte de sua filosofia e, conseqüentemente, de sua postura projetual⁵. Evidentes em todas as suas obras, assim como o conforto ambiental, essas preocupações são ilustradas e analisadas nos hospitais da Rede Sarah.

Lelé considera o clima fundamental para a produção do concreto pré-fabricado, assim como para sistemas como os sheds e as galerias de ventilação em concreto pré-fabricado por ele desenvolvidas. Acredita-se mesmo numa forte relação entre o pré-fabricado e os sistemas de ventilação

5 Entende-se por postura projetual o posicionamento do arquiteto na tomada de decisões. Na avaliação prévia, há que se decidir em função das variáveis climáticas (temperatura, vento, insolação...) e das variáveis arquitetônicas (tipo de material, implantação, zonificação...), visando-se os sistemas estrutural e construtivo, o custo da obra e de sua manutenção etc

que Lelé desenvolveu (galerias de ventilação, sheds), tendo-as conhecido ambas na Europa e adaptado ao clima brasileiro.

A dissertação, *Conforto ambiental e sustentabilidade na obra de João da Gama Filgueiras Lima, “Lelé”: os hospitais da rede Sarah*, Gislene Passos Ribeiro (2004) dá sua contribuição para a prática e o ensino de arquitetura no âmbito específico das obras hospitalares focalizando o conforto ambiental. Embora esse seja o único trabalho que trata da ventilação e iluminação naturais, o faz apenas superficialmente.

1.1.3 Concepção de projeto *versus* obras

Um dos objetivos da arquitetura é dar a máxima satisfação possível às exigências humanas sobre o conforto térmico, com base nos princípios do condicionamento natural. (...) As bases fundamentais do condicionamento devem estar presentes na idéia original; integradas à concepção desde o instante em que nasce o projeto. Fazer outra coisa seria simplesmente remendar, fazer menos ruim um edifício (RIVERO, 1985, p. 141).

Essa integração a que se refere Rivero é inerente ao raciocínio projetual de Lelé, cuja preocupação com o conforto e a economia de energia são evidentes. A incidência do vento e do sol são variáveis importantes na concepção de seus projetos, ao mesmo tempo em que determinam o desenvolvimento dos detalhes de janelas, sistemas de aberturas, sheds e galerias de ventilação, entre outros. Em sua concepção, essa preocupação é a diretriz para o desenvolvimento de cada um dos estágios e subsistemas de projeto.

De modo geral, Lelé constrói obras de todo tipo - residências, escolas, igrejas, equipamentos urbanos ou hospitais - que se caracterizam pelo desenvolvimento de sistemas construtivos racionais e industrializados, com uso constante de pré-fabricados, que aceleram o processo de construção e minimizam os custos, ao mesmo tempo em que permitem a flexibilidade e futura ampliação dos espaços edificados. Guimarães (2003, p. 186) destaca que “talvez a maior contribuição dada por Lelé à história da arquitetura contemporânea resida nas conquistas obtidas no campo da industrialização da construção, evidenciadas nos modelos sofisticados que aliam tecnologia de ponta a criatividade”⁶. Além da importância de Lelé no campo da industrialização e sua consciência ambientalista levantadas respectivamente por Guimarães (2003) e por Ribeiro (2004), sua preocupação com o conforto ambiental é outra característica que merece destaque

6 Guimarães destaca também o comprometimento do arquiteto Lelé com as questões brasileiras e seu papel de articulador frente aos organismos governamentais no sentido de fomentar projetos sociais, que atendam às necessidades da população. Esse aspecto é levantado por Guimarães no capítulo 2.3: Por uma Arquitetura Social (1978 – 1991) da sua dissertação de mestrado.

e que tem sido o motivo pelo qual se vêm desenvolvendo cada vez mais e melhores sistemas de iluminação e ventilação natural.

Espaços iluminados e ventilados naturalmente, com pés-direitos amplos e dispositivos para refrescá-los como as galerias de ventilação com nebulizadores e espelhos d'água, assim como a incorporação de jardins internos, são alguns dos recursos que Leleé propõe para gerar espaços mais humanizados, com poucos recursos artificiais de climatização e, portanto, baixo consumo de energia. As coberturas com sheds, dispostas para aproveitar a luz e facilitar a ventilação natural dos espaços, é uma das características mais marcantes e presentes desde suas primeiras obras, ainda em Brasília. São exemplos disso:

Sede da Distribuidora Brasileira de Veículos DISBRAVE (1965-1985) DF

Ao se referir à cobertura dessa obra, afirma Guimarães (2003, p. 60):

Esses elementos podem ser definidos como telhas auto-portantes, por recolherem e depois escoarem as águas pluviais pela fachada. Também podem ser chamados de painéis tipo shed em Y, devido à existência de aberturas que favorecem a ventilação e a entrada de luz no interior dos recintos.

Escolas transitórias (1982-1984)

*Figura 1 – DISBRAVE (1965-1985) DF
Fonte - Latorraca, 2000, p.42*

Uma das diretrizes de implantação desses projetos⁷ era a orientação do vigaamento principal na direção norte-sul, para que os sheds, voltados para o sul, captassem os ventos dominantes e a penetração da luz solar indireta.

Hospital Distrital de Taguatinga (1968) DF

Essa obra consagra-se como o pioneiro exemplar arquitetônico vultoso desenvolvido por Lelé no campo hospitalar. É uma experiência notável, em que o arquiteto alia tecnologia e criatividade para obter resultados condignos dos novos padrões de atendimento solicitados pelas conquistas da medicina. (GUIMARÃES, 2003, p. 64)

Nos blocos horizontais, sheds pré-moldados em concreto, apoiados transversalmente ao longo das vigas, funcionam como elementos de cobertura que permitem a passagem de luz e de ventilação, através de pequenas aberturas. (GUIMARÃES, 2003, p. 67)

Nesse hospital, já se vêem os sheds que Lelé passa a utilizar continuamente, até chegar aos desenvolvidos para a Rede de Hospitais Sarah, com pé-direito maior e de estrutura metálica⁸. Há ainda sistemas de sombreamento (brises), muito comuns suas obras.

Essas peças verdes são brise-soleis fixados nas caixas, que servem para controlar a incidência de sol e têm a parte de vidro atrás. São janelinhas que se abrem normalmente, e os brises são peças basculantes de con

Figura 2 – Escolas transitórias - Corte
Fonte – Latorraca, 2000, p. 144.

7 No interior de Goiás, construíram-se várias escolas, com mão-de-obra local, utilizando um sistema de unidades construtivas desmontáveis e extensíveis, que, pela flexibilidade dos ambientes, servissem a múltiplas atividades.

8 Guimarães destaca também o comprometimento do arquiteto Lelé com as questões brasileiras e seu papel de articulador frente aos organismos governamentais no sentido de fomentar projetos sociais, que atendam às necessidades da população. Esse aspecto é levantado por Guimarães no capítulo 2.3: Por uma Arquitetura Social (1978 – 1991) da sua dissertação de mestrado.

creto de que se pode mudar a inclinação, para proteger os ambientes internos da entrada do sol. (LIMA⁹, 2001 apud GUIMARÃES, 2003, p. 68)

Desde suas primeiras obras, Lele inclui coberturas pré-fabricadas e sheds orientados de modo a ganhar a luz do sol e ventilar naturalmente os espaços, suas principais características. Depois, foi incorporando jardins, espelhos de água e sheds com pé-direito maior, para aumentar o conforto nas edificações.

Graças a um alto desenvolvimento tecnológico e a um profundo conhecimento das técnicas de ventilação e iluminação naturais, é na Rede Sarah que Lele obtém os melhores resultados. No Hospital Sarah Lago Norte, em Brasília, onde o clima é quente e seco, usaram-se espelhos d'água, que, combinados com uma adequada ventilação, permitiram diminuir a temperatura em até 10° C no teatro do hospital.

Há sistemas inovadores como as galerias de ventilação, instaladas primeiramente no Sarah Salvador, que, graças à refrigeração evaporativa gerada pelos nebulizadores (localizados nas bocas das galerias), refrescam e limpam o ar que passa por elas e que entra nas salas do hospital. Sistemas automatizados de controle solar como os propostos para o jardim coberto do Sarah Fortaleza e o forro de painéis basculantes do novo Sarah Rio de Janeiro, entre outros sistemas de alto cunho tecnológico, conferem a essa rede de hospitais uma identidade e ambiência diferenciadas, tornando-a importante referência na arquitetura brasileira.

Em todas essas obras, verifica-se um grande avanço tecnológico relativo às soluções de conforto

Figura 3 – Corte e Detalhe da DISBRAVE.
Fonte - Guimarães, 2002 p.67

9 LIMA, J. F. (2001). João Filgueiras Lima: entrevista (janeiro de 2001). Entrevistadora: Ana Gabriella Lima Guimarães, Salvador (Bahia) apud GUIMARÃES, A. G. (2003). *João Filgueiras Lima: O último dos modernistas*. Dissertação. São Paulo: EESC-USP.

ambiental como as galerias de ventilação com nebulizadores, os sheds e os sistemas mecanizados para controle solar, por exemplo, os brises do Sarah Fortaleza, que serão estudados no capítulo final.

1.1.4 Hospitais da Rede Sarah Kubitschek

Antes de tudo, deve-se entender como surgiu essa importante rede de hospitais, que se destaca por seu inovador sistema de tratamento, conhecido como *progressive care*¹⁰, em que o paciente vai mudando de sala conforme vai convalescendo, o que permite a melhora gradual também de seu estado psicológico, mediante o tratamento com equipamentos e procedimentos médicos específicos, em ambientes adequados. É justamente nesses ambientes que está o foco deste trabalho, mas é interessante fazer-se uma análise, do ponto de vista do conforto ambiental, que ilustre as vantagens dos sistemas concebidos por Lelé para produzir sensações agradáveis nos pacientes e também nos funcionários.

A primeira experiência de Lelé, no Hospital de Taguatinga, em 1967, sem dúvida serviu-lhe para que encarasse com mais segurança o Sarah Brasília, primeiro hospital da Rede, construído em 1980. O convívio e a amizade que Lelé passou a ter com o dr. Aloysio Campos da Paz, quando ficou dois meses internado no Hospital, por causa de um acidente automobilístico sofrido com sua mulher, foram decisivos para equacionar essa nova forma de tratamento hospitalar.

Lelé conta que aprendeu muito sobre tratamentos, principalmente sobre os espaços de ortopedia, onde esteve internado. Ele discutiu muito sobre o funcionamento dos espaços de recuperação e

Figura 4 – Vista da DISBRAVE.
Fonte - Guimarães, 2002, p.67

10 Progressive care é um atendimento de acordo com o estado clínico do doente, que inclui a criação de espaços adequados, disponibilidade de equipamentos e procedimentos médicos específicos para cada estágio de tratamento. Segundo Lelé, é uma invenção brasileira.

de fisioterapia e desenvolveu um grande conhecimento sobre os tratamentos de medicina hospitalar.

Evidentemente, eu tinha que transferir, de uma certa maneira, a minha vivência com esses médicos para os projetos que eu fizesse. O Hospital de Taguatinga já veio com a carga enorme dessa influência, não diria influência, mas uma forma diferente de ver o Hospital. Isso só foi se consolidar na construção do Sarah Brasília. Isso também se deve ao convívio enorme com os médicos, principalmente com Aloysio Campos, que era um deles. O Aloysio também foi quem propiciou toda essa revolução que a gente fez. Eu acho que o Sarah Brasília foi uma revolução no tratamento médico, desde a forma de os médicos atenderem, pois ainda hoje são acostumados a ficar no seu consultório, à espera do paciente. No entanto, o Sarah apresenta uma forma diferente e dinâmica de o médico atuar junto com o paciente, onde se observa o envolvimento de três ou quatro médicos numa só equipe para atender o mesmo paciente. É uma coisa totalmente nova, principalmente para a época. Então, isso foi fruto dessa vivência. É lógico que jamais eu poderia ter aplicado todas essas coisas, se não fosse o esforço do Aloysio. A responsabilidade maior dessa atitude revolucionária quanto ao tratamento médico é dele. (LIMA¹¹, 2003 *apud* GUIMARÃES, 2003, p. 162)

Embora as idéias e os conceitos que caracterizariam a nova rede tenham sido bem estruturados entre Lele e o dr. Aloysio, essa nova concepção de hospitais teve o apoio financeiro do governo.

A rede Sarah, financiada pelo Ministério da Saúde, nasceu de um plano elaborado por mim, Aloysio Campos da Paz, Eduardo Kertész e Fernando Minho. A proposta consistia na criação do Hospital Sara Brasília, que funcionaria como principal centro de referência do sistema, juntamente com os demais hospitais satélites. Mas a idéia da Rede estava implícita desde a proposição do primeiro modelo, em Brasília. Pensávamos muito além, pois ele seria uma espécie de célula-mãe. Portanto, a Rede se concretizou tão-somente com a implantação dos hospitais de Salvador e de São Luis. (LIMA¹², 2003 *apud* GUIMARÃES, 2003, p. 172)

Cabe destacar que, no Brasil, existem vários modelos de hospitais, entre os quais está a Rede

11 LIMA, J. F. (2003). João Filgueiras Lima: entrevista (abril de 2003). Entrevistadora: Ana Gabriella Lima Guimarães, Salvador (Bahia) *apud* GUIMARÃES, A. G. (2003). *João Filgueiras Lima: O Último dos modernistas*. Dissertação. São Paulo: EESC-USP.

12 LIMA, J. F. (2003). João Filgueiras Lima: entrevista (abril de 2003). Entrevistadora: Ana Gabriella Lima Guimarães, Salvador (Bahia) *apud* GUIMARÃES, A. G. (2003). *João Filgueiras Lima: O último dos modernistas*. Dissertação. São Paulo: EESC-USP.

Sarah Kubitschek, com uma arquitetura singular, produto de uma filosofia inovadora em matéria de recuperação locomotora e de saúde em geral. Na primeira parte do capítulo 3, levantam-se alguns aspectos relativos à forma, ao programa e à evolução dos hospitais, assim como algumas referências históricas da área hospitalar que se acredita terem influenciado o arquiteto Lelé. Outros aspectos relativos à Rede Sarah serão acrescentados no capítulo 3.

.

CAPÍTULO 2

UM CLIMA, UMA CONS+CIÊNCIA = UMA ARQUITETURA...

Si la arquitectura habrá de tener relevancia en el futuro, será necesario cambiar las reglas arquitectónicas establecidas durante las últimas décadas y tratar de entender como se puede proyectar con la naturaleza y no en contra de ella. Los edificios actuales, como los tradicionales, deben aprovechar las energías naturales del sol y del viento, incorporadas a través de su diseño arquitectónico (FOLEY,¹³ 1981 apud EVANS; SCHILLER, 1994, p.5).

¹³ FOLEY, G. (1981) **The energy question (la problemática energética)**. Harmondsworth: Pelican Books
apud EVANS, M.; SCHILLER, S. (1994). **Diseno bioclimático y arquitetura Solar**. Buenos Aires: FADU-UBA.

2.1 CLIMA E CONFORTO TÉRMICO

O condicionamento térmico natural é a técnica que estuda os métodos para que o espaço habitado apresente as condições térmicas exigidas pelo ser humano, sem recorrer a nenhum tipo de energia própria. Temos três elementos principais: o meio, o homem e a envolvente (RIVERO, 1985, p.13).

Estudar o clima é importante para entender os fatores externos que condicionam a edificação e, dessa forma, propor dispositivos e soluções arquitetônicas que propiciem um ambiente interno agradável. Neste capítulo, serão estudados os aspectos gerais sobre clima e as principais variáveis que o determinam, tais como, vento, radiação solar, umidade e temperatura do ar, e as implicações dessas variáveis na incorporação da ventilação e a iluminação natural em clima quente e úmido. Será analisada a maneira como esses aspectos refletem no conforto ambiental nas regiões de clima quente-úmido, clima característico das cidades onde se localizam os hospitais em estudo - Sarah Fortaleza e Rio de Janeiro.

Num segundo momento, serão estudados os aspectos pertinentes à ventilação e iluminação naturais, e as conseqüentes diretrizes arquitetônicas sugeridas para regiões com clima quente e úmido. Com o intuito de facilitar a compreensão deste trabalho, a Iluminação será estudada separadamente da Ventilação natural. Posteriormente, em capítulo que tratará da integração da Iluminação e da Ventilação Natural - Clima x Arquitetura -, enumeram-se as diretrizes de projeto que deverão ser consideradas para integrar os aspectos relativos à iluminação e à ventilação, no projeto arquitetônico. Destaca-se a importância de estudar conjuntamente a ventilação e iluminação, para se obter um condicionamento natural, nos ambientes, que estimule psíquica e fisicamente seus usuários. Por meio da obra de Lelé, pretende-se ilustrar a importância de conjugar as variáveis luz e vento.

2.1.1 Clima

Clima é o conjunto de fenômenos meteorológicos que determinam a atmosfera de um lugar específico, não havendo duas zonas que tenham o mesmo clima, já que os parâmetros que a determinam sempre apresentam valores diferentes (RIVERO, 1985, p.69).

Cada tipo de clima atende a uma determinada classificação, produto de fatores tais como geografia, massas de ar, latitude, radiação solar, umidade relativa, temperatura do ar, entre outros. Dessa forma, a classificação climática tem sido definida por diversos pesquisadores. Mello (1991, p.14) afirma que ao estudar o clima se deve, fundamentalmente, levar em conta dois aspectos:

1. O caráter dinâmico do desenvolvimento dos fenômenos atmosféricos no tempo. Não há dois climas rigorosamente iguais, visto que, a cada instante e a cada ponto da terra, a atmosfera apresenta uma combinação singular. O clima determina, portanto, uma série de estados atmosféricos (tempo), nas suas infinitas variações e habitualmente sucessivos.
2. As diversas escalas de abordagem climáticas, necessárias à hierarquização dos fatos climáticos com os quais se pretende trabalhar. Nesse sentido, Montero, apud Mello (1975, p.15), define as categorias taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações com o clima urbano.

Tabela 1: Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima
 Fonte: modificado de Monteiro (1975, p.136)

ordens de grandeza	unidades de superfície	escalas cartográficas de tratamento	espaços climáticos	espaços urbanos	estratégias de abordagem		
					meios de observação	fatores de organização	técnicas de análise
II	10 ⁴ milhões de Km	1:45.000.000 1:10.000.000	zonal	-	satélites nefanálises	latitude centros de ação atmosférica	caracterização geral comparativa
III	10 ⁴ milhões de Km	1:5.000.000 1:2.000.000	regional	-	cartas sinóticas sondagens	sistemas meteorológicos (circulação secundária)	redes transectos
IV	10 ² centenas de Km	1:1.000.000 1:500.000	sub-regional	megalópole grande área metropolitana	aerológicas rede meteorológica de superfície	fatores geográficos regionais	mapeamento sistemático
V	10 dezenas de Km	1:250.000 1:100.000	local	área metropolitana metrópole	posto meteorológico rede complementar	integração geoecológica ação antrópica	análise espacial
VI	10 ² centenas de Km	1:50.000 1:25.000	mesoclima	cidade grande bairro ou subúrbio de metrópole	registros móveis (episódicos)	urbanismo	especiais
-	dezenas de metros	1:10.000 1:5.000	topoclima	pequena cidade fâcias de bairro/subúrbio de cidade	(detalhe)	arquitetura	
-	metros	1:2.000	microclima	grande edificação habitação setor de habitação	baterias de instrumentos especiais	habitação	

Destaca-se, na tabela 1, que os espaços urbanos ocorrem desde a ordem de grandeza IV e, a partir do espaço climático local, ocorre influência das alterações provocadas pela atividade do homem.

Ao realizar um determinado projeto, é importante estudar o clima local, para ter uma referência geral do clima na região do projeto, mas é também importante, a análise do microclima relativo à área onde o projeto será implantado. Dessa forma, trabalha-se com dados mais próximos do entorno. Mais adiante se tratará desse assunto mais detalhadamente.

2.1.2 Elementos climáticos

Existem diferentes climas: clima tropical úmido, clima tropical seco, clima sub-tropical e clima temperado, entre outros. Embora exista essa classificação climática para cada região, encontra-se dentro de cada uma delas, outros fatores que geram variações climáticas ao se deslocarem ou subirem alguns metros. A combinação desses fatores, entre outros aspectos, provoca microclimas diferentes em setores de uma mesma região.

Rivero (1986, p.69), Olgyay (1998, p.32), Evans et al. (1994, p.29) e Serra (1999, p.7) afirmam que o clima está definido pela conjugação de quatro parâmetros: a temperatura do ar, a radiação, a umidade e o vento, que se combinam para produzir as diversas variações climáticas.

2.1.2.1 A temperatura do ar

O ar é diatermano, ou seja, transparente às ondas eletromagnéticas,

Figura 5 - Fenômenos que intervêm no balanço térmico da camada superficial da Terra: radiação solar (I), evaporação (E), convecção (CV), radiação de onda longa (R) e condução (CD).
Fonte - Rivero, 1986, p. 77

Figura 6 - Variação típica da temperatura do ar no decorrer do dia
Fonte - Rivero, 1986, p. 77

razão pela qual sua temperatura não é consequência da ação direta dos raios do Sol e se explica por processos indiretos: a radiação solar atinge o solo onde é absorvida em parte e transformada em calor. Eleva-se assim sua temperatura e somente então, por convecção, se aquece o ar (RIVERO, 1986, p.75).

Rivero (1986) explica que a temperatura do ar é consequência de um complexo balanço energético. Para entendê-lo melhor, é interessante analisar a figura 5, na página anterior. A energia proveniente do sol passa pela atmosfera, camada essa que serve de filtro protetor. Parte dessa energia é refletida (de volta para o universo) pelas nuvens, e uma outra porção é absorvida e posteriormente difundida para a terra. Essa energia (a dispersa pela abóbada Celeste + energia que entra direto) atinge a superfície terrestre, sendo que a condutividade e a capacidade térmica do solo (ou qualquer outro receptor) determinará a transmissão do calor por condução e as perdas por evaporação, por convecção e por radiação.

O resultado desses fenômenos simultâneos faz a temperatura do ar começar a subir, a partir da saída do sol. A temperatura do ar atinge seu máximo geralmente 2 horas após a passagem do sol pelo meridiano, como consequência do calor armazenado na terra. A partir desse momento, o balanço começa a ser negativo: a energia perdida, especialmente por radiação, em direção às altas camadas da atmosfera, é maior que a recebida, fazendo a temperatura da superfície terrestre começar a descer até alcançar o ponto mínimo, pouco antes da saída do Sol (RIVERO, 1986).

Rivero (1986) conclui que a temperatura do ar segue uma variação senusoidal, onde se destaca um máximo de temperatura após o meio-dia (Figura 6). Por sua vez, Olgyay (1998, p.32) afirma que “a variação da temperatura diurna depende do estado da abóbada celeste” (tradução nossa). Em dias claros, a grande quantidade de radiação solar recebida, e a livre expansão da mesma, originam uma ampla margem de variações térmicas; em dias nublados, no entanto, dita margem é inferior.

Ao se referir às diferentes estações afirma que esse enunciado se mantém: no verão os dias claros são mais quentes, já que se recebe uma maior radiação solar; no inverno, entretanto, um dia com as mesmas condições é geralmente mais frio que um dia nublado, já que durante o período noturno - mais amplo que o diurno - o calor produzido pela radiação escapa mais facilmente, ao encontrar uma atmosfera mais clara.

Os dados mais importantes sobre a temperatura de um local são a Temperatura média (t_m) e a amplitude térmica (A); cabe, entretanto, definir alguns aspectos da temperatura:

temperatura máxima média (t_{xm}): a média das temperaturas máximas ocorridas em cada dia do período considerado;

temperatura mínima média (t_{nm}): a média das temperaturas mínimas ocorridas em cada dia do período considerado;

temperatura máxima absoluta (t_x) e temperatura mínima absoluta (t_n): as temperaturas máximas e mínimas registradas em todo o período;

temperatura média diária (t_m): a média das temperaturas médias de todos os dias do período;

a amplitude térmica média (y_m): a diferença entre a temperatura máxima e a mínima média.

A temperatura média é importante para se saber que mecanismos de controle térmico devem-se utilizar no projeto, para obter uma temperatura confortável¹⁴. A amplitude térmica - resultado da diferença entre a temperatura máxima e a mínima - é um dado importante, já que revela quanto a temperatura varia durante o dia, aspecto importante para se conhecer os materiais e o tipo de estrutura térmica a ser utilizada.

Quando se conhece a amplitude térmica, se tem condição de saber se o clima é seco ou úmido, pois o clima quente-úmido não tem grandes amplitudes térmicas.

Sabe-se que as temperaturas nas regiões dos trópicos são em sua maioria elevadas, devido à sua proximidade com o equador, onde os raios incidem perpendicularmente à terra, aquecendo-a com rigor. Nessas regiões, o clima é, em sua maioria, quente e úmido, de forma que não há muitas diferenças de temperaturas; As temperaturas máximas e mínimas são praticamente iguais todos os dias do ano.

A temperatura do ar num lugar depende da latitude, que determina a quantidade diária e anual de radiação solar disponível, da proximidade do mar ou de zonas úmidas e da altitude. Todos estes fatores - aos quais se acrescenta o deslocamento de grandes massas de ar, que às vezes a alteram bruscamente - fazem com que dificilmente se encontrem sobre o planeta dois lugares de condições climáticas e iguais (RIVERO, 1986, p.78).

¹⁴ Mais informações no item 2.1.4.1 sobre Zona de Conforto. Entende-se por temperatura confortável a temperatura ideal para o homem realizar suas atividades básicas sem perdas ou ganhos desnecessários de calor. Será definida mais adiante.

2.1.2.2 A radiação solar

Em locais de clima quente-úmido, como é o caso da maioria das cidades do Brasil, a radiação solar requer um cuidado especial, dentro do projeto arquitetônico. Essa é talvez, a variável mais importante a ser levada em conta na fase de concepção do projeto, por trazer vantagens e ao mesmo tempo desvantagens para o homem; Uma porção do seu espectro contém a luz natural, ou luz visível, indispensável para as tarefas diárias, mas por outro lado, outra porção do seu espectro é a responsável pelo aquecimento das superfícies dos edifícios, ao mesmo tempo em que, ao adentrar os ambientes, traz consigo o calor-motivo de desconforto nos usuários.

A radiação também é importante para a saúde. “Não há equilíbrio fisiológico se o homem não se expuser à radiação solar por longos períodos de tempo” (COSTI, 2002, p. 207). Por ser a iluminação natural um dos enfoques deste trabalho, é indispensável a análise das características térmicas e principalmente lumínicas da radiação solar, para se poder entender e desenvolver, eficazmente, dispositivos que permitam a entrada da luz natural e, ao mesmo tempo, sirvam de barreiras e proteção do edifício contra o calor.

De início, vale destacar alguns termos importantes:

Figura 7 - Espectro eletromagnético: Mostra a ampliação dos espectros térmico, solar e visível
Fonte – Moore, 1991, p.18

- radiação solar direta: a energia procedente do sol;
- radiação solar difusa: a energia que provém de toda a abóbada celeste, com exclusão da direta;
- céu claro: o céu sem nuvens;
- céu médio: céu com nebulosidade média.

De acordo com Geiger (1980, p.9) “a radiação é primordial, porque é o motor que impulsiona a atmosfera, e porque a terra só mantém a troca de energia com o cosmos através da radiação.”

A radiação solar está conformada pela radiação ultravioleta - UV - (menor que 380 nanômetros), pela luz visível - LV - (compreendida entre 380 e 780 nanômetros) e pela radiação infravermelha - IV - (acima de 780 nanômetros). A maior parte da energia que chega à terra é na forma de radiação infravermelha e visível, em porcentagens de 45% e 50%, respectivamente.

A radiação ultravioleta - UV - entre outros aspectos, é a responsável pelo desbotamento das roupas, produz danos à pele e tem efeitos bactericidas. A Luz visível - LV - é o espectro de luz sensível ao olho humano e sentido através das cores. O Infravermelho – IV - divide-se em infravermelho curto e infravermelho longo sendo que na radiação solar predomina o infravermelho curto. O infravermelho longo é sentido como calor. De forma geral todos os objetos, quando atingidos pela radiação solar, são aquecidos e refletem parte desta energia em onda longa ou calor.

Desses três segmentos do espectro da radiação solar, o de que o homem mais precisa é a Luz visível, por ser a responsável pela luz do dia. Nesse contexto, o espectro do infravermelho, sentido pelo homem como calor, seria desconsiderado, principalmente em países como o Brasil, onde o calor é excessivo. Sistemas de controle solar, principalmente materiais transparentes (como o vidro), deverão possuir uma seletividade espectral, que permita unicamente a passagem do espectro da luz visível (CARAM, 1998).

Esses aspectos do espectro da radiação solar devem ser bem entendidos pelos arquitetos e especialistas em climatização e pelos técnicos em iluminação, já que muita escolha de materiais e de projeto fundamenta-se nesses princípios. Ao escolher os materiais transparentes para fachadas (vidro, películas, policarbonatos, entre outros), por exemplo, vale lembrar que cada tipo de material tem uma seletividade espectral para cada faixa do espectro solar: alguns transmitem mais a faixa do infravermelho (I.V.), outros o Ultra Violeta (U.V.), entre outros comportamentos.

Esse assunto será retomado mais adiante, no capítulo sobre iluminação natural.

De acordo com Olgyay (1998, p.32):

A constante Solar é a quantidade de energia do sol que incide por unidade de tempo sobre uma superfície unitária a 148.000.000 Km do sol e perpendicular a seus raios. O valor médio é de 1,94 cal/cm²/min. A superfície ao nível do solo recebe uma quantidade consideravelmente menor devido a uma série de perdas que acontecem ao atravessar os raios solares a atmosfera terrestre. Parte da radiação incidente é refletida pela superfície das nuvens, e parte é absorvida pelos componentes atmosféricos. Uma certa quantidade é dispersa por moléculas na atmosfera, mas parte da mesma recupera-se como radiação difusa. Parte da radiação que incide sobre o solo e refletida pela superfície terrestre, mas a maior parte de dita energia é absorvida, transforma-se em calor e eleva a temperatura do ar, do solo e dos objetos que se encontram ao seu redor. A intensidade da radiação que incide sobre a superfície terrestre incrementa-se com a altura respeito ao nível do mar, já que há menos perdas devido à atmosfera.

O total da radiação solar que chega à superfície da terra é a somatória da radiação solar direta mais a radiação solar difusa, sendo que essa radiação solar difusa é a soma da dispersa mais a refletida. Para efeitos de cálculo térmico, a radiação solar difusa é menos importante, como fonte de calor, que a radiação solar direta. Entretanto, para projetos de iluminação natural a radiação solar difusa é considerada como variável de cálculo.

Ao falar sobre radiação solar, Olgyay (1998, p. 32-35) destaca uma série de enunciados, que devem ser do conhecimento do arquiteto:

A energia solar que incide sobre uma superfície horizontal num dia caloroso é aproximadamente o dobro da quantidade que incide numa superfície vertical; desta forma, as superfícies horizontais ao redor dos edifícios refletem uma importante quantidade de calor que incide sobre eles. Este fluxo de calor pode constituir um valor considerável, sendo que esta quantidade depende da exposição e características de reflexão do terreno imediato. (Olgyay. 1998, p. 33).

A presença de áreas verdes ou espelhos de água ao redor das edificações ajudará a minimizar a quantidade de calor ganho por reflexão. Por outro lado, superfícies como o concreto ou o asfalto, por exemplo, irradiam muito calor, porém aumentam a temperatura do ar próximo à edificação.

Num dia nublado, o nível de difusão da radiação direta pode ser 1,00 (100%), entretanto num dia claro este índice se reduz a 0,15 (15 %). Como consequência, o calor total recebido num dia coberto (radiação difusa principalmente) é muito inferior à radiação total (direta mais difusa) percebida no dia claro” (OLGYAY, 1998, p. 35).

Para iluminar naturalmente os ambientes, em climas quentes, o desenho de aberturas ou janelas deverá evitar a radiação direta do sol, e permitir a radiação difusa por reflexão ou da abóbada celeste. Em lugares com clima quente, onde frequentemente acontecem dias nublados, a radiação difusa poderá ser potencializada para aumentar os níveis de iluminância; sistemas de aberturas, janelas ou *sheds* que permitam uma maior abertura para o céu, principalmente quando estiver nublado, poderão ser desenvolvidos de forma a acrescentar os níveis de iluminância, a partir da luz difusa do céu encoberto.

A insolação é produto da trajetória do sol desde que nasce, no Leste, até se pôr, no Oeste. Na América do Sul, especificamente no Brasil, o sol atinge diretamente a fachada norte durante a maior parte do ano. Por isto, uma boa orientação do edifício deve levar em consideração esse aspecto, já que a radiação do sol incide nas superfícies, aquecendo-as e aumentando, assim, o calor transmitido para dentro do local. Este aspecto deve ser considerado para definir as aberturas, de forma a diminuir a entrada direta da luz do sol por meio de *brises*, permitir a entrada da luz difusa da abóbada celeste através de *sheds* (com orientação sul no caso de Brasil) ou a refletida por dispositivos especiais como *light shelves*¹⁵.

O estudo dos momentos e da forma como os raios do sol incidem diretamente em uma superfície é indispensável para o arquiteto. Assim ele poderá determinar quando a radiação chega a um ponto dado do espaço e definir seu grau de desconforto, ou melhorar o projeto de um dispositivo para sua proteção contra possíveis malefícios da insolação (RIVERO, 1986, p.72).

No capítulo referente à Iluminação natural será analisada com mais clareza a insolação, e de que forma a latitude e a inclinação do sol influenciam o projeto de iluminação natural.

15 Esses dispositivos serão estudados no capítulo sobre Iluminação Natural.

2.1.2.3 A umidade

É a porcentagem de vapor de água presente no ar. Define-se como umidade baixa a inferior a 40%; umidade média, entre 40% e 75%; e umidade alta, a superior a 75%. As zonas com umidade baixa costumam ter uma grande oscilação térmica ou uma grande amplitude de temperatura, diferentemente das zonas com umidade alta, onde as temperaturas mínima e máxima apresentam pouca diferença, como é o caso de Brasília e Rio de Janeiro.

Num país tropical como o Brasil, o excesso de umidade gera certo desconforto nas pessoas, devido à saturação do ar, que impede a evaporação do suor, aumentando a sensação de calor. A baixa umidade por outro lado, resseca as mucosas nasais e às vezes dificulta a respiração. Em termos de arquitetura, pode-se enunciar como regra geral o seguinte: para clima tropical seco, a arquitetura deve ser mais rígida, para amortecer as variações de temperatura, e deve-se prover de um sistema de ventilação diferenciado para o calor do dia e outro para o frio da noite; para o clima tropical úmido, precisa-se de uma ventilação eficaz, mas a arquitetura pode ser mais leve. Aspectos pertinentes à arquitetura (ventilação e iluminação) de Climas quentes-úmidos serão mais estudados no capítulo Arquitetura x Clima.

2.1.2.4 O vento

Os ventos se originam das diferenças de temperatura entre regiões ou do movimento de rotação da terra. Sofrem também influências do relevo local e dos obstáculos, naturais ou construídos. É o mais instável dos

Figura 8 - Mapa do Brasil com seis regiões climáticas
Fonte - Lamberts et al., 1997, p.112.

fatores climáticos. Muda constantemente de direção e de velocidade, o que levou os técnicos a adotarem o registro dos graus de predominância dessas direções e velocidades. As velocidades são usualmente medidas em metros por segundo. As direções são indicadas pelo ponto cardeal de origem dos ventos ou em graus, contados no sentido horário e a partir da direção Norte (RORIZ, 1987, p.14).

De acordo com Olgyay (1998, p.42), para o equilíbrio de conforto o movimento do ar deverá ser avaliado tanto positiva como negativamente. Em períodos frios deverá ser bloqueado, para impedir sua penetração nos ambientes internos; no entanto, em épocas de calor deverá ser admitido e utilizado para melhorar as condições de conforto.

O movimento do ar em climas frios aumenta a sensação de frio. Em climas quente-úmidos, favorece a evaporação do vapor de água (suor), promovendo uma sensação de frescor. Em termos gerais, em região tropical o vento produz sensação de frio agradável para melhorar o conforto térmico, sendo indispensável sua incorporação ao projeto arquitetônico.

Conhecer a direção e a velocidade do vento, antes de projetar, é importante para localizar as aberturas do edifício a fim de favorecer a ventilação cruzada. No caso de obras como hospitais, a ventilação é importante para refrescar e higienizar o ambiente interior, já que o ambiente herméticamente fechado favorece a proliferação de bactérias¹⁶.

As informações sobre frequência, direção e velocidade do vento encontram-se representadas de forma gráfica na conhecida “rosa dos ventos”. Entretanto, existem estações meteorológicas, localizadas principalmente nos aeroportos, que recolhem todas as informações do clima, entre elas as referentes ao vento. Esse aspecto será mais comentado no capítulo “O vento no projetode ventilação natural”.

2.1.3 Classificação climática

Segundo Melo (1991, p.26), existem várias classificações do clima, baseadas nas variáveis determinantes do clima (radiação, umidade, etc), ou nos efeitos do clima sobre a vegetação e o homem¹⁷. Olgyay (1998, p.6) afirma também que existem numerosas classificações dos climas da terra, sendo a classificação de Koppen uma das mais utilizadas.

Koppen utilizou a relação entre clima e vegetação como critério de classificação para

¹⁶ Esse assunto será discutido no capítulo “Ventilação natural”.

¹⁷ MELO destaca que a classificação baseada nas variáveis que determinam o clima (radiação, umidade, etc) é chamada de classificação genética. Entretanto, a classificação baseada nos efeitos do clima sobre a vegetação e o homem é chamada de classificação empírica. Essa última, corresponde à maior parte das classificações existentes, devido à maior disponibilidade de informações. Melo destaca também que existem muitas críticas sobre os diversos modelos de classificação climática (tanto do empíricos quanto do genético). Críticas estas descritas por AYOADE (1936). Nesse sentido, realizar uma análise aprofundada sobre os climas da terra seria muito complicado e, estar-se-ia fugindo dos objetivos principais deste trabalho. Entretanto, as zonas climáticas da terra e do Brasil, serão enumeradas mais adiante.

determinar cinco zonas climáticas básicas: Tropical-chuvosa, seca, temperada, boscosa-fria e polar. Entretanto, no Brasil, o almanaque Abril (1995) apud Lamberts (1997), destaca que o clima brasileiro dividiu-se em seis regiões básicas: tropical, equatorial, semi-árido, subtropical, tropical atlântico e tropical de altitude¹⁸ (Ver figura 8).

Essa classificação climática do Brasil, explica Lamberts (1997), deveu-se “a seu imenso território e ao fato de se localizar entre dois trópicos”. Segundo Lamberts, no Brasil os dados climáticos mais difundidos são as normas climatológicas de 1931-1960 e de 1961 a 1990, publicadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia em 1972 e 1992 respectivamente.

Na figura 8, observa-se a classificação climática estabelecida para o Brasil.

Neste trabalho, será dada especial atenção às características do clima quente-úmido ou tropical-chuvoso (de acordo com a classificação de Koppen).

2.1.3.1 Clima quente e úmido

Ao se referir a esse clima, Roriz (1987, p.16) descreve:

Nos climas quentes e úmidos, a presença do vapor de água no ar, seja na forma de nuvens, seja simplesmente elevando a umidade relativa, amortecce a radiação solar que atinge a atmosfera, reduzindo as temperaturas máximas diurnas. Da mesma forma, durante a noite, a umidade do ambiente dificulta as perdas de calor do solo e dos edifícios para o espaço celeste, impedindo assim que as temperaturas mínimas noturnas caiam excessivamente. Por esse motivo, nos climas úmidos as temperaturas são mais estáveis, registrando-se poucas oscilações e pequenas amplitudes térmicas durante os dias e ao longo do ano. Neste tipo de clima é recomendável que os edifícios sejam leves (pouca inércia térmica). A umidade, por outro lado, dificulta as perdas de calor do corpo humano através da transpiração, sendo necessária maior velocidade do ar para que o suor evapore.

Segundo a classificação de Goulart et al. (1997), o clima de Fortaleza é tropical e o do Rio de Janeiro é tropical atlântico. As características climáticas de ambos são praticamente as mesmas, com pequenas variações na umidade relativa. Rio de Janeiro tem uma elevada umidade e as temperaturas são mais rigorosas, da mesma forma, seus ventos não são tão fortes quanto os de

¹⁸ Mais informações sobre climas do Brasil, ver Goulart (1994). Ele levantou dados climáticos para projetos de 14 cidades brasileiras.

Fortaleza. Para efeitos deste estudo, Fortaleza e Rio de Janeiro são consideradas cidades com clima quente e úmido, sendo necessária uma constante ventilação, para retirar o vapor de água presente nos ambientes.

Frota e Schiffer (1988), ao se referirem à arquitetura de climas quentes e úmidos, recomendam que:

[...] não devem ter uma inércia muito grande, pois isto dificulta a retirada do calor interno armazenado durante o dia, prejudicando o resfriamento da construção quando a temperatura externa noturna está mais agradável que internamente.

Sugerem, também, que a edificação tenha uma inércia de média a leve, com elementos isolantes nos vedos, para impedir que o calor da radiação solar atravessasse a construção e gere desconforto no interior do edifício. Na cobertura, sugere material com inércia média, elemento isolante ou camada de ar ventilada, para retirar o calor que atravessa as telhas. Outras características da arquitetura serão descritas mais adiante.

2.1.3.2 Microclima

Antes de projetar é importante saber os dados climáticos da região onde será implantado o edifício. No entanto, cabe salientar que os dados meteorológicos, de uma determinada cidade, “indicam as condições em zonas abertas, tais como aeroportos, e não são necessariamente representativos das condições em e ao redor de edifícios” (EVANS, 1994, p.23). Evans destaca entre os fatores que podem produzir essas diferenças; as grandes cidades, massas de água (o mar), espelhos de água, altura sobre o nível do mar, morros, topografia e vegetação.

Neste sentido, Serra (1999, p. 10) afirma que o entorno próximo à edificação é igual ou mais importante que o clima geral da região, sendo ele (entorno próximo) quem gera o “microclima de um lugar”. No entorno próximo ao edifício, segundo Serra (1999, p. 11), “hay dos acciones que resultan fundamentales para definir las condiciones resultantes. Se trata de las acciones del sol y del viento”. De forma que a ação conjunta de ambas (o sol e o vento) provoca a variação microclimática dos quatro parâmetros comentados anteriormente (temperatura do ar, radiação, umidade e velocidade do ar).

2.1.4 Clima x homem

2.1.4.1 Zona de conforto

“Human thermal comfort is defined as the conditions in which a person would prefer neither warmer or cooler surroundings” (ALLARD, 1998, p. 3).

De acordo com Roriz (1987), Allard (1998) e Olgyay (1998), a temperatura de conforto é relativa, pois depende de um complexo conjunto de fatores que estão relacionados entre si.

Temperatura do ar, temperaturas superficiais, umidade relativa, ventilação, adaptação das pessoas ao clima, tipo de roupas, atividade do metabolismo humano, etc. As sensações térmicas percebidas pelo corpo humano dependem do efeito conjugado e simultâneo de todos esses elementos. Pode-se medir isoladamente cada um deles, mas não esse efeito conjugado. “Zona de Conforto” são determinadas combinações, entre esses elementos, que produzem sensações térmicas consideradas agradáveis. Trata-se, portanto, de conceito que abrange variáveis bastante subjetivas. Devido a sua importância para aplicação em projetos de edificações, a Zona de Conforto tem sido estudada por muitos especialistas que buscam estabelecer métodos que permitam comparar o grau de conforto térmico proporcionado por distintas situações ambientais (RORIZ, 1987, p.15-16).

Evans (1994) divide os fatores que condicionam o conforto em três grupos: fatores climáticos (temperatura, umidade, radiação e movimento do ar), fatores pessoais (metabolismo, idade, sexo, e características físicas da pessoa) e outros fatores (alimentação, atividade física, aclimação e isolamento da roupa). Entretanto, Allard, embora também divida os parâmetros em três categorias, acrescenta outros fatores como os odores, o barulho e a intensidade da luz¹⁹:

- *physical parameters, which include the air temperature and the thermal conditions of the environment (mean radiant temperature or surface temperature), the relative humidity of the air, the local air velocity (mean and turbulent), the odours, the colours of the surroundings, the light intensity and the noise level;*
- *physiological parameters, which include age, sex and specific characteristics of the occupants;*

19 Note-se também que Allard, acrescenta aos fatores externos as condições sociais.

- *external parameters, which include human activity, clothing and social conditions (ALLARD, 1998).*

De acordo com Olgyay (1998), alguns estudiosos afirmam que o ser humano, com uma temperatura corporal média de 37° C, escolhe intuitivamente os ambientes que possuem condições térmicas favoráveis. Condições onde a temperatura se encontra entre o frio suportável, sem gerar muito desconforto, e o ponto que permita adaptar-se ao calor sem implicar em que seu sistema circulatório e de secreção tenha que realizar esforços excessivos.

Mas existem pesquisas que definem a zona de conforto específica para cada país. De acordo com Klima²⁰ (1938, *apud* Olgyay 1998), a média alemã situa-se em 20, 8 °C, com uma umidade relativa de 50%. C.E.P. Brooks²¹ (1950, *apud* Olgyay, 1998), define a zona de conforto britânica entre 14 e 21,1 °C. Nos Estados Unidos, dita zona situa-se entre 20,56 e 26,7 °C, com uma umidade relativa entre 30% e 70%. De modo geral, Serra (1999, p.22) afirma que uma temperatura entre 15° e 30° C é uma temperatura aceitável. ²²

Olgyay (1998, p.18) destaca um aspecto interessante:

Científicos americanos têm tentado estabelecer uma medição psicológica, combinando os efeitos da temperatura, da umidade e do movimento do ar, denominada escala de temperatura efetiva (ET). Este grupo situa a umidade relativa entre 30% e 70%. Segundo Houghton e Yaglou, a ET ótima encontra-se nos 18,9 °C.

Sendo a temperatura de conforto subjetiva, pode-se afirmar então que a temperatura de conforto

Figura 9 – Carta Bioclimática adotada para Brasil
Fonte - Lamberts et al., 1997, p.105

²⁰ Klima, Wetter, (1938). Mench Symposium, Quelle and Meyer, Leipzig. *apud* OLGAY, V. (1998). **Arquitetura y clima**: manual de diseño bioclimático. Barcelona: Gustavo Gili.

²¹ Brooks, Ch. E. (1950). Climate in Everyday life, Ernest Benn, Londres. *apud* OLGAY, V. (1998). **Arquitetura y clima**: manual de diseño bioclimático. Barcelona: Gustavo Gili.

²² Mais adiante, serão acrescentados dados da zona de conforto para as cidades em estudo: Fortaleza e Rio de Janeiro

para uma pessoa que mora em Belém não é a mesma para quem mora no Rio Grande do Sul. A zona de conforto varia de acordo com atividade, roupa, físico, idade e sexo²³, entre outros (RORIZ, 2003, informação verbal²⁴).

Enfatiza-se o estudo da Zona de conforto porque se considera importante manipular esses dados para tê-los como referência e melhor desenvolvimento dos sistemas e dispositivos arquitetônicos propostos para climatizar os ambientes internos de um edifício, numa região específica²⁵.

Deve-se prestar muita atenção à questão cultural e aos critérios formados com relação ao conforto nos ambientes. Os sistemas artificiais de climatização de edifícios têm-se vulgarizado nos últimos anos, devido ao suporte dado pelo desenvolvimento tecnológico e, principalmente, pelo desconhecimento de técnicas alternativas e passivas de climatização. Esse desconhecimento por parte do arquiteto é agravado por sua indiferença ao assunto. Soma-se a essa questão, uma “verdade errada”, assimilada pela sociedade: ar condicionado implica em “conforto e status”. Tudo isso, só tem piorado a situação. Nesse sentido, chama-se a atenção dos arquitetos, e ilustra-se, neste trabalho, como a Zona de conforto pode ser viável e passível de ser atingida por meios passivos, como a ventilação natural. Para entender melhor como é possível, por meio da ventilação natural, atingir a zona de conforto, estuda-se a seguir a carta bioclimática.

2.1.4.2 Carta bioclimática

A carta da figura abaixo é construída sobre o diagrama psicrométrico, que relaciona a temperatura do ar e a umidade relativa. Obtendo os valores destas variáveis para os principais períodos do ano climático da localidade, o arquiteto poderá ter indicações fundamentais sobre a estratégia bioclimática a ser adotada no desenho do edifício (LAMBERTS et al. 1997, p.105).

De acordo com esta carta bioclimática, a zona de conforto para o Brasil está entre 18°C e 29°C de temperatura e os 20% e 80% de umidade relativa. Em climas quentes, para temperaturas próximas aos 29°C é importante controlar a incidência de radiação solar sobre as pessoas. Se esta ultrapassar os 29°C ou a umidade relativa for superior a 80%, a ventilação pode melhorar a sensação térmica (LAMBERTS et al. 1997, p.106)²⁶.

Se considerar 2m/s a velocidade máxima permitida para o ar interior, a ventilação natural só é aplicável até o limite de temperatura exterior de 32°C, pois a partir daí os ganhos térmicos por convecção tornam essa estratégia indesejável (LAMBERTS et al. 1997, p.107).

23 Olgyay destaca que em geral as mulheres preferem um grau, na E.T, mais elevado que os homens. Entretanto, as pessoas maiores de 40 anos preferem um grau a mais do que as mais jovens.

24 Informação fornecida por Maurício Roriz na palestra sobre Refrigeração Evaporativa, na Escola de Engenharia de São Carlos - USP, em abril de 2003.

25 A aplicação dos sistemas de ventilação natural da rede Sarah, em Belém, foi descartado. O clima da cidade era rigoroso. Para atingir a temperatura de conforto precisar-se-ia de bastante vento, que provocasse a troca de calor. Os ventos dominantes nas cidades eram desprezíveis para o projeto, optando-se por sistemas de ventilação mecânica e artificial.

26 Mais informações sobre ventilação, no tópico Ventilação Natural para melhorar o Conforto Térmico, item 2.2.2.3.

Os sistemas de ventilação que usam as forças naturais do vento e as diferenças térmicas devem ser projetados conjuntamente com o edifício, já que é a edificação e seus próprios componentes os elementos que podem reduzir ou incrementar o movimento do ar e refrescar os ambientes internos ou, controlar o conteúdo do ar (poluição, poeira, etc) (ALLARD, 1998, p. 195).

2.2 VENTILAÇÃO NATURAL

No Brasil, a ventilação artificial tem sido a solução mais fácil para os problemas de excesso de calor. Acredita-se que a falta de conhecimento dos princípios fundamentais da ventilação natural, por parte dos arquitetos, tenha sido o principal fator para a adoção da ventilação artificial como solução para o desconforto gerado pelo calor. A forma, os materiais, assim como muitas soluções arquitetônicas favorecem o superaquecimento dos edifícios e conseqüentemente, incrementam o consumo de energia com o ar condicionado.

Acredita-se também que, somada a essa falta de conhecimento técnico, existe falta de consciência ambientalista por parte do arquiteto, ao conceber edifícios que implicam o uso de sistemas de aclimação artificial; primeiro porque além de consumir muita energia elétrica, os custos dos equipamentos e da instalação dos sistemas de aclimação artificial são elevados. Segundo Lelé, esses custos (equipamentos e instalação) representa 30% do custo total da obra. Cabe destacar que a crise energética é um problema atual. Perante esta inconsciência, as formas de ventilação natural dos ambientes não são aproveitadas, preferindo-se os sistemas artificiais. A falta de consciência ambientalista está na ignorância à crise energética.

Essa situação se agrava no processo de desenvolvimento dos projetos. A interlocução do arquiteto com profissionais específicos da área de climatização ou conforto ambiental na maioria das vezes ocorre na fase final de projeto, trazendo soluções “forçadas”, (as quais, muitas vezes, tentam minimizar os problemas criados pelo próprio arquiteto) que implicam o uso de ar condicionado. Os profissionais específicos de aclimação ou de conforto ambiental, em sua maioria engenheiros, têm uma visão muito radical e técnica com relação às soluções de ventilação, e acabam induzindo o uso do ar condicionado como solução dos problemas de desconforto pelo calor²⁷.

Para mudar essa situação considera-se que o primeiro passo é melhorar a interlocução entre o arquiteto e os técnicos da área. O arquiteto precisa se conscientizar da importância de utilizar prioritariamente os meios naturais para ventilar os ambientes, e especialmente para aprender os princípios fundamentais da ventilação natural. Por esse motivo, no presente capítulo destacam-se os critérios e as formas de ventilar naturalmente, aproveitando o vento e as diferenças de temperatura, aspectos considerados relevantes e que deverão por isso, ser considerados pelo arquiteto desde a concepção do edifício.

²⁷ A presença de arquitetos especialistas em conforto ambiental poderá melhorar esta situação, já que o entendimento com formas e funcionalidade do especialista ajudará a propor soluções alternativas. Às vezes, aumentar ou mudar as aberturas, melhora a ventilação sem necessidade do ar-condicionado.

Rivero (1985), Camous e Watson (1986), Evans e Schiller (1994), Olgyay (1998), Allard (1998), entre outros autores, destacam a ventilação natural como opção de projeto para regiões com clima tropical ou quente-úmido. Destacam as vantagens, formas e estratégias para ventilar naturalmente os edifícios, principalmente, a importância de considerar a ventilação natural em todo o processo de projeto, principalmente desde sua concepção.

Allard (1998, p. 195), afirma que após finalizado o edifício, os sistemas de ventilação mecânica ou artificial podem ser instalados e dimensionados sem maiores problemas, desde que seus respectivos cálculos de taxas de ventilação e cargas térmicas sejam bem estudados. Entretanto, contrariando essa afirmação, a ventilação natural em edifícios deve ser considerada desde a concepção.

As formas de incrementar e aproveitar o vento serão estudados adiante, quando se pretende conscientizar, estimular e destacar a importância da ventilação natural nos projetos arquitetônicos. Destacar-se-ão também suas implicações e vantagens em projetos hospitalares.²⁸

2.2.1 Tipos de ventilação

Quanto à origem da energia utilizada para movimentar a massa de ar, as formas de ventilar classificam-se em dois grandes grupos: ventilação artificial e ventilação natural (Rivero, 1985).

A ventilação natural baseia-se na diferença das pressões causadas pela ação dinâmica do vento ou pelas diferentes temperaturas desses dois meios. A ventilação artificial ou mecânica é produzida por equipamentos que requerem energia elétrica ou algum tipo de combustível.

A ventilação artificial é utilizada quando a ventilação natural é insuficiente ou quando o ambiente tem exigências especiais, devido a altos níveis de vapor d'água, gorduras, dióxido de carbono, odores ou quando o controle da temperatura e umidade relativa é fundamental.

Neste trabalho serão discutidos sobretudo os princípios e as características da ventilação natural, ilustradas através dos hospitais da rede Sarah Kubitschek - Fortaleza e Rio de Janeiro. A interação da ventilação natural com a mecânica e artificial também será destacada, já que nem sempre a ventilação natural poderá resolver os problemas de desconforto ocasionados pelo calor. Parte-se da premissa de que a ventilação natural é prioritária e, quando necessário, a ventilação mecânica ou artificial servirá como complemento.

²⁸ Essa atenção especial à ventilação natural em hospitais deve-se a que é na Rede de hospitais Sarah do arquiteto Lelé que se exemplificam melhor esses aspectos.

2.2.2 Critérios da ventilação natural

Segundo Toledo (1999), os critérios em que se devem basear as previsões de ventilação variam com as condições climáticas e com o tipo de ambiente.

Com relação às condições climáticas, Toledo afirma que existe uma distinção entre a ventilação em estações frias e a ventilação em épocas de calor. Em regiões de clima frio, a ventilação é importante unicamente para manter a qualidade do ar, considerando-se, no cálculo de renovação do ar, somente as taxas mínimas. Nas regiões de clima quente, a situação muda: nelas os níveis das taxas de renovação ultrapassam amplamente as taxas mínimas requeridas em lugares de clima frio, devido ao intenso calor. (TOLEDO, 1999, p. 21). Cabe ressaltar que neste trabalho serão destacadas as principais diretrizes e critérios de ventilação para climas quentes e úmidos.

Neste sentido, Rivero (1985, p. 112), aponta:

[...] nas regiões de clima tropical, nas quais a temperatura se mantém sempre por cima da requerida pelo conforto, deve prevalecer uma ventilação baseada em razão térmica, estando o projeto dos dispositivos orientado por esta necessidade. Nas regiões frias, com baixas temperaturas, também se apresenta um objetivo definido, sendo que a ventilação se deve a razões higiênicas exclusivamente.

Com relação ao tipo de ambiente, Toledo destaca que as taxas de ventilação mudam de acordo com a atividade e o uso específico do local. Por exemplo, numa residência, os valores para um banheiro e uma cozinha são bem maiores do que para um quarto, devido a altos níveis de vapor d'água, gorduras, CO₂ ou odores. No caso de ambientes hospitalares, centros cirúrgicos, salas de radiologia, ressonância magnética, entre outros, o controle da temperatura, umidade relativa e a pressão são fundamentais²⁹.

Em função do clima da região e das exigências do ambiente, as taxas de ventilação encontram-se especificadas nas normas de ventilação. Servem de referência. Mas, de forma geral, os conceitos e critérios em que estas se fundamentam, deverão ser compreendidos pelo arquiteto. Dessa forma, devido às normas, recomenda-se um olhar crítico do profissional, pois essas normas podem se tornar, às vezes, conflitantes.

29 Sobre esses aspectos, falar-se-á mais detalhadamente no tópico 2.2.5 Ventilação em hospitais.

2.2.3 Ventilação natural térmica e ventilação natural dinâmica

Toledo (1999) e Rivero (1985) afirmam que a ventilação natural pode ser térmica ou dinâmica.

A ventilação natural térmica baseia-se na diferença entre as temperaturas do ar interior e exterior, que originam pressões distintas, provocando um deslocamento de massa de ar da zona de maior para a de menor pressão. Quando, nessas condições, existem duas aberturas em diferentes alturas, se estabelece uma circulação de ar de uma até a outra, denominada *efeito de chaminé*.

“A ventilação natural dinâmica é causada por pressões e depressões que se geram nos volumes como consequência da ação mecânica do vento” (RIVERO, 1986, p. 113). Rivero (1986) destaca que a ventilação natural dinâmica é o tipo de ventilação mais adequado para as regiões de clima quente úmido. A maneira de como a arquitetura, por meio da forma, pode favorecer a ventilação dinâmica ou ventilação cruzada, será analisada no próximo tópico.

Uma boa ventilação deve conjugar aquela que é feita pela ação do vento com o efeito chaminé³⁰.

Quando se deseja uma boa ventilação natural de um edifício, procura-se conjugar a ação do vento com o efeito de chaminé. Para que isto ocorra, é fundamental que a configuração do fluxo de ar, no interior do prédio, originária da ação do vento, isoladamente, e o sentido do fluxo proveniente das diferenças de temperatura, possam se compor dando a resultante

Figura 10 - Efeito aerodinâmico produzido pelo vento numa placa.
Fonte -Rivero, p.114

Figura 11 - Efeito aerodinâmico do vento, em volumes. Ventilação cruzada. Fonte - Rivero, 1985, p.115

30 É a ventilação natural, por sua vez, a que conjuga a ventilação dinâmica com a térmica, a mais utilizada por Lelé. Na suas obras encontram-se vários sistemas desenvolvidos com o objetivo específico de aproveitar os benefícios dos ventos para climatizar e arejar os ambientes. Esses sistemas atendem aos princípios de conjugação dos processos de ventilação – dinâmica dos ventos e efeitos chaminé –, acima explicados. Os sistemas desenvolvidos por Lelé serão apresentados e explicados mais adiante. Por meio do estudo dos hospitais Sarah, serão ilustradas todos os critérios e vantagens decorrentes da ventilação natural. Destacam-se também, neste trabalho, as vantagens higiênicas de uma boa ventilação, principalmente em hospitais.

mais favorável ao caso particular em estudo (TOLEDO, 1999, p.142)

Antes de dimensionar qualquer tipo de janelas ou aberturas é importante entender a importância de conjugar a ventilação térmica com a dinâmica. Um desenho precipitado, e sem considerar esse aspecto, em lugar de melhorar a ventilação do ambiente pode criar situações de ar estancado, devido à oposição da ação do vento ao efeito chaminé. Salienta-se, então, que somando o efeito chaminé à ventilação pela ação do vento se conseguirá uma ventilação mais efetiva.

A forma, tamanho e posição das aberturas influenciam a velocidade e a direção do vento dentro do edifício. A seguir serão ilustradas algumas formas de ventilar os ambientes aproveitando o vento.

2.2.3.1 Ventilação natural dinâmica

Uma placa posicionada perpendicularmente ao vento sofre uma pressão positiva (+), na sua superfície frontal e na superfície posterior é gerada uma zona de depressão ou pressão negativa (-) (RIVERO, 1985, p.114) (Figura 10). Segundo Rivero (1985), essa placa produz os seguintes efeitos: aumenta a velocidade do vento nas bordas da placa; muda a direção do vento em sentido diagonal e gera uma zona de pressão positiva maior que a pressão atmosférica normal, na frente da placa.

Num determinado volume, quando o vento incide no sentido perpendicular (barlavento), geram-se pressões negativas na maioria dos seus planos (sotavento). O posicionamento das aberturas ou janelas nesse volume deverá atender as diferenças de pressão geradas pelo vento, de forma a garantir uma ventilação eficaz. As aberturas deverão ser colocadas em planos com diferenças de pressão, de preferência em planos opostos. A forma do edifício pode incrementar ou direcionar o fluxo do ar dentro ou fora da edificação (Figura 11).

A velocidade do vento se intensifica quando ele se canaliza (Figura 16). Dentro de um volume, diferenças de tamanho nas aberturas de entrada ou saída alteram a velocidade do vento (Figura 17). No entanto, se tanto a área de entrada quanto a de saída são iguais, a velocidade de entrada é igual à velocidade de saída. Esse fenômeno é conhecido como “efeito Venturi”. Nele fundamentam-se a maioria dos métodos empíricos e regras teóricas sobre a ventilação natural. Por isso o efeito Venturi é um fenômeno interessante de ser estudado para entender melhor essa situação. Veja-se a figura 12; O ar escoando por um duto passa de uma seção transversal de área A_1 , com velocidade v_1 , para uma seção transversal de área A_2 , adquirindo uma velocidade v_2 maior

do que v_1 (efeito Venturi). Esse aumento na velocidade ocorre para que a vazão seja mantida constante. Essa maior velocidade provoca uma queda de pressão na seção 2, produzindo uma diferença de pressão entre as duas seções, representada pela altura h no líquido do manômetro de tubo em “U” (HALLIDAY, et. al., 1994).

O vento se caracteriza por ser variável, tanto na velocidade, frequência e na direção. As direções predominantes do vento, numa determinada região deverão ser estudadas minuciosamente. Esse estudo determinará a localização das aberturas de entrada e de saída. Na figura 13, observam-se três variações na direção do vento. Em função do vento, observam-se planos com pressões positivas e negativas, onde deverão ser colocadas respectivamente, as aberturas de entrada e saída.

A localização e a área dos *sheds* são importantes para melhores resultados na ventilação dos edifícios (Gandemer³¹ et al., 1992 *apud* Bittencourt, 2004). Gandemer considera que a área do *shed* deverá ser maior que 20% da área da seção transversal do edifício, considerado no sentido perpendicular à direção do vento, para melhores resultados na ventilação dos edifícios (Gandemer et al. 1992, *apud* Bittencourt 2004).

A média da velocidade interna de ar, em ambientes com ventilação cruzada, pode ser aumentada em cerca de 40% quando o *shed* funciona como saída de ar, e em cerca de 15% quando o *shed* está funcionando como entrada de ar. De igual forma, edifícios, barreiras naturais ou árvores, dependendo da sua posição, podem aumentar a velocidade dos ventos, situação essa que pode ser aproveitada para melhorar a ventilação dos ambientes internos. Na figura 16, ilustra-se como

Figura 12 – Efeito Venturi. Fonte: Halliday, D. et. al., 1994.

Figura 13 - Diagramas indicativos da distribuição da pressão num edifício de planta quadrada quando muda a direção do vento. A distribuição uniforme da pressão positiva e da sucção dá melhores resultados na ventilação. Fonte - Camous, 1986, p. 148

31 GANDEMER, J.; BARNAUD, G. (1989). Ventilation Naturelle des habitations sous Climat Tropical Humide: Approach Aerodynamique. Report for the CSTB, Nantes. *apud* BITTENCOURT, L.S. (2004). **Introdução à ventilação natural nas edificações**: texto didático para o curso de especialização em engenharia de segurança do trabalho promovido pelo CESMAC. Maceió: [s.n.]. Apostila da disciplina Higiene do trabalho/ Ventilação.

as árvores podem canalizar o vento para a edificação.

2.2.4 Estratégias para uma ventilação natural eficaz

Allard (1998), enumera diversos aspectos que deverão ser considerados ao estudar as formas de ventilar naturalmente os edifícios³².

- Aspectos do local, relativos à cidade, orientação e layout do edifício assim como também do paisagismo.
- Aspectos do programa, relativos à qualidade do ar interno e ventilação requerida para resfriar.
- Aspectos do desenho do edifício, pertinentes à forma, distribuição vertical e horizontal dos espaços, e localização e dimensão das aberturas.
- Aspectos sobre as aberturas, relativos à seleção do tipo de aberturas e janelas, assim como suas características operacionais.³³

Figura 14 - Metodologia CSTB – Impacto das características externas da edificação: Efeito de aberturas na cobertura
Fonte- Allard, 1998, p.79

Figura 15 - Diferença de pressões na cobertura (inclinação de 30%)
Fonte - Camous, 1986, p.157

³² O capítulo 6, "diretrizes de desenho e soluções técnicas para ventilação natural", do livro de ALLARD condensam os principais aspectos estudados aqui.

³³ Estas diretrizes serão estudadas mais amplamente no capítulo 2.4 - Clima e arquitetura.

2.2.4.1 Importância da ventilação natural

Allard (1998) afirma que a ventilação natural tem os seguintes benefícios:

- melhora a qualidade do ar interno.
- melhora o conforto térmico dos ambientes internos.
- promove a troca térmica da estrutura do edifício, resfriando-o.
- diminui os gastos de energia com sistemas de aclimação artificial

2.2.4.2 Ventilação natural para melhorar a qualidade do ar interno

Optimum indor air quality may be defined as air which is free of pollutants that cause irritation, discomfort or ill health in the occupants. A poor environment can manifest itself as a sick building, in which occupants may experience mild illness symptoms during the period of occupation (ALLARD, 1998, p.3).

O anidrido carbônico desprendido pelo homem, produto do consumo de oxigênio na atividade biológica, assim como gases emitidos por alguns equipamentos, odores e contaminantes nocivos para a saúde, que causam desconforto nos ocupantes do edifício, tornam indispensável a renovação do ar dentro de um recinto.

Figura 16 - Funil de vento. A arborização canaliza o vento e aumenta sua velocidade
Fonte - Camous, 1986, p.135

1- Influência de detalhes de desenho.

I- El uso de louveres, persianas o cortinas de enrollar tipo "barrio" puede desviar el flujo de aire hacia arriba.

II- También desvían el flujo hacia abajo si la inclinación de los elementos lo permite.

III- Un alero convencional cambia la distribución de las zonas de presión sobre la fachada, produciendo una desviación del aire hacia arriba.

IV- Una separación entre la fachada y el alero logra equilibrar las zonas de presión, produciendo un flujo de aire horizontal.

2- Influência do tamanho da entrada e saída.

- Entrada amplia, salida reducida. Buena distribución del aire en movimiento pero con velocidades reducidas.

II- Entrada reducida, salida amplia.

El efecto de embudo produce un aumento de la velocidad del viento en el interior, pero sin una distribución generalizada.

3- influência de barreiras exteriores

- Una barrera alta produce una zona de baja presión frente a la ventana y desvía el flujo de aire. Puede inducir un débil flujo en el sentido contrario desde el interior del local.

II- Aún con barreras bajas, el flujo de aire en un local a barlovento puede ser muy reducido.

4- Influência da altura das aberturas

I- Entrada alta, salida alta.

El flujo de aire a nivel del tejado no es eficaz en épocas cálida-húmedas, cuando se necesita movimiento sensible a nivel del cuerpo.

II- Entrada baja, salida baja.

En este caso el flujo atraviesa el local a una altura para el refrescamiento.

III- Entrada baja, salida alta.

La variación de la altura de la salida no afecta el flujo de aire en la mayor parte de la superficie del local.

IV- Entrada alta, salida baja.

La altura de la entrada es crítica para determinar trayectoria del flujo de aire en el local.

Figura 17 –Influência das aberturas na ventilação cruzada
Fonte – Evans e Schiller, 1994, p.101

Segundo Allard (1998), “*the quantity of ventilation needed to ensure an acceptable indoor air quality depends on the amount and the nature of the dominant pollutant source in a space.*” Dessa forma, conhecer as características do emissor permitirá calcular a quantidade de ar necessária (taxa de renovação de ar) para renovar o ar poluído num determinado local. Allard destaca que os níveis de poluição diminuem exponencialmente quando se aumenta a taxa de renovação de ar.

A American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers - ASHRAE - (1989), na sua norma 62, especifica que a taxa de ventilação requer uma aceitável qualidade do ar interior nos diferentes espaços usados. Essa norma estabelece que 7.5 L/s são a exigência básica de ar livre por pessoa, baseado na concentração máxima de 0.1% de CO². Destaca também que, uma pessoa normal e saudável tolera 0.5% de CO², sem sentir indesejáveis sintomas, e que submarinos algumas vezes operam com 1% de CO² na atmosfera (MCHATTIE, 1960).

Pereira; Tribess (2004), afirmam que “o controle na fonte é o primeiro modo mais eficaz de se reduzir ou prevenir problemas de qualidade de ar em recintos fechados”.

Além do controle na fonte, existem várias alternativas de engenharia disponíveis para o controle de agentes infecciosos transmitidos pelo ar, que são: ventilação, renovação de ar, filtração, irradiação ultravioleta e isolamento por controle de diferenças de pressão [...] (PEREIRA, M; TRIBESS, A, 2004).

Por sua vez, Toledo (1999), ao se referir à ventilação dos ambientes, destaca que existem várias maneiras de estipular os valores numéricos de renovação de ar (ou a denominada “taxa de ventilação”). O autor menciona três tipos:

- *Renovações / hora*: Aqui se faz uma relação do volume de ar na unidade de tempo ao volume do ambiente. Determina-se quantas vezes um volume de ar, igual ao do local, entra e sai do ambiente. Por exemplo: Determina-se que a taxa de ventilação de um local é de 3 renovações por hora: isso quer dizer que em uma hora um volume de ar igual a 3 vezes o volume do local entra e sai do ambiente.
- *Vazão por pessoa*: Aqui, para saber a vazão total, deve-se multiplicar essa taxa de ventilação pelo número presumível de pessoas que poderão ocupar o ambiente.
- *Vazão por unidade de área de piso do ambiente*: Essa é a menos utilizada³⁴.

O controle das diferenças de pressão é outra opção para controlar a transmissão de doenças pelo

³⁴ Toledo menciona um outro autor; Yaglou (n/c), que determinou, experimentalmente, 60 m³/h por fumante como sendo a taxa de ventilação requerida para reduzir a concentração da fumaça dos cigarros a um nível não objetável.

ar. Pereira; Tribess (2004) afirmam que:

Por meio do controle do ar de insuflamento e exaustão pode se criar um diferencial de pressão entre os ambientes para o controle de agentes patogênicos. Este diferencial de pressão é usado para controle da movimentação do ar em centros cirúrgicos, sala de isolamento, sala de preparação de medicamentos, etc.

Por outro lado, “a temperatura e a umidade relativa desempenham um papel importante no controle da infecção. O crescimento de organismos, que podem se tornar viáveis tem sido associado à umidade relativa” (STERLING et al., 1985 apud PEREIRA; TRIBESS, 2004). Uma taxa de umidade relativa aceitável é na faixa de 40% e 60%. (STERLING et ali. 1985 apud PEREIRA; TRIBESS, 2004)

Níveis baixos de umidade provocam o ressecamento das membranas mucosas, aumentando assim, a susceptibilidade dos ocupantes aos agentes biológicos (GREEN, 1985 apud PEREIRA; TRIBESS, 2004). Os tecidos secos podem ser menos resistentes à infecção. Além disto, destaca-se que “ambientes muito secos favorecem a dispersão de partículas pelo ar” (PEREIRA; TRIBESS, 2004).

Os níveis elevados de umidade também são prejudiciais.

Estudos laboratoriais sugerem que as condições favoráveis para o crescimento e desenvolvimento de microrganismos ocorrem entre 70 e 80% de umidade relativa a 25°C de temperatura [...] Ar com elevado teor de umidade é a causa principal da condensação nos dutos [no caso de sistemas de ar condicionado] de distribuição de ar e nos filtros. Isto gera uma outra fonte para a proliferação de fungos e bactérias (HERMANS 2000, STERLING et al. 1985 apud PEREIRA; TRIBESS, 2004).

2.2.4.3 Ventilação natural para melhorar o conforto térmico

Em regiões frias, a roupa é a forma mais fácil de uma pessoa se proteger do frio. Entretanto, em regiões quentes e úmidas, aproveitar as brisas e direcionar o ar para o corpo das pessoas pode melhorar a sensação de conforto.

Modifying the air movement around the human body can also help to control the thermal comfort level. Air movements determine the convective heat and mass exchange of the human body with the surrounding air. In summer, higher air velocities will increase the evaporation rate at the skin surface and consequently enhance the cooling sensation. (ALLARD, 1998, p.5).

Uma velocidade de ar constante pode manter uma temperatura agradável, principalmente em regiões de clima quente-úmido onde o excesso de umidade gera desconforto nas pessoas devido à saturação do ar. (ALLARD, 1998). Tal saturação impede a evaporação do suor e aumenta a sensação de calor. Dessa forma, a constante circulação do ar é necessária para provocar a evaporação do suor e diminuir o desconforto causado pela excessiva umidade.

Embora a velocidade do ar seja de grande importância para melhorar o conforto térmico em regiões com altas temperaturas, ela apresenta algumas restrições. Allard menciona que o limite maior de velocidade do ar dentro da edificação deve ser de aproximadamente 0.8 m/s, já que uma velocidade maior do que essa ocasionaria distúrbios³⁵.

“O segundo efeito direto da ventilação natural nas condições de conforto é eliminar ou reduzir os ganhos internos e eliminar a forma em que a temperatura do ar aumenta dentro do edifício” (ALLARD, 1998, p.5, tradução nossa). Mas ao mesmo tempo deve evitar os ganhos desnecessários de calor provenientes do exterior do edifício por meio de recursos como áreas verdes ou espelhos d’água assim como estruturas térmicas (paredes espessas) que evitem a transmissão de calor para dentro do edifício. A consciente e inteligente utilização de materiais transparentes (vidros entre outros) também é importante para uma eficaz refrigeração por meio da ventilação natural.

Em regiões de clima quente-úmido, a ventilação natural é indispensável devido a seus benefícios de trocas de calor, de esfriamento das estruturas e de higiene dos ambientes, entre outros. Nessas regiões, a ventilação cruzada é recomendada para todo o ano. Aberturas, janelas, dispositivos de ventilação e demais estruturas do edifício deverão ser concebidas para tal fim: promover a ventilação cruzada.

Embora as temperaturas nos climas quentes-úmidos sofram poucas variações, recomenda-se que todos os sistemas de ventilação, principalmente as janelas, concebidas para permitir a ventilação cruzada, possuam mecanismos de controle misto que facilitem diversas formas de ventilar: ventilação no frio e ventilação no verão (Ver item 2.4.5.1, sobre flexibilidade nas aberturas). Entenda-se por mecanismos de controle misto, os mecanismos que permitem a abertura parcial da janela para promover a renovação do ar de forma a atender as taxas mínimas de ventilação

35 Mais informações em “o vento na climatização do edifício”, item 2.2.3.

durante a época de frio, e mecanismos que permitam a abertura total, para refrescar os ambientes em época de calor.

É evidente que esses sistemas são indispensáveis, principalmente em regiões com temporadas quentes e frias, quer dizer, inverno e verão rigoroso, mas é pertinente também pensar nessa possibilidade, em se tratando de regiões de clima quente-úmido, já que existem períodos de chuva que, embora curtos, atingem temperaturas consideradas baixas. Salvador, em época de inverno, nos meses de junho e julho, atinge temperaturas de até 18° C, e seus habitantes, acostumados a temperaturas entre 25° C e 30° C, chegam a sentir frio.

As janelas muitas vezes são concebidas para abrir ou fechar; barrar ou permitir a passagem do vento, mas são pouco vantajosas em épocas de clima frio, já que, embora abertas parcialmente, o desconforto causado pelo vento persiste. Entretanto, pequenas aberturas localizadas na parte superior das portas ou janelas permitiriam a troca de ar necessária para higienizar o ambiente, evitando o ar estagnado e abafado. O conceito de janela mista será tratado mais adiante, no item 2.4.5.1- Flexibilidade nas aberturas.

2.2.5 O vento na climatização do edifício

O vento, quando bem aproveitado, é uma variável com a qual se pode garantir a ventilação natural dos ambientes internos. Serra (1999, p. 9), afirma que:

- Aunque no sea propiamente un tipo de clima, también vale la pena considerar la acción específica del viento como condicionante de la arquitectura. El movimiento del aire está relacionado con la sensación térmica y por ello puede ser un factor positivo en el caso de los climas cálido-húmedos, a veces negativo en los cálidos-secos y siempre negativo en los fríos
-
-

Por sua vez, Evans e Schiller (1994, p. 85), apontam:

El viento es un componente climático que se relaciona con el diseño de edificios, conjuntos edilícios y agrupamientos urbanos. Su aprovechamiento puede proporcionar un medio natural de refrescamiento en climas cálidos y húmedos [...]

A partir dessas afirmações, entende-se que o vento é favorável para climas quentes-úmidos e

que o desenho dos edifícios pode potencializar os efeitos positivos e melhorar a sensação de conforto dos usuários. Entende-se também que, o potencial do edifício para aproveitar o vento começa com a sua disposição num agrupamento urbano, e vai até os desenhos de dispositivos de fechamento ou janelas. Dito de outra forma, o efeito refrescante do vento no interior do edifício depende tanto do entorno próximo (edifícios que direcionam o vento) quanto dos detalhes específicos nas aberturas e janelas (direcionadores e catadores de vento, entre outros).

El impacto del viento debe considerarse en todas las etapas del proceso de diseño, desde las decisiones generales de forma y agrupamiento de edificios en la etapa de anteproyecto, hasta el diseño de cerramientos y detalles constructivos, sin descuidar la verificación de la ejecución de

Tabela 2: Velocidade do vento e seu impacto. Fonte: Evans;Schiller (1994)

Escala de Beaufort Denominación	Velocidad m/seg	Km/h	Impacto en el hombre, los edificios y la vegetación
0 Calma	0 - 0,5	0 - 0,9	Sin sensación de refrescamiento, espejos de agua calma, el humo sube verticalmente
1 Ventolina	0,6 - 1,5	1 - 6	Viento indicado por humo (no por veletas), movimiento perceptible por el efecto de enfriamiento
2 Brisa suave	1,6 - 3,3	6 - 11	Sensación de aire sobre la cara, movimiento de veletas e hojas
3 Brisa leve	3,4 - 5,4	12 - 19	Movimiento del cabello, se inicia el discomfort, hojas en movimiento, banderas extendidas
4 Brisa moderada	5,5 - 7,9	20 - 28	Discomfort. Levanta polvo y papeles, movimiento de pequeñas ramas.
5 Viento regular	8,0 - 10,7	29 - 38	Sesiente la fuerza del viento sobre el cuerpo, hojas de árboles en leve movimiento.
6 Viento fuerte	10,8 - 13,8	39 - 49	Ruido en las orejas, dificulta el caminar, levanta arena y nieve, ramas en movimiento.
7 Viento muy fuerte	13,9 - 17,1	50 - 61	Arboles en movimiento, inconvenientes para caminar contra el viento.
8 Temporal	17,2 - 20,7	62 - 74	Rompe pequeñas ramas, el movimiento contra el viento equivale a una pendiente de 1/5.
9 Temporal fuerte	20,8 - 24,4	75 - 87	Las ráfagas producen pérdida de equilibrio en las personas, daños leves a edificios, tejas levantadas.
10 Temporal muy fuerte	24,5 - 24,4	88 - 102	Movimiento prácticamente imposible, daños estructurales a edificios. Se experimenta rara vez en zonas mediterráneas.
11 Tempestad	28,5 - 32,6	103 - 117	Arboles derrumbados. Se experimenta muy raras veces; ocasiona daños generales por doquier.
12 Huracán	> 32,6	> 117	Daños extensos a zonas edificadas.

La velocidad equivalente corresponde a mediciones realizadas a una altura standar de 10 m sobre suelo

elementos y detalles en obra. (EVANS e SCHILLER, 1994, p.91)

Por outro lado, por estar o vento associado ao conforto humano das pessoas, cabe destacar que, este pode ter implicações negativas mesmo em regiões de clima quente-úmido. Implicações devido às altas velocidades. Silva (1999, p.17) afirma que o Vento pode ser analisado sob dois aspectos distintos:

- o concernente ao conforto/desconforto causado pelo vento e,
- o relativo ao perigo potencial que pode, dependendo das circunstâncias, representar para as pessoas³⁶.

No que tange ao conforto/desconforto, o vento é sempre favorável em climas quentes-úmidos, e nem sempre em climas frios. No clima tropical úmido, o movimento do ar favorece a evaporação do vapor d'água (suor), promovendo uma sensação de frescor. No entanto, destaca-se que as velocidades acima de 5 m/s³⁷ causam desconforto nas pessoas (Ver tabela 2).

A ação do vento tem repercussões diretas e indiretas sobre os edifícios e as condições do ambiente interior:

- a O vento influencia o microclima que envolve a edificação.
- b Atua nos fechamentos dos edifícios, incrementando as perdas de calor no exterior das superfícies sobre as que incide.
- c Penetra por aberturas e rendilhas, gerando movimento e renovação do ar interior.

2.2.5.1 O vento e seu caráter variável

Registros da variação temporal na velocidade do vento mostram que esse é um fenômeno físico altamente variável (ALLARD, 1998, p.11). A figura 18 a, mostra a variação de velocidade no tempo.

Nesse sentido Lamberts (1997, p.34), afirma:

Em uma região climática pode haver variações significativas de direção e de velocidade do movimento do ar. Isto acontece principalmente pelas diferenças de temperatura entre as massas de ar, o que provoca o seu deslocamento da área de maior pressão (ar mais frio e pesado) para a área de menor pressão (ar quente e leve).

O vento sofre alterações na sua velocidade também devido à rugosidade da superfície terrestre.

³⁶ Esse aspecto é considerado neste trabalho a maneira de conscientização, mas não será desenvolvido. Para mais informação, Silva na sua tese destaca os trabalhos de BLANPAIN (1995), GANDEMER (1976) e SARAIVA et al. (1997) por estudar os efeitos dos ventos quanto à integridade física das pessoas expostas em espaços externos de complexos arquitetônicos. Aspectos relativos à dinâmica dos ventos serão tratados mais adiante.

³⁷ Segundo a escala de Beaufort apud Evans (1994, p.103) ver tabela 2.

Árvores e edificações são barreiras que diminuem a velocidade e mudam a direção dos ventos. A constante de velocidade dos ventos é atingida, dependendo do relevo, a vários metros acima da superfície terrestre, ou seja, acima da camada limite (Figura 19).

Embora a variabilidade seja uma característica do vento, existem estatísticas meteorológicas que mostram suas médias mensais. Essas estatísticas contêm registros dos regimes dos ventos (dados de direção, velocidade e frequência) duma cidade específica. Isso permite ao arquiteto avaliar e estudar as possibilidades de incorporação do vento nos projetos arquitetônicos, a partir dos seus dados. Esses dados ou registros são recolhidos nas centrais meteorológicas, geralmente localizadas em aeroportos, nas periferias da cidade, e estão compilados graficamente na “rosa dos ventos” (Figura 18 b).

Os dados do vento nas estações meteorológicas são um tanto diferentes dos encontrados nos centros urbanos, devido às obstruções encontradas. Porém, ao trabalhar com uma base de dados do vento deverão realizar-se as respectivas alterações. Vários métodos empíricos e tabelas foram criados para efetuar essas alterações. Evans (1994, p. 88) exemplifica que a 6m de altura no centro de uma cidade a velocidade corresponde a um promédio de 20% da velocidade registrada na estação meteorológica (em condições típicas, isto é, campo aberto e 10 m de altura).

2.2.5.2 Camada limite

Silva (1999, p.156-157) define camada limite atmosférica como:

Figura 18 a - Gráfico típico da velocidade do vento perto da superfície da terra. Fonte - Allard, 1998, p.11

Figura 18 b - Associação entre velocidade e direção do vento. Fonte - Bittencourt e Lima, 1983.

Faixa contida entre a superfície terrestre e uma determinada cota z , através da qual o vento escoar, a rugosidade (atrito) da superfície do solo, que provoca um efeito de frenagem no escoamento, faz variar gradativa e verticalmente a velocidade média do vento, como consequência de fenômenos térmicos e dinâmicos, resultantes da interação da massa de ar em movimento com a rugosidade do solo (elementos tridimensionais, nomeadamente, os construídos), traduzindo-se tal variação como escoamento perturbado ou turbulento, acima do qual atinge-se o nível do chamado escoamento não perturbado, vento gradiente, que se desenvolve no topo da camada limite atmosférica e independe das condições locais, o vento geostrófico, que tem intensidade proporcional ao gradiente de pressão local e direção tangente às isóbaras, considerado como sendo uniforme, regular, pouco turbulento.

Na figura 19, observa-se que a camada limite muda conforme as barreiras do terreno; na região urbana esta se encontra a uma altura maior do que no campo. Observa-se também que a velocidade do vento aumenta com a altura, até chegar a uma velocidade constante e uniforme, acima da camada limite. De acordo com Allard (1998, p. 22), para ventos de moderado a forte, a uma altura de 20 m sobre a superfície terrestre, observa-se uma redução de velocidade entre 20% e 30% da média de velocidade do campo com relação à da cidade.

Allard (1998) aponta outros fenômenos causados pela região urbana: ao contrário do fenômeno acima exposto, nas cidades a intensidade das turbulências incrementa-se de 50% a 100%, com

Figura 19 - Camada Limite atmosférica - Gradiente de vento.
Fonte - Koenigsberger et al., 1977, p. 53.

relação ao campo aberto. Em caso de ventos moderados, é provocado um movimento ascendente do ar, que pode atingir uma velocidade vertical de 1m/s. Outros fenômenos, não menos importantes, merecem especial atenção, quando se estuda o vento.

Destacou-se anteriormente que a velocidade do vento se incrementa à medida que ele ganha altura, aspecto muito estudado pelos engenheiros estruturais, devido à maneira como essas forças podem abalar a estrutura. Na arquitetura, considera-se o incremento da velocidade do vento devido à altura, interessante de ser explorado, no caso de edifícios altos. Embora altas velocidades de vento possam gerar desconforto, através de catadores ou painéis que direcionem o fluxo do vento, ou dispositivos redutores de velocidade - esse incremento na velocidade poderá ser utilizado para ventilar naturalmente os ambientes.

Conhecer esses dados sobre o vento (direção, frequência e velocidade), antes de projetar, é importante para melhor implantação e orientação do edifício, assim como de janelas e outras aberturas, a fim de favorecer a ventilação cruzada.

Ao analisar os ventos, Evans (1994, p. 88) destaca:

El conocimiento directo de las características del viento em uma localidade permite analizar con mas detalle las peculiaridades de los vientos provenientes de distintas orientações y según sea seu origem. Os ventos se caracterizam deste modo em: fríos, cálidos, húmedos, con polvo o con lluvia, etc. Por ejemplo, Buenos Aires resive vientos cálidos del norte, lluviosos del sudeste, seco con polvo del oeste y frios del mar.

2.2.5.3 Brisas produto da presença de massas de água

As massas de água têm uma inércia térmica maior que a da terra. É por isso que a temperatura do mar durante o dia é inferior à da terra e superior durante a noite. Como consequência, explica OLGAY (1998, p. 51), “a proximidade de massas de água modera as temperaturas extremas, elevando as mínimas no inverno e diminuindo as máximas no verão”.

Devido às diferentes capacidades térmicas entre as massas d'água e a terra existem as brisas marinhas e terrestres. Durante o dia a temperatura da superfície da terra cresce mais rapidamente que a temperatura da massa d'água. O ar mais leve formado sobre a superfície da terra sobe, gerando correntes de ar da massa d'água em direção à terra. Esse fenômeno se inverte durante

a noite. A massa d'água conserva seu calor por mais tempo que a terra, criando uma corrente de ar da terra para à massa d'água (BITTENCOURT, 2004, p. 4). (Figura 20).

Esse efeito pode ser observado, analisando os dados de ventos de muitas regiões litorâneas do Brasil. À tarde, a velocidade dos ventos alísios é mais alta devido a coincidência na direção da brisa com a dos ventos alísios. À noite, como a brisa muda sua configuração, soprando em direção oposta, a velocidade do vento é reduzida. (BITTENCOURT, 2004, p 4)

2.2.6 Recursos complementares à ventilação natural para melhorar o conforto térmico em climas quentes e úmidos

2.2.6.1 Refrigeração evaporativa

A refrigeração evaporativa é uma opção alternativa para minimizar o calor, produto das altas temperaturas, nas regiões de clima quente. Givone (1994, p.12) afirma que por meio da evaporação da água pode-se diminuir a temperatura do ar. O ar proveniente do exterior, ao passar por dispositivos que aumentem sua umidade relativa, sofrerá uma queda de temperatura, melhorando as condições de conforto dentro da edificação.

A refrigeração evaporativa é um método que aumenta a sensação de conforto, da mesma forma que o vento na ventilação natural. Porém, ao propor sistemas para melhorar o conforto nos am-

Figura 20 - Brisas diurnas e Noturnas
Fonte - Camous e Watson, 1986, p.135.

bientes de um edifício, é conveniente conjugar os princípios da refrigeração evaporativa com a ventilação natural.

O sistema de refrigeração evaporativa pode ser direto - através de torres de refrigeração evaporativa que umidificam o ar do ambiente, ou indireto - por meio de tanques d'água localizados na cobertura ou em jardins, para resfriar os espaços adjacentes pela convecção.

Givone desenvolveu uma torre de refrigeração, conhecida como “ducha inercial”, para a EXPO Sevilha 92, na Espanha. Nessa EXPO, ele foi consultor de refrigeração para ambientes externos. A performance dessa torre de refrigeração, segundo Givone (1994, p.13), depende de fatores como clima (TBS, TBU e velocidade do vento), altura da ducha, quantidade do fluxo de água e tipo de água (água salobre, de rio ou de mar). A aplicabilidade da refrigeração evaporativa - direta ou indireta - seja qual for, é determinada pela umidade relativa do ar - UR. É esse o principal fator climático para se avaliar a eficaz aplicação da refrigeração evaporativa num determinado lugar. Como regra geral, esses sistemas podem ser aplicados em regiões com climas quentes-úmidos ou quentes-secos. Nesses últimos, apresentam-se melhores resultados. Para entender melhor, é interessante dar uma olhada na Carta Bioclimática (plotada sobre o diagrama psicrométrico), item 2.1.4.2.

2.2.6.2 Interação da ventilação natural com a artificial e a mecânica

Entender os princípios da ventilação natural, pela dinâmica dos ventos e pela diferença de temperatura, ajudará a utilizar a ventilação mecânica ou a artificial, em casos onde a ventilação

Figura 21a e 21b - Rodoviária de Ribeirão Preto - Maquete e Corte. Lelé propõe um espelho de água ao redor da edificação para amenizar a temperatura do ar. O ar entra pela parte inferior da edificação e é extraído pela cobertura. (Sistema de refrigeração evaporativo indireto).

natural não seja suficiente. A colocação adequada dos exaustores e ventiladores, seja em paredes ou no teto, deverá atender aos fluxos naturais do vento, obtidos por meio da ventilação natural.

De igual modo, quando necessários, os sistemas de ar condicionado deverão trabalhar em conjunto com a ventilação natural. A interação e complemento entre os sistemas naturais e artificiais de ventilação deverão estar garantidos desde a concepção do projeto. Isso implica o conhecimento dos princípios da ventilação natural por parte do arquiteto. Formas e soluções técnicas e funcionais deverão priorizar esta interação. Na análise dos hospitais Sarah Fortaleza e Rio de Janeiro esses aspectos serão melhor ilustrados.

No entanto, a sala do Arquiteto João Filgueiras Lima, Lelé no CTRS Salvador apresenta um exemplo interessante. Nesse edifício os *sheds* estão dispostos de maneira a captar o vento predominante. Atendendo a esse critério, o sistema de ventilação mecânica está disposto a suprir a baixa velocidade do vento e a aumentar a renovação de ar em dias muito calorosos. A localização do exaustor e do ventilador tem por objeto garantir a ventilação (Figura 22 a e b). A colocação errada desses dispositivos, afirma Lelé, pode gerar “curto circuito”. Entende-se por curto circuito à intersecção e encontro de duas correntes de ar, sejam estas produzidas de forma natural ou mecânica. Essa intersecção provocará transtornos na direção e na velocidade das correntes de ar, comprometendo a eficiência da ventilação

Um outro exemplo interessante é a farmácia do hospital Sarah Salvador, onde estão sendo realizados trabalhos de reforma para diminuir a temperatura e aumentar a renovação de ar no

Figura 22 a e 22 b – Sistema de Ventilação da sala do Lelé no CTRS - Salvador. Caixilho basculante no Shed (fechamento automatizado); ventilador no teto junto à boca do shed (entrada de ar); e, exaustor na parte inferior da parede (saída de ar). Fonte – Acervo CTRS.

local. Ajustes no sistema de ventilação – *sheds*, exaustores e nebulizadores – tem por objetivo além de melhorar o conforto, tornar o ambiente adequado para a manutenção dos produtos farmacêuticos. Para isso, estão sendo aplicados os dois recursos antes mencionados (a refrigeração evaporativa e a interação da ventilação natural com a mecânica).

Cabe destacar que ambientes especiais como farmácias exigem níveis de umidade de aprox. 60% e temperatura inferior aos 30° C. A temperatura média de Salvador na época crítica (mais calorosa) é de 31° C e sua umidade relativa é de 60%. Dessa forma, essas variáveis climáticas (T. e U.R.) tornam viável a obtenção do Conforto Ambiental da farmácia através de meios passivos. Atualmente, a temperatura no ambiente é de 31° C. Espera-se que, por meio desse sistema consiga-se rebaixar a temperatura do ar até os 27° C; temperatura adequada para esses ambientes.

O sistema tem por intuito aproveitar o ar (pressurizado) da galeria principal; galeria localizada sob o corredor que corre tangente à entrada da farmácia (Figura 24). Na frente da farmácia, por onde chegam os ventos dominantes, foi realizada uma conexão com a galeria principal. Nessa conexão instalou-se um móvel especial, que possui bocas de saída de ar assim como um sistema com nebulizadores de água que, através da refrigeração evaporativa, pretende-se diminuir a temperatura do ar. (Figura 23a e 23b). Lelé estima que a temperatura do ar por meio desse sistema poderá ser reduzida em até 4 graus. Sendo assim, quando a temperatura externa é de 31° C, dentro da farmácia será de 27° C. Lelé destaca também que o tamanho da gota é fundamental no processo de evaporação. “Quanto menor o tamanho da gota maior a evaporação.”

Figura 23 a e 23 b – Farmácia do Hospital Sarah Salvador.
Sistema de refrigeração evaporativa; saídas de ar com nebulização de água

Para garantir uma ventilação cruzada eficaz, todos os *sheds* foram hermeticamente fechados e colocaram-se, nos últimos *sheds*, três exaustores para aumentar a renovação do ar em até 3 vezes. Sendo assim, os *sheds* da frente servirão unicamente para iluminação natural dos ambientes. Devido ao fechamento das demais saídas de ar espera-se que a pressão interna (+) seja garantida. Lembrando que quanto maior o diferencial de pressão, maior será o fluxo de ar entre os ambientes. Segundo Lelé, espera-se que com os exaustores o diferencial de pressão será maior, porém a velocidade de saída também será maior, melhorando assim a ventilação do ambiente.

Como foi visto até agora, existem ambientes especiais que exigem níveis rigorosos de umidade, temperatura e taxas de renovação do ar e que, ao mesmo tempo, não toleram muitas oscilações nesses valores. Os centros cirúrgicos, salas de radiologia, laboratórios, farmácias entre outros, são exemplo de ambientes especiais. Mas mesmo com esses níveis de exigência, em algumas ocasiões, dependendo do clima local, a ventilação natural ou mecânica pode atender as exigências de conforto. Lelé tem demonstrado isso, especialmente nos hospitais da Rede Sarah.

A interação da ventilação natural com a mecânica é fundamental e é claramente observada nas obras do Lelé. No Centro de Reabilitação Infantil de Rio Janeiro, localizado na ilha Pombeba, o desenho dos *sheds* permite a integração com o sistema de ar condicionado. O forro em chapa metálica tem um formato curvo, contrário ao formato do *shed*, gerando assim um espaço no entre-forro, que funciona como tubulação do sistema de ar-condicionado (Figura 59). No entanto, no escritório do Lelé, no CTRS Salvador, a localização do exaustor na parte inferior da parede atende coerentemente ao fluxo de entrada de ar, que acontece pelo *shed* (parte superior). Ao

Figura 24 – Corte esquemático da Farmácia do Hospital Sarah Salvador. Sistema de refrigeração evaporativa (móvel), exaustores e ventiladores.

mesmo tempo o ventilador, quando necessário, incrementará a velocidade do fluxo de ar (Figura 22a e 22b).

A definição de qualquer forma arquitetônica deverá atender aos princípios relativos à ventilação, seja esta natural, mecânica ou artificial. Sendo prioridade da forma, favorecer a adequada direção e velocidade do ar através do ambiente.

2.2.7 Ventilação natural em hospitais

2.2.7.1 Edifícios enfermos

Segundo Awbi (1991, p.1) o termo “síndrome do edifício enfermo” surge na era da economia de energia e se refere aos edifícios com pouca qualidade do ar. Ele destaca que os problemas da qualidade do ar interno estão associados com a pouca manutenção dos equipamentos, a alta concentração de poluentes gerados no interior do edifício e a deficiente taxa de entrada de ar.

Por outro lado, Guzowski (2000, p.306) afirma que antes *sick building syndrome* (SBS) e *building-related illnesses* (BRI)³⁸ eram associados à qualidade do ar interno, mas existem fatores da luz natural que contribuem direta e indiretamente para esse problema. Em caso de edifícios com sistema de climatização artificial, muitas vezes o problema está na falta de manutenção dos dutos de ar condicionado e nos filtros de ventilação. Ocasionalmente, o ar não é renovado com o ar do exterior (mais puro), na quantidade necessária. No caso de edifícios ou ambientes com ventilação natural, pode-se acrescentar que na maioria das vezes a ventilação cruzada não atinge os níveis de renovação de ar, seja devido ao mau dimensionamento, seja, em outras vezes, ao mau posicionamento das aberturas. (AWBI, 1991).

O problema dos edifícios enfermos se intensifica um pouco mais ao se tratar de hospitais, devido a que a existência de ambientes limpos e salubres é uma exigência fundamental nessas áreas. A qualidade do ar é importante em ambientes onde a presença de bactérias e vírus é alta por natureza. Dessa forma, o projeto de ventilação (seja natural, seja artificial) deve responder a todas essas exigências³⁹.

A ventilação em hospitais requer um pouco mais de cuidado e atenção. Um hospital, de modo

38 A Environmental Protection Agency – EPA (agência de proteção do meio ambiente, tradução nossa) apud GUZOWSKI (2000) - define que o termo *sick building syndrome* – SBS (síndrome dos edifícios enfermos) é usado para descrever a situação em que os usuários de um edifício experimentam certos problemas de saúde e conforto enquanto permanecem no edifício, mas as causas não são identificadas. O problema pode estar numa determinada área ou talvez dissipada no meio externo. Por outro lado, o termo *building related illness* - BRI (doença relativa ao edifício) é usado quando sintomas de doenças são identificados e podem ser atribuídos diretamente a contaminantes do edifício, transmitidos pelo ar.

39 Serão acrescentados a esse tópico os índices exigidos em norma para ventilação natural em hospitais e as áreas possíveis de serem ventiladas naturalmente.

geral, independentemente de sua especialidade, é complexo por natureza, devido a fatores dos tipos patológico, funcional e programático, que serão tratados mais detalhadamente na terceira parte deste trabalho. Entretanto, essa complexidade não é motivo para a exclusão da ventilação natural como variável de projeto. Basta entender os fundamentos da ventilação, expostos acima, conjuntamente com aspectos que serão levantados adiante.

Pereira e Tribess (2004) analisam as principais tecnologias utilizadas para o controle de agentes patogênicos transmitidos pelo ar, num edifício hospitalar. Eles descrevem o funcionamento, as vantagens e limitações de cada técnica, bem como o processo de otimização para o seu melhor uso. Apresentam também as doenças transmitidas pelo ar, provenientes ou não do próprio hospital, mas que podem ser transmitidas se não forem seguidas as normas de controle.

O principal aspecto a ser considerado, com referência à ventilação em hospitais, seja natural ou artificial, é a higiene e o controle da propagação dos vírus através do ar. Segundo Pereira e Tribess, os microorganismos transportados pelo ar podem ser gerados no interior do próprio hospital, ou podem provir do sistema de condicionamento do ar ou do meio externo. Dessa forma, sendo o hospital um ambiente onde se converge um amplo número de pessoas que muitas vezes padecem de doenças transmissíveis pelo ar, é importante entender quais são os fatores que propiciam a propagação desses vírus.

Quando produzidos internamente por pessoas infectadas com o vírus da tuberculoses, por exemplo, os aerossóis gerados estão presentes em secreções nasais. E quando uma pessoa tosse ou espirra, o aerossol é expelido. Algumas dessas gotículas podem ser inaladas por outras pessoas ou podem se depositar sobre roupas ou outros objetos (PEREIRA E TRIBESS, 2004). Para evitar isso, a ventilação vertical proposta por Lelé para a Rede Sarah, através das galerias, tem por intuito minimizar esse problema. A ventilação em hospitais deve ser sempre vertical. Ver informações adicionais no item 2.2.2.2 - Ventilação natural para melhorar a qualidade do ar interno e no item 3.4.5.1 - Galerias de ventilação.

2.2.8 Métodos preditivos da ventilação natural

De acordo com Allard (1998), os processos físicos envolvidos na ventilação natural são muito complexos e a interpretação de suas reais influências na ventilação natural é uma tarefa difícil. Entretanto, destaca quatro diferentes métodos que descrevem o fluxo do ar, no estudo da ventilação natural dos edifícios:

- modelos empíricos
- modelos encadeados
- modelos perimetrais
- modelos CFD ⁴⁰

Os modelos empíricos são correlações gerais estabelecidas para calcular o fluxo do ar e sua velocidade. Servem para estudar o fluxo do ar a partir da combinação entre a diferença de temperatura e a velocidade do vento. Esses métodos oferecem de forma rápida uma primeira estimativa do fluxo de ar e a velocidade principal. São baseados em teorias ou em experimentos específicos, têm limitações e não são cem por cento confiáveis.

É exemplo de modelo empírico o túnel de vento. Atualmente, no Brasil, o IPT conta com dois túneis de vento, sendo que o último foi inaugurado recentemente e está sendo calibrado para estudos específicos na área da arquitetura⁴¹.

Também é exemplo a cama d'água, que permite a observação do escoamento do ar dentro de um modelo submerso em uma piscina. No Brasil é pouco utilizada. Alexandre Toledo, na sua tese de doutorado sobre ventilação natural em habitações utiliza a cama d'água para realizar avaliações qualitativas de diferentes tipologias de habitação.

Os modelos encadeados fundamentam-se em fórmulas e equações simplificadas, que estudam o fluxo do ar a partir do princípio da diferença de pressão. Os modelos perimetrais e CFD (*Computational Fluid Dynamics*) baseiam-se na discriminação do volume do edifício em sub-volumes menores. Cada sub-volume menor atende a equações de conservação de massa, energia e momento, que definem a temperatura do ar e a velocidade do ar nessas áreas. Os modelos perimetrais são uma intermediação entre os modelos encadeados e os modelos CFD.

Os modelos CFD (*Computational Fluid Dynamics*) são *softwares* fundamentados nas equações Navier-Stokes, conhecidas também como equações de massa, momento e conservação de energia. Existem também os CFD, códigos computacionais que possibilitam a simulação de escoamentos de fluidos através de métodos numéricos como elementos finitos e volumes finitos.

Segundo a *Building Energy Software Tools Directory*⁴², do U.S., existem atualmente quatro sof

⁴⁰ Termos originais em inglês, empregados por Allard: *empirical models, network models, zonal models and CFD models*.

⁴¹ Alessandra Prata na sua tese de doutorado, realizada na FAU USP e intitulada: “*Dimensionamento do Impacto da Altura do Edifício nas Condições de Ventilação Natural do Meio Urbano, simulado em Túnel de Vento – o caso da cidade de Santos*”, tinha como intuito a calibração do túnel de vento do IPT para estudos específicos na área de Arquitetura.

⁴² *Building Energy Software Tools Directory*: http://www.eere.energy.gov/buildings/tools_directory.

twares que trabalham com módulos baseados na dinâmica dos fluidos: o *MicroFlo*, da *IES Limited*; o *Flovent*, da *Flomerics*; o *Fluent*, da *Fluent Inc*; e o *TAS*, da *EDSL*.

2.2.8.1 Simulação gráfica de Ventilação Natural

Atualmente, nos escritórios de arquitetura, existe uma utilização massificada de *softwares* computacionais, para a produção e elaboração de projetos arquitetônicos. Tais *softwares* se baseiam no sistema CAD, ou seja, os arquivos utilizam a extensão *.dwg. *Softwares* como o Ansys CFX, utilizado para realizar simulações de ventilação natural, possibilitam a interação com esses sistemas CAD.

Desta forma o CFX é uma ferramenta que pode ser utilizada para o estudo da ventilação natural. Sua interação com arquivos *.dwg é um aspecto positivo. Embora existam outras ferramentas e métodos para analisar a ventilação natural; alguns são muito caros e complexos, tais como: a cama d'água e o túnel de vento.

Sabe-se que as pesquisas na área da ventilação natural ainda estão começando é a maioria dos *softwares* que analisam a ventilação natural não são de fácil manuseio. No entanto, o CFX surge como uma das ferramentas mais práticas e com potencial para ser acolhida, pelos entendidos, nos próximos anos⁴³. Ver mais detalhes no item 3.3.3.4.1- Forma e Ventilação dinâmica: Simulação do *sheds*.

⁴³ Igual ao CFX existem também outros *softwares*, tais como *Fluent*, o *TAS*, o *Phoenix* e o *Flovent*, que estudam o comportamento térmico dos edifícios.

[...] é sempre desejável que a consideração arquitetônica sobre o uso da luz natural ocorra durante os primeiros estágios do projeto - organograma e estudo preliminar. Quando isto acontece, as ponderações técnicas sobre o sistema de iluminação natural começam a predominar a medida em que o projeto final se desenvolve. A transformação dos conceitos de iluminação natural em sistemas de iluminação natural se dá, então, na fase do estudo preliminar. Os detalhes precisos sobre como os vários sistemas se integram, como são direcionados, e quais suas características de desempenho, somente podem ser determinados a medida em que o edifício adquira sua forma final do projeto e, tanto a arquitetura como os sistemas de engenharia, ou projetos complementares, estejam integrados na definição do edifício como um todo, tanto do ponto de vista construtivo como econômico. (SCARAZZATO, 1995, p.23 e 24)

2.3 ILUMINAÇÃO NATURAL

2.3.1 Importância da Iluminação Natural

Diversos autores salientam a importância da incorporação da luz natural na arquitetura desde o início do projeto (LAM, 1986; MOORE, 1991; ROBBINS, 1986). A luz natural enriquece a qualidade ambiental e melhora a eficiência energética do edifício. As linhas que se seguem pretendem, de forma prática e resumida, fornecer os conceitos básicos sobre luz natural, com o intuito de destacar a importância da sua incorporação, desde a concepção do projeto arquitetônico⁴⁴.

[...] é sempre desejável que a consideração arquitetônica sobre o uso da luz natural ocorra durante os primeiros estágios do projeto - organograma e estudo preliminar. Quando isto acontece, as ponderações técnicas sobre o sistema de iluminação natural começam a predominar a medida em que o projeto final se desenvolve. A transformação dos conceitos de iluminação natural em sistemas de iluminação natural se dá, então, na fase do estudo preliminar. Os detalhes precisos sobre como os vários sistemas se integram, como são direcionados, e quais suas características de desempenho, somente podem ser determinados a medida em que o edifício adquira sua forma final do projeto e, tanto a arquitetura como os sistemas de engenharia, ou projetos complementares, estejam integrados na definição do edifício como um todo, tanto do ponto de vista construtivo como econômico (SCARAZZATO, 1995, p.23 e 24).

Robbins (1986) enumera uma lista de justificativas para o uso da luz natural nos edifícios:

- Qualidade da luz;
- Importância da luz natural como um parâmetro do projeto;
- Contato com o meio externo, através da visão;
- Uso das aberturas de iluminação natural como saída de emergência;
- Conservação de energia resultante do uso da luz natural, como fonte de luz primária e secundária;
- Economia no consumo de energia e na demanda de pico, resultante do uso da luz natural;
- Inalterabilidade do custo de construção;
- Interação do projeto de iluminação natural com a iluminação artificial;
- Presença da luz natural e da insolação, no interior dos ambientes.

⁴⁴ Lembramos que neste trabalho serão destacados alguns dispositivos de controle e difusão da luz natural, assim como alguns instrumentos de análise e pré-avaliação e, principalmente, aspectos pertinentes à interação da iluminação natural com a ventilação natural, no que diz respeito à proteção contra o ganho de calor. Aspectos que em geral, serão ilustrados por meio das obras de Lelé e da Rede de Hospitais Sarah Kubitschek de Fortaleza e Rio de Janeiro.

Robbins também enumera os aspectos necessários para que a iluminação natural seja entendida como parâmetro de projeto arquitetônico:

Necessidade de uma base de dados sobre a disponibilidade de luz natural e insolação, a fim de se poder analisar a iluminação e as características de desempenho energético do sistema e do edifício;

- Necessidade de um método sistemático, que descreva os conceitos de iluminação natural (a fim de desenvolver uma intuição de projeto e os melhores meios para utilizá-los nos edifícios);
- Necessidade de métodos de análise compreensíveis, que incluam todos os aspectos do desempenho do sistema (iluminação, energia e conforto visual);
- Necessidade de um método que considere a integração entre a iluminação natural e a artificial;
- Necessidade de melhor compreensão sobre de quem será a responsabilidade pelo projeto do sistema de iluminação natural - se do arquiteto, do engenheiro, do projetista de iluminação, ou de uma equipe formada por todos esses profissionais;
- Bases de dados sobre radiação, para uma posterior análise dos sistemas térmicos solares ativos ou passivos, e o impacto dos ganhos solares nas cargas de refrigeração.

No que tange à necessidade de base de dados, levantada por Robbins (1986, *apud* Scarazzato 1995), na sua tese intitulada: “O conceito de dia típico de projeto aplicado à iluminação natural - dados referenciais para localidades brasileiras”, aborda a importância do uso da luz natural na arquitetura contemporânea, considerando critérios de natureza qualitativas, quantitativas e de conservação de energia nos ambientes construídos. Nesse trabalho, montou um banco de dados sobre a disponibilidade da luz natural em localidades brasileiras, contribuindo, assim, com conhecimentos e dados necessários à avaliação da iluminação natural pré-projeto (APP)⁴⁵. Segundo o referido autor, a APP destina-se exclusivamente à análise de edifícios nas fases preliminares do processo de projeto, objetivando simular, com técnicas apropriadas, o comportamento do futuro ambiente construído.

2.3.1.1 Fontes luminosas

As principais fontes de luz natural são o Sol e a abóbada celeste. O sol é a fonte primária, mas a abóbada celeste contribui com uma parcela importante de luz natural. A luz da abóbada celeste é produto da refração e reflexão da luz solar, ao passar pela atmosfera (MOORE, 1991, p.30).

45 (Avaliação Pre-Projeto (APP): Conceito e aplicabilidade na área de conservação de energia em edifícios) in ANTAC 93. Avanços em tecnologia e gestão da produção de edificações, anais. São Paulo, EDUSP, 1993.

Para estudos de iluminação natural devem ser consideradas as duas fontes. “Para efeitos de projeto, as fontes de luz natural podem ser caracterizadas como luz direta (luz do sol e luz difusa da abóbada celeste) e luz indireta (luz de difusores translúcidos e refletivos, originalmente iluminados por fontes primárias ou outras fontes secundárias)” (MOORE, 1991, p.30, tradução nossa)

2.3.1.1.1 A luz do Sol

Conforme estudado no capítulo 2.1.2.2 - Radiação Solar: É importante analisar o espectro da luz solar para entender os benefícios e prejuízos que ela pode causar na arquitetura e no homem. O espectro da radiação solar está dividido em quatro regiões: a radiação ultravioleta (inferior aos 380 nanômetros) - UV -, a região do visível (de 380 a 780 nanômetros) - L.V -, Infravermelho próximo (de 780 a 3000 nanômetros) e Infravermelho distante (acima de 3000 nanômetros).- IV.

- A luz ultravioleta: É a responsável pelo desbotamento das roupas e descoloramento das superfícies; uma porção dela produz danos à pele e tem efeitos bactericidas, entre outros.
- A Luz visível: É o espectro da radiação solar, sensível ao olho humano (percebido através das cores); é o que fornece a luz.
- O Infra-vermelho próximo: radiação invisível, absorvida pelas superfícies e gerador de calor.
- O Infra-vermelho distante: radiação invisível, emitida pelas superfícies aquecidas.

Desses quatro espectros da radiação solar, é a Luz visível a responsável pela luz do dia, a porção do espectro necessária para que o homem possa realizar suas tarefas. Nesse contexto, o espectro do Infra-vermelho, percebido pelo homem como calor, seria desconsiderado, principalmente em países como o Brasil, onde o calor é excessivo. Por isso, um sistema de iluminação natural eficiente (uma fachada de vidro, por exemplo) deve ter esses princípios como objetivo principal.

2.3.1.1.2 A luz da abóbada celeste

Os tipos de céu devem também ser estudados, por afetarem a intensidade e a distribuição da luz proveniente da abóbada celeste. Existem os céus claros, os parcialmente encobertos e os totalmente encobertos. Nos céus claros e nos parcialmente encobertos, a luz do sol entra de forma direta nas edificações. Entretanto, quando o céu está encoberto, a luz natural provém da abóbada celeste e esta é uniformemente distribuída, devido à presença das nuvens.

A C.I.E. (apud Magalhães, 1995, p.107) estabeleceu o céu totalmente encoberto como padrão internacional para o cálculo da luz natural, já que ele reproduz as condições mais desfavoráveis para a iluminação natural, devido à sua baixa luminosidade⁴⁶.

Além das considerações técnicas, enumeradas acima, existem aspectos subjetivos relacionados à abóbada celeste que valorizam a utilização da luz natural nos projetos arquitetônicos. Aspectos subjetivos, porém poéticos, que enfatizam a ligação do edifício com o lugar. Guzowski (2000) afirma que cada cidade tem um tipo especial de iluminação devido às características particulares da abóbada celeste.

Sky conditions also influence the color and quality of daylight, which in turn affect the rendering of architecture and its expression of place. Imagine the color of light in Tucson, Charleston, or Portland. Each city has a tangible palette of daylight colors that are particular to the sky conditions of its region (GUZOWSKI, 2000, p.40).

Embora essa afirmação tenha sido feita para os Estados Unidos, isto se aplica também ao Brasil, já que seu extenso território e sua diversidade de climas, criam uma variedade de céus similar à enumerada acima. Guzowski afirma também que:

Sky conditions also affect our understanding of form. On a clear day colors are vivid and saturated; light and shadow emphasize depth and three-dimensional qualities. Facades are animated as sunlight reveals materials, texture and detail. On an overcast day, daylight is subdued

Figura 25 - Sistemas de Iluminação Natural
Fonte - Lamberts et al, 1997, p.165.

46 Sobre aspectos relativos, ver as vantagens da iluminação nas coberturas no item sobre Sheds.

and soft, with only subtle distinctions in light and shadow. As a result, texture and detail are de-emphasized, forms seem two-dimensional, and colors appear monochromatic and dull (GUZOWSKI, 2000. p.40).

Incorporar a iluminação natural, principalmente por meio da iluminação zenital permitirá explorar mais esses aspectos destacados por Guzowski. Iluminar os espaços por meio de *sheds*, além de proporcionar uma iluminação mais intensa e uniforme, as cores e as características da abóbada celeste são percebidas, nas formas e nos volumes internos, mais intensamente. As cores da atmosfera permeiam os espaços internos, intensificando a relação interior – exterior. Os ambientes internos ganham dinamismo, já que se os percebe com mais facilidade, por meio da iluminação zenital, as mudanças no tempo. Rápidas alterações na intensidade da luz devido a passagem de nuvens, proximidade da chuva pela gradativa diminuição da intensidade da luz, devido às grandes massas de nuvens, mudanças nas cores (de azuis intensos a laranjas e até vermelhos) pelo pôr do sol, são alguns exemplos da dinâmica que os espaços ganham devido às mudanças, na intensidade e temporalidade, da luz natural.

2.3.1.2 Conforto visual

O conforto visual é o principal determinante da necessidade de iluminação em um edifício. A boa iluminação deve ter direcionamento adequado e intensidade suficiente sobre o local de trabalho, bem como proporcionar boa definição de cores e ausência de ofuscamento. [...] É portanto muito importante que se saiba o que influencia a habilidade das pessoas em desempenhar estas tarefas. A consideração dos aspectos fundamentais a respeito da iluminação de ambientes a nível de projeto é, sem dúvida, a medida mais efetiva no controle das qualidades visuais destes ambientes. Conforto visual é entendido como a existência de um conjunto de condições, num determinado ambiente, no qual o ser humano pode desenvolver suas tarefas visuais com o máximo de acuidade e precisão visual, com o menor esforço, com menor risco de prejuízos à vista e com reduzidos riscos de acidentes (LAMBERTS et al. 1997, p.44).

Hopkinson (1966, p.15) afirma que uma boa visão resulta da combinação de uma boa iluminação com uma boa vista. Dessa forma, uma pessoa com problemas de visão pode ser auxiliada por uma boa iluminação, ao mesmo tempo que uma pessoa com uma excelente visão conseguirá ver

relativamente bem, embora com iluminação fraca, mas uma visão boa só é possível mediante a combinação de uma boa iluminação com uma boa vista.

A visão humana tem características que variam de uma pessoa para outra. Diferenças pequenas, mas existem e merecem nossa atenção. Uma criança precisa de muito menos iluminação que uma pessoa adulta. Às vezes o receptor (olho) do sistema ótico de uma determinada pessoa é mais sensível a um determinado nível de brilho ou intensidade de luz, que o de outra pessoa. O contraste de luz, da mesma forma, às vezes difere de pessoa para pessoa.

As diversas tarefas realizadas pelo homem requerem níveis de iluminação específicos para cada atividade. Essas diferenças sutis existem, e podem ser mais bem estudadas a partir da bibliografia pertinente, já que ter consciência delas não é o objetivo central.

2.3.1.3 Diretrizes e soluções técnicas

O homem está adaptado ao seu ambiente natural, assim como a visão humana está adaptada à luz natural. As sensações humanas estão diretamente relacionadas com a luz, pois esta é uma manifestação visual da energia radiante (HOPKINSON, 1996)

Ao estudar a iluminação natural na arquitetura, embora seja o sol o responsável pela luz do dia, é indispensável ter consciência de que parte do espectro de luz emitido por ele chega à terra como calor. Para iluminar os ambientes precisa-se da luz difusa (espectro da luz visível) e deve-se evitar a entrada excessiva do calor, produzido principalmente pelos Raios Infravermelhos. Em regiões de clima quente-úmido, onde as temperaturas são elevadas e a luz do sol é abundante, devem existir critérios de iluminação que favoreçam a entrada de luz natural, sem piorar o conforto térmico dos usuários.

Entende-se por sistema de Iluminação natural qualquer dispositivo, fechamento, abertura ou recurso arquitetônico que propicie a entrada da luz natural para dentro da edificação. Lamberts et. al. (1997) destacam as seguintes: aberturas laterais, *Light-shelf*, átrios, duto com espelhos, persiana flexível, parede transparente (ou com vidros múltiplos), poço de luz, telhado com *shed*, refletor externo, clarabóia (Figura 25). A maioria dos sistemas de iluminação natural, devido às mudanças de intensidade da luz do sol e de clima, entre outros aspectos, muitas vezes não alcança os níveis ideais de iluminação, ou gera áreas de penumbra nas partes que distam mais

das aberturas. Nesses casos, principalmente, sugere-se que a Iluminação natural seja complementada com a Iluminação artificial.

Deve-se certificar de que a Iluminação natural seja explorada de forma integrada com os sistemas de iluminação artificial. Para isso, o arquiteto deve conhecer o comportamento dos dispositivos utilizados para iluminação natural - como os acima descritos - e o dos componentes do sistema de iluminação artificial, integrando-os num sistema único. Dessa forma, sempre que a luz natural for adequada às necessidades de iluminação do ambiente, a iluminação artificial deverá ser desativada ou reduzida. Sistemas de controle (como os sensores foto-elétricos, entre outros) podem ser utilizados com essa finalidade. (LAMBERTS et al., 1997, p.165)

Segundo Scarazzato (1995, p.15):

Os sistemas de iluminação natural, contudo, têm maior propensão a ofuscamento, porque, muitas vezes são usados para várias atividades, além de apenas iluminar. Por outro lado, mesmo sem negar que ofuscamento seja de fato o problema, existem algumas medidas projetuais que podem ser adotadas, a fim de reduzir o risco de sua ocorrência.

2.3.1.4 Formas de iluminar e controlar a insolação excessiva

Uma edificação está configurada por elementos estruturais que suportam as cargas do edifício e por elementos de fechamento que o protegem das condições ambientais, embora algumas vezes a função de suporte e proteção estejam sobrepostas, dando lugar a grandes muros cegos, que estruturam e protegem o edifício. Mas, de forma geral, existem elementos que conformam a estrutura do prédio (esqueleto) e elementos que formam a pele ou o envolvente, a qual deve ser cuidadosamente especificada, por depender dela a relação dos usuários do edifício com o meio externo.

Olgay (1998, p.63) afirma que a pele de um edifício atua como filtro entre as condições externas e internas, para controlar a entrada do ar, do calor, do frio, da luz, dos ruídos e dos odores. De modo geral, aceita-se que o muro seja capaz de controlar corretamente, por si mesmo, os efeitos do ar, da temperatura, do vento e do ruído. A luz é mais bem controlada no interior. No entanto, a radiação calorífica deve ser detida de forma efetiva, antes de alcançar a envolvente do edifício. Desta forma, os materiais que conformam a pele da edificação têm um papel deci-

sivo na utilização e no controle dos raios do sol.

É pertinente a utilização de sistemas de controle da radiação solar, que permitam a entrada de luz nos ambientes internos e, ao mesmo tempo, minimizem o ganho de calor proveniente do exterior. Alguns sistemas de iluminação natural são: Light-shelf, átrio, duto com espelhos, persiana flexível, parede transparente, poço de luz, telhado com *shed*, refletor externo e clarabóia, entre outros, mencionados na página 88 e ilustrados na figura 25.

Olgyay (1998, p. 65) ao se referir aos sistemas de controle da radiação solar, explica que existem sistemas que utilizam elementos físicos para proporcionar sombra, por meio de mecanismos reguláveis. A função desses sistemas é a interceptação da radiação solar antes que incida no edifício. Dessa forma, a radiação é refletida e dispersada para o exterior. Nesse sentido, Olgyay afirma que os sistemas reguláveis são os que proporcionam o melhor resultado, já que podem ser adaptados ao percurso do sol. E destaca que a localização, como a latitude e a orientação, contribui para a definição de um mecanismo efetivo.

Olgyay (1998), além de ilustrar a importância dos dispositivos de controle da radiação solar, destaca, de forma interessante, sua riqueza estética na arquitetura:

Los elementos que pueden conformar una pantalla entre el hombre y el ambiente natural ofrecen posibilidades muy enriquecedoras para la expresión visual. Muchos elementos solamente sirven para elaborar la superficie, otros invitan a jugar con las luces y las sombras añadiendo la posibilidad de composición espacial, mientras que otros constituyen por sí mismos entidades arquitectónicas. A su aspecto plástico se le añaden componentes visuales tales como ritmo, luz, color y textura (OLGYAY, 1998, p.65).

Além de evitar o ganho de calor, e de assumir uma função estética, os mecanismos de controle da radiação solar podem, por sua vez, favorecer a ventilação natural. Sua dimensão, configuração e materiais determinam sua eficiência. As decisões de projeto que consideram a iluminação e o controle da insolação não devem ser consideradas separadamente das que consideram a ventilação, principalmente em climas quentes-úmidos, já que criar aberturas grandes e dispositivos de sombreamento, sem o devido estudo, podem ter como consequência respostas não muito agradáveis.

2.3.1.5 Métodos preditivos da Iluminação Natural

Para analisar a insolação nos projetos de arquitetura:

[...] son necesarios instrumentos que definan los ángulos de incidencia del sol sobre los edificios en diferentes emplazamientos, estaciones y horas del día. La inutilidad de los modelos radica em la dificultad con que los efectos de sombra o asoleo pueden observarse visualmente. Estos instrumentos pueden agruparse en dos categorías generales: la máquina solar y la gama de ábacos solares (OLGYAY, 1998, p.35).

A máquina solar consiste numa fonte de luz regulável (simulando a luz solar) que tenta reproduzir as condições de insolação em qualquer situação dada. Com esse mesmo princípio desenvolveram-se numerosos instrumentos: O Heliodon do Centro Britânico da Construção; a lâmpada de potência dirigida, do professor G.M. Beal; o Solaranger, realizado pelo Dr. L.W. Neubauer; o Solarscope do Centro Experimental para a construção da Commonwealth; o Solarscope, da Companhia Cristalera Libbey-Owens-Ford; o Solatron, da Escola de Arquitetura de Cornell; o Héliodon, da Universidade John Hopkins, e muitos outros (OLGYAY, 1998)⁴⁷.

Os ábacos solares, segundo Olgyay, baseiam-se nas características dos padrões de sombras. Devido a sombra se movimentar exatamente de forma oposta ao sol, o ábaco solar pode em qualquer momento, determinar sua posição em relação à sua sombra. Olgyay enumera alguns exemplos de ábacos solares: o *Shadowgrams* e os Diagramas cotangentes de Kuttner, Grobler e Beckett e o ábaco de sombras, desenvolvido por Aladar Olgyay (aplicável em qualquer latitude).

De acordo com Magalhães (1995, p.6), “as quatro formas principais de se obter os dados para o projeto de iluminação natural são os cálculos matemáticos, os processos gráficos, os programas de simulações em computador e as medições que utilizam modelos físicos e icônicos”:

Os cálculos matemáticos nem sempre foram utilizados pelos arquitetos devido à sua complexidade. Hoje, com o computador, esses cálculos podem ser realizados com mais facilidade. Os processos gráficos, diagramas, transferidores, máscaras, etc, aproximaram mais o arquiteto das possibilidades da luz natural. Sendo o modelo reduzido um dos instrumentos de projeto do arquiteto, os dados obtidos através do seu uso permitirão uma maior compreensão do

47 OLGAYAY destaca que todas essas máquinas solares apresentam uma grande desvantagem, que é a divergência dos raios que saem das lâmpadas, provocando uma certa distorção nas medições, principalmente em maquetes de grande escala.

fenômeno e facilitarão um melhor aproveitamento da luz natural.

Alguns programas de computador já foram desenvolvidos nesta área, baseados nos algoritmos matemáticos existentes. A sua aplicação não anula a importância dos modelos reduzidos, sendo que alguns desses programas tomam como base dados obtidos experimentalmente, com a utilização de modelos físicos (MAGALHAES, 1995, p.6). A Carta Solar é um método gráfico que permite ao projetista visualizar a posição do sol, a partir da qual poderá definir aberturas para a entrada de luz ou definir a dimensão e posição dos dispositivos de sombreamento. O percurso do sol é visualizado como o caminho traçado sobre a abóbada celeste. Essa representação tridimensional é transportada para duas dimensões através da projeção, em planta, da abóbada celeste. A planta é construída com a projeção dos ângulos de altitude do sol, projetados a distâncias iguais a da planta (MOORE, 1985, p.58).

A posição do sol no céu é descrita pelo ângulo de altitude (ângulo vertical sobre a horizontal) e pelo azimute (ângulo horizontal a leste ou oeste do sul). Os ângulos de azimute e altitude solar são determinados pela latitude do local, dia do ano e hora solar durante o dia. Ou seja, cada local, dependendo da latitude, terá uma carta de sol diferente. Esses ângulos - de azimute e altitude - são determinados por fórmulas ou por tabelas existentes em livros referenciais de *standard* (ASHRAE Handbook of Fundamentals, 1981, apud MOORE).

2.3.1.5.1 Simulações com modelos físicos e eletrônicos

As simulações de iluminação natural podem ser realizadas por meio de modelos reduzidos a céu aberto ou em céus artificiais. Os modelos estudados em céus abertos proporcionam resultados mais reais; no entanto, os modelos reduzidos estudados em céus artificiais fundamentam-se em céus totalmente nublados (onde a iluminação é uniforme)⁴⁸.

Magalhães (1995) realiza medições de iluminação natural no interior de uma sala por meio de um modelo reduzido e de uma simulação pelo computador. As medições são realizadas alterando-se dimensão, forma e materiais da abertura lateral da sala, localizada numa de suas paredes. Para cada alteração são realizadas as respectivas medições, no modelo reduzido - por meio de dois equipamentos - e no modelo computacional, também com dois *softwares* diferentes.

48 Para mais informações, ler a tese de doutorado de Magalhães (1995, p.164-166). Nesse trabalho ele faz uma revisão das diferentes experiências realizadas com modelos em escala, em diversas partes do mundo. E destaca que a maioria dessas experiências foi realizada sob céu artificial, sendo que no Brasil há poucos exemplos.

De acordo com Magalhães (1995), trabalhar com modelos reduzidos e maquetes eletrônicas, conjuntamente, é importante para a obtenção de resultados mais precisos.

[...] o uso isolado de modelos físicos icônicos ou de modelos de simulação computacionais poderá levar a uma grande distorção nos projetos de iluminação natural, por serem todos processos rústicos, e portanto insuficientes para um resultado confiável e real, em cada situação específica (MAGALHAES, 1995, p. 249).

Sihn ⁴⁹ (2002, p.151) considera que a maquete eletrônica é uma opção rápida e eficaz, que auxilia o processo de projeto. A simulação pelo computador (através da maquete eletrônica) é de grande vantagem, pela:

[...] velocidade com que as alterações nos modelos tridimensionais no computador podem ser realizadas e, conseqüentemente, visualizadas. Isso acelera as etapas de projeto, como na compatibilidade de projetos, trazendo economia de tempo e de dinheiro (SIHN, 2002, p.151).

49 SIHN, I.M. na sua pesquisa de mestrado, verificou a qualidade com que o *software* 3D Studio Viz simula a Iluminação Natural numa maquete eletrônica.

O que importa realmente é compreender que não fazemos arquitetura se somente enfocamos unilateralmente os problemas físicos, ou os funcionais, ou os estéticos, ou os econômicos; será arquitetura, e daí sua enorme complexidade, na medida em que sejam solucionadas integralmente todas as exigências que cercam o indivíduo (RIVERO, 1985, p.13).

2.4 CLIMA X ARQUITETURA

A Arquitetura tem o homem como objetivo central. Mas com toda a discussão que o engloba; questões pertinentes a suas necessidades e limitações físicas, suas atividades, cultura e realidade sócio-econômica assim como questões relativas à sua subjetividade. Fazer arquitetura representa considerar todos os problemas que atingem o homem. Nesse sentido, Rivero (1985, p.13) afirma:

O que importa realmente é compreender que não fazemos arquitetura se somente enfocamos unilateralmente os problemas físicos, ou os funcionais, ou os estéticos, ou os econômicos; será arquitetura, e daí sua enorme complexidade, na medida em que sejam solucionadas integralmente todas as exigências que cercam o indivíduo.

Dentro de todos esses aspectos que envolvem o homem, e que devem ser considerados pela arquitetura, encontram-se as questões relativas ao conforto ambiental, entendendo-se pelo conforto ambiental as condições favoráveis para o homem se desenvolver no seu habitat, sem implicar em muitos gastos de energia e nem em achaques nos seus sentidos.

A condição ideal para o homem viver é determinada, em parte, por suas exigências fisiológicas. Por outro lado, o clima influencia tais condições. Ambos os aspectos (exigências fisiológicas e clima) são relevantes, e determinam as decisões tomadas pelo arquiteto, para atingir tais condições ideais, mais conhecidas como conforto ambiental. Esse assunto foi abordado no capítulo anterior. Nesse contexto, a arquitetura é a responsável por oferecer ao homem um abrigo coerente com suas necessidades e com o clima. Por meio dos elementos arquitetônicos, as soluções espaciais, os dispositivos de controle de insolação, e demais componentes, em total sintonia, o usuário será provido de boas condições ambientais.

Arquitetura deverá atender às exigências do clima. De acordo com Allard (1998, p. 45), o comportamento térmico e dos fluidos mecânicos dentro de uma edificação está definida pelo comportamento transiente dos componentes do edifício que sofrem o impacto das condições externas e internas.

Dessa forma, chama-se a atenção do arquiteto para que considere as características térmicas dos materiais utilizados na edificação, pois os ambientes internos não dependem unicamente de

uma boa ventilação para a obtenção de um clima agradável, eles também estão subordinados a uma boa resposta térmica dos materiais empregados, que trabalharão em conjunto no processo de aclimação natural do edifício.

Ao empregar materiais que conduzem rapidamente o calor para dentro da edificação, dificultar-se-á o processo de climatização natural, obtido através da ventilação. O comportamento térmico e as características dos materiais, tais como texturas, densidade, entre outros, deverão ser estudadas pelo arquiteto.

2.4.1- Eficiência energética em edifícios

Se os arquitetos e engenheiros tivessem mais conhecimentos sobre eficiência energética na arquitetura, ao nível de projeto ou da especificação de materiais e equipamentos, estes valores poderiam ser reduzidos. Além de evitar a necessidade de maior produção de eletricidade do país, isto retornaria em benefício dos usuários como economia nos custos da obra e no consumo de energia (LAMBERTS et al, 1997, p.21).

Lambert et al. (1997), ao se referir ao consumo de energia em edifícios comerciais e públicos, afirma que a iluminação e o ar condicionado são os grandes fins para os quais é utilizada a energia elétrica no Brasil. Embora o consumo por m² para diferentes tipos de uso em edifícios comerciais e de serviços públicos no Brasil seja muito difícil de se obter, Lambert destaca que, segundo a pesquisa de Geller, em média o consumo com iluminação é de 44%, com ar condicionado 20% e com outros equipamentos, 36%.

Lima⁵⁰ (2005) afirma que o sistema de ar condicionado, além de ser muito caro, consome muita energia. Dependendo do prédio, o consumo de energia do sistema de ar condicionado é de 30% ou 40% do consumo total, e o custo da implantação do sistema é cerca de 25% do valor da obra. No caso específico do Hospital Sarah Salvador, Lima⁵¹ (2006) destaca que a média mensal do consumo energético desse hospital, sem a utilização de ar condicionado, é de R\$ 90,000.00, no entanto, se o hospital fosse totalmente climatizado, com ar condicionado, seria de aproximadamente R\$ 600,000.00. Um gasto aproximadamente 6 vezes maior.

Concorda-se com Lamberts et al. (1997) em que o arquiteto deve ter conhecimento básico de todos os conceitos relativos ao desempenho térmico das edificações, para ter um diálogo ameno entre ele e os vários profissionais específicos da área. Um edifício com um bom desempenho

50 Entrevista realizada pelo autor com o arquiteto Lelé em Julho de 2005, Salvador Bahia.

51 Entrevista realizada pelo autor com o arquiteto Lelé em Julho de 2005, Salvador Bahia.

térmico só é possível através de uma análise multidisciplinar - entre arquitetos, técnicos especialistas e engenheiros – partindo do conhecimento e da consciência energética do arquiteto, evidenciada no projeto desde sua concepção.

Para melhorar a eficiência energética das edificações, é importante a normalização do consumo de energia. Atualmente no Brasil está sendo desenvolvido um conjunto de normas de eficiência energética que servirá de ajuda e apoio para esse setor. Entretanto, enfatiza-se que o mais importante é a consciência de cada profissional.

2.4.2 Orientação e forma dos edifícios

O arquiteto, em sua maioria, orienta o edifício considerando unicamente à posição do sol. Procura-se ganhar energia radiante no caso de lugares de clima frio, ou, por outro lado, evitar o ganho de calor em regiões de clima quente. A equação que determina a orientação do edifício, em função da variável sol (estabelecida pela sua posição), deve considerar também a variável vento já que “o vento pode modificar em vários graus a orientação de um edifício” (OLGYAY, 1998).

Olgay (1998, p.95) menciona que o Departamento de Planificação de Baltimore, Maryland, desenvolveu um estudo muito preciso, no qual a orientação solar se modificou ao serem aplicados os fatores do vento específicos do local. Olgay, de forma resumida, descreve o método desenvolvido por I.S. Wiener, onde se destaca que para essa avaliação são necessários três tipos de dados:

- 1 Freqüência dos ventos, em termos de porcentagem de tempo.
- 2 Velocidade em m/s.
- 3 Características gerais, tais como brisas quentes ou frescas⁵².

Figura 27 - Esquemas dos sheds dos Hospitais Sarah

⁵² Com relação à orientação em função dos ventos dominantes, comentar-se-á mais adiante sobre o Hospital Sarah - Fortaleza.

Olgyay (1998, p.96) afirma que o método para modificar a orientação com relação ao sol, a partir dos resultados dos fatores do vento, tem três fases:

- recolher e avaliar os dados acerca dos efeitos produzidos pelos fatores do vento.
- recolher e avaliar os dados da orientação solar.
- determinar a orientação definitiva, a partir dos dados combinados do sol e do vento.

Por outro lado, Givone (1994, p. 25), ao se referir à orientação especificamente em climas quentes e secos, afirma:

The main objective in hot dry regions is to minimize the impact of the sun on the building in summer and this is the main consideration affecting orientation. Although ventilation in the evening hours is also very important in hot dry regions this factor is secondary to the solar aspect in the choice of orientation.

Em relação à orientação em regiões de clima quente úmidos, Givone (1994) considera:

In hot humid regions the provision of effective cross ventilation under the local wind direction is the major factor that may affect the building's orientation. In view of the primary importance of natural ventilation in hot humid climates a building's relationship to the wind direction should be a major consideration in determining the location of the main rooms – the living and sleeping rooms- during the design stage. (GIVONE. 1994, p.25)

Mais adiante, especifica que:

Orientation for ventilation does not imply that the building should be perpendicular to the wind direction. Oblique winds at angles between 30 and 120 degrees to the wall can provide effective cross ventilation if openings are provided in the windward and leeward walls. (GIVONE, 1994, p.25).⁵³

A forma, bem como a orientação são importantes variáveis que determinarão tanto as condições internas de conforto quanto o desempenho e eficiência energéticos numa edificação. Ao se referir à forma arquitetônica, Lamberts et al. (1997) afirmam:

⁵³ Cabe destacar que o Hospital Sarah Fortaleza está orientado, de forma geral, perpendicularmente aos ventos dominantes.

A forma arquitetônica pode ter grande influência no conforto ambiental em uma edificação e no seu consumo de energia, visto que interfere diretamente sobre os fluxos de ar no interior e no exterior e, também, na qualidade de luz e calor solar recebidos pelo edifício. A luz natural, além de ser uma variável ambiental, pode ser enfocada como elemento de projeto. Seu caráter simbólico, por exemplo, foi explorado com maestria nas catedrais do período gótico, onde a luz representava a própria divindade.

Com relação ao conforto térmico, a influência da forma arquitetônica já foi evidenciada em vários locais do mundo, como na cidade de Marrakesh, em Marrocos, onde as edificações foram construídas de forma a canalizar para o interior da cidade a brisa que vem do mar (úmida e refrescante). Da mesma maneira, o vento quente continental é desviado pela forma das edificações, possibilitando conforto em escala urbana (LAMBERTS, 1997, p. 52).

Em climas quentes, como os de Fortaleza e Rio de Janeiro, a orientação do edifício deve evitar a desfavorável radiação solar direta, e acolher, em seu lugar, as brisas refrescantes. Victor Olgyay, no capítulo VI – *Orientación Sol-Aire* - do seu livro *Arquitectura y Clima*, considera o sol e o vento as principais condicionantes para encontrar a orientação ideal. Por essa razão, torna-se imprescindível a análise conjunta da iluminação e da ventilação natural nesses hospitais.

Destaca-se a preocupação de Lelé em melhorar a eficiência dos *sheds* dos Hospitais, em função da luz e do vento⁵⁴. Na figura 27, mostram-se algumas mudanças realizadas nas coberturas com a finalidade de melhorar sua eficiência.

2.4.3 Material envolvente: cor e textura

O comportamento térmico dos materiais utilizados nas edificações é importante para garantir o conforto nos ambientes internos. Lelé tem plena consciência disso. As peças de argamassa armada utilizada em divisórias, paredes e pisos tem suas vantagens no que diz respeito à produção em série, manuseio e transporte, durabilidade entre outros aspectos, mas

“tanto o concreto quanto a argamassa são péssimos no que diz respeito à acústica e conforto térmico [...]. Temos várias tecnologias para solucionar o problema. Usamos sempre paredes duplas que não se tocam, e podemos deixar passar uma corrente de ar entre as duas ou colocamos uma lâmina de isopor. Estamos sempre aperfeiçoando nossos projetos

54 Ver item 3.3.3.4- *Sheds* dos Hospitais, onde será amplamente discutido.

e isso significa um sobrecusto, mas o conforto é importante e temos de mantê-lo. Nossos hospitais oferecem conforto bem razoável (LIMA, 2003a).

O sistema de fixação das divisórias e paredes de argamassa armada é simples e prático, para permitir as alterações de *layout*, quando necessárias. As paredes de argamassa armada (Figura 28 b) constam de duas placas fixadas com parafusos. A área de contato entre a placa interna e a externa é mínima, reduzindo assim a ponte térmica ou ganho de calor por condução entre as

Figura 28a – Fixação das divisórias de argamassa armada – Corte e Planta.

Figura 28b – Painéis de argamassa armada.

Figura 28c – Fixação no piso da divisória de argamassa armada.

Figura 29 a – Fechamento do Tribunal de Contas da União - Cuiabá. Vista externa do estacionamento.

Figura 29 b – Tribunal de Contas da União - Cuiabá. Delimitação de acesso entre o estacionamento e o jardim interno. Vista interna.

Figura 29 c. Fechamento externo. Permite a iluminação lateral do corredor.

duas superfícies (Figura 28 a e c).

As características do material: cor, textura, densidade, entre outras, é importantes na resposta térmica, psicológica e acústica dos fechamentos. Tratando-se da ventilação e iluminação naturais, é importante utilizar elementos vazados para fechamentos, permitindo a passagem do ar e da luz natural. Os fechamentos podem permitir a passagem do vento e da luz natural, sem comprometer sua função principal; quando necessário o controle de acesso ou a delimitação de áreas mais restritas (Figura 29 a e 29 b); entre áreas de transição - áreas internas e externas - (Figura 29 c); para controle visual e mais privacidade em áreas internas (Figura 30); ou áreas externas, como muros (Figura 31 a,b e c).

Todos esses painéis de fechamentos, desenvolvidos pelo Artista plástico Athos Bulcão, atendem a um conceito fundamental que é permitir a passagem da luz natural e o vento. As cores e desenhos estimulam o psicológico dos pacientes e criam ambientes mais agradáveis.

2.4.4 Influência da vegetação

As características naturais do terreno tendem a melhorar as temperaturas extremas e a estabilizar as condições, devido principalmente as qualidades refletoras das diferentes superfícies. A camada de plantas e ervas que cobrem o solo reduzem as temperaturas absorvendo parte da insolação e esfriando através da evaporação (OLGYAY, 1998, p.51).

Figura 30 – área de recreação infantil do Centro de Reabilitação Infantil de Rio de Janeiro.

Figura 31 a, b e c – fechamentos externos dos Hospitais Sarah Macapá, Brasília (Lago Norte) e Fortaleza

Identificam-se algumas características inerentes à vegetação, que devem ser consideradas na discussão do projeto arquitetônico, devido a suas implicações na iluminação e na ventilação natural. São elas:

- A vegetação serve de barreira para a insolação excessiva. Sua sombra melhora as condições de conforto no entorno do edifício.
- A vegetação direciona os fluxos de vento. Em climas quentes, onde se precisa de ventilação, uma cuidadosa localização das árvores deve ser estudada. (Figura 32).
- A vegetação tem importância estética e conseqüentemente psicológica, na ambientação dos espaços arquitetônicos. (Figura 33 a e 33 b).

Olgay destaca que em dias ensolarados “la temperatura en la superficie de la hierba es, aproximadamente, entre 5° y 8°C inferior que en el suelo expuesto directamente”; entretanto, “otros tipos de vegetación pueden reducir aún más el calor; por ejemplo, se ha observado que la temperatura

Figura 32 - Modificação do modelo de movimento do ar por meio do paisagismo
Fonte – Olgay, 1998, p. 102.

bajo un árbol, al mediodía, es casi 3° C inferior que en un área sin sombra”. (LANDSBERG, 1950, apud OLGAY, 1998, p.51).

“A presença de vegetação (...) afeta a configuração do fluxo do vento, dependendo de sua forma e dimensão”. (VAN STRAATEN et al. 1965; MELARAGNO, 1982; BOUTET, 1987; GARCIA-CHAVEZ et al. 1985 apud BITTENCOURT, 2004).

Bittencourt (2004) destaca que “uma grande floresta ou uma densa área de vegetação produz um tamanho pequeno de sombra de vento em relação ao seu comprimento, enquanto que uma curta e alta linha de árvores pode produzir uma significativa esteira” (BITTENCOURT, 2004, p.24).

Figura 33 a - Jardim interno. Tribunal de Contas da União – Cuiabá. Figura 33 b - Jardim interno. Hospital Sarah Fortaleza.

Figura 34 a – Vista do bonde. Passagem do Hospital Sarah Salvador. Figura 34 b – Vista do jardim do Salvador.

No hospital Sarah Salvador, uma grande área verde serve de integração entre o CTRS e o hospital, localizado numa cota mais alta. Um bondinho, projetado e produzido pelo CTRS, funciona como elevador para os pacientes e a equipe de fisioterapia que usufruem do agradável ambiente para tratamento e reabilitação. Esse jardim, com passagem e áreas de estar, serve também de integração do CTRS com o Hospital (Figura 34a e 34b).

Nas áreas de estacionamento dos hospitais utiliza-se “uni-grama”, material de concreto com vazamentos preenchidos com grama (Figura 35). Esse material proporciona áreas permeáveis, diminuindo os problemas de drenagem de água, produto das chuvas. A presença da grama gera também uma textura interessante para as áreas contíguas a jardins e áreas verdes.

2.4.5 Aberturas

Ao projetar janelas:

[...] deve ter-se em consideração a ventilação, a proteção contra as intempéries e o isolamento em relação ao ruído exterior⁵⁵. Contudo, a principal função de uma janela é a de proporcionar uma vista e a de permitir a luz que penetre no interior dum edifício em tal quantidade e com uma tal distribuição, de modo a que resulte uma iluminação interior satisfatória. (HOPKINSON et al. 1966, p.27)

Para obter uma boa iluminação, a entrada da Luz natural através das aberturas deve ser bem

Figura 35 – Área externa com “unigrama”. Hospital Sarah Amapá.

⁵⁵ As aberturas e janelas têm aspectos conflitantes. Se abrir para o exterior pode trazer problemas como a entrada do ruído exterior. Dependendo da função dos ambientes, isso pode intensificar-se. Teatros, espaços de recolhimento e hospitais são exemplo. Em hospitais, há alguns ambientes onde este aspecto deverá ser bem avaliado já que a entrada do ruído pode causar desconforto em pacientes que precisam de silêncio devido a seu estado clínico. Desta forma, ter presente este problema potencial característico de aberturas é importante. Nesta discussão será desconsiderado este aspecto já que dependendo do lugar da implantação este problema pode não existir; caso dos hospitais em estudo. Seu entorno próximo não tem problemas com fontes de ruído que induzam a esta discussão.

estudada, pois pode provocar incrementos na temperatura interior. A orientação é fundamental para obter uma iluminação satisfatória, sem ganhos desconfortáveis de calor. GIVONE (1994, p. 23) afirma:

In considering the orientation of a building the main issue is the orientation of the windows. Solar energy penetration through large windows in summer can elevate a building's indoor temperature high above the outdoor daytime level and thus cause significant thermal stress, as well as increasing the building's cooling load.

De acordo com Lamberts et ali (1985), no projeto arquitetônico as principais variáveis que podem alterar o ganho de calor pela abertura são: a orientação e tamanho da abertura, tipo de vidro e uso de proteções solares internas e externas.

Considera-se que, o design⁵⁶ das aberturas ou janelas atende a variáveis além de uma simples preocupação com a estética e a linguagem arquitetônica. Seu design deverá conter arranjos e dispositivos que atendam às condicionantes climáticas e favorecem o conforto dos ambientes internos. A dimensão e a posição de uma abertura determinará uma eficiente ventilação e iluminação natural.

Aberturas, no sentido dos ventos dominantes e com dispositivos que direcionem o vento no nível das pessoas, favorecerão o conforto produzido pela evaporação do suor na passagem do ar sobre a pele. Aberturas na parte posterior e superior do ambiente facilitam a saída do ar quente,

Figura 36 a – Tribunal de Contas da União – Cuiabá. Vista da abertura lateral que direciona os ventos para dentro da edificação.

Figura 36 b – Vista interna da abertura lateral interna.

⁵⁶ Ao referir-se ao *design* das aberturas considera-se: a orientação, dimensão, tipo de vidro, dispositivos de controle de insolação assim como também suas características estéticas.

melhorando o processo de ventilação, aspectos que foram estudados no capítulo sobre ventilação natural.

Lelé tem proposto aberturas laterais que funcionam como catadores de vento e ao mesmo tempo, permitem a entrada da luz natural (Figura 36a e 36b). Esses catadores de vento direcionam o vento para dentro da edificação. Essa solução tem sido utilizada principalmente nos Tribunais de Contas da União – TCU, projetos do Arquiteto João Filgueiras Lima, Lelé.

Por outro lado, aberturas posicionadas de forma a captar a luz difusa da abóbada celeste garantem uma boa iluminação, evitando a entrada de calor produto da insolação direta. Dispositivos de reflexão como os *light shelves* que direcionam a luz natural e proporcionam uma melhor distribuição da iluminação devem ser utilizados. Cabe destacar que as aberturas, além de permitir a ventilação e a iluminação natural, trazem benefícios visuais e psico-fisiológicos, graças ao contato visual com o exterior. COSTI (2002) afirma que “a Luz natural é estimulante e devido à variação da sua iluminância cria uma multiplicidade de cores nos ambientes”. Destaca também que uma abertura com visão para o exterior permite “a orientabilidade temporal”, e por se tratar de hospitais, é importante por distrair os pacientes pois, quando em contato com a natureza, o conforto será maior.

O tipo de abertura deverá ser definido principalmente pelas características e exigências do edifício. Por sua vez, a configuração do edifício é determinada pela localização no terreno, o programa de áreas, necessidades do usuário, entre outros aspectos, que em conjunto, determinam os níveis necessários de iluminação e taxas de ventilação. Entender a essência das aberturas, sua função e, principalmente, a resposta que cada tipo de abertura oferece em termos de ventilação e iluminação natural é importante para propor um tipo de abertura que melhor atenda às exigências do edifício.

Em termos de iluminação natural, Robbins (1986, p.63) destaca que:

The quantity of natural light needed, its character, its directionality, and the contrast it produces begin to suggest which concepts are most appropriate for a given lighting situation. In addition, the overall configuration of the building (...) has a major impact on decisions as to which daylighting concepts can best be used to illuminate the building.

Na hora de conceber ou projetar uma janela, conhecer as características climáticas que influenciam o conforto térmico em climas quentes úmidos, por exemplo, é de vital importância para que a arquitetura resultante tenha uma boa eficiência energética, além de agradável aparência estética.

Robbins (1986, p.63) agrupa os tipos de iluminação natural em sete categorias:

- *Sidelighting*
- *Roof and top (horizontal) lighting*
- *Angled lighting*
- *Beam lighting*
- *Indirect lighting*
- *atria, light courts, and reentrant lighting*
- *Combinations of the above*

2.4.5.1 Flexibilidade nas aberturas

Conforme comentado anteriormente, as aberturas têm várias funções, dentre as quais destacam-se: permitir a entrada da luz natural, permitir a ventilação, estabelecer relações físicas ou visuais com o exterior e, embora contraditório, em determinados casos deverá controlar o ruído. De modo geral, sugere-se, que a janela tenha uma parte fixa para iluminar e outra parte móvel para ventilação (Figura 37a e b). Esse tipo de janela foi muito utilizada pelos arquitetos Alvar

Figura 37 a e b – Janela flexível; abertura para ventilar, iluminar e integração visual.

Figura 37 c – Peitoril Ventilado.
Fonte – Bittencourt, 1998, p.102.

Aalto, Lúcio Costa e atualmente por Lelé.

A figura 37 c, é um exemplo de flexibilidade nas aberturas. Nesse caso, as aberturas possibilitam duas opções de ventilação; pelo janela ou pelo peitoril. Embora o ar entre pelo peitoril, esse tipo de janela exemplifica o conceito de “sistema de fechamento flexível”⁵⁷.

2.4.4.2 Sheds⁵⁸

Todos os tipos de iluminação zenital ou pela cobertura provêm uma iluminação uniforme e com características significativamente diferentes da iluminação lateral (ROBBINS, 1986, p.87). Dentre os vários tipos de iluminação, de acordo com a classificação de Robbins, encontra-se a iluminação

Figura 38 - Luminosidade num quarto com aberturas em shed sobre céu claro.
Fonte – ROBBINS, 1986.

Figura 39 – Esquema de luminosidade num quarto com abertura lateral.

57 O conceito “sistema de fechamento flexível” é proposto neste trabalho para definir um sistema alternativo ou flexível que permita possibilidades variadas, dependendo da necessidade, de ventilação, iluminação e contato visual com o exterior. Mais exemplos sobre esse tema no tópico 3.5- Hospital Sarah Kubitschek Rio de Janeiro.

58 Na bibliografia consultada, ROBBINS denomina esse tipo de iluminação de *sawtooth* (traduzido ao português: iluminação de “dente de serra”). Neste trabalho, será chamada de *shed*.

por *sheds*. A iluminação por *sheds* pode ser uma excelente opção para iluminar áreas que têm um uso intenso, como é o caso dos ambulatorios em hospitais, entre outros. (ROBBINS, 1986, p.87).

“A iluminação de topo é a técnica de iluminação natural mais fácil de ser integrada à iluminação artificial (ou elétrica) já que em ambos casos a luz vem do forro” (ROBBINS, 1986, p.89, tradução nossa). Segundo Robbins (1986, p.87), a configuração das medidas de altura, profundidade e espaçamento da iluminação de “dente de serra” ou *sheds* afetam os padrões de distribuição e quantidade de iluminação natural no ambiente.

Os *sheds* também permitem a fácil saída do ar quente já que as aberturas estão localizadas na cobertura. A velocidade de entrada e saída do ar pode ser incrementada pela posição e área das aberturas (Figura 17). Quanto maior o pé direito do *shed*, melhor será o efeito chaminé, sendo a altura (h) da abertura de saída importante para uma ventilação eficiente. A conjugação do efeito chaminé com a direção dos ventos predominantes é fundamental, sendo assim, a abertura do *shed* deverá funcionar como saída do ar (Figura 14).

CAPÍTULO 3

UMA INSTITUIÇÃO, UMA ARQUITETURA = UMA POSSIBILIDADE...

Assim como o ocorrido com a nossa sociedade, o espaço hospitalar após sua criação vem passando por profundas transformações que o resignificam a cada nova “revolução” social: tecnocientífica e econômica (SILVA, 1999).

Uma observação sistemática da evolução dos hospitais seria interessante para estabelecer comparações e identificar possíveis referências projetuais da Rede Sarah. Apresenta-se em continuação uma seleção de exemplos que ilustram, rapidamente, as principais mudanças acontecidas na morfologia dos hospitais. Destacam-se a forma dos edifícios e os aspectos relativos ao conforto ambiental, assim como as soluções que priorizaram a ventilação e a iluminação naturais, conseqüentes de uma emergente preocupação com a higiene nos espaços de saúde.

A análise que segue sobre a evolução morfológica dos hospitais está baseada na leitura do Miquelin⁵⁹. Levanta-se alguns aspectos interessantes relativos à forma e à função dos hospitais. Aspectos como o conceito de higiene, a introdução de sistemas mecanizados de ventilação, as diversas tipologias - vertical, mista ou horizontal - e suas repercussões na iluminação e na ventilação natural dos ambientes, assim como nos custos de construção e de instalações, aspectos interessantes que servirão de base para contextualizar a proposta da Rede Sarah, ilustradas na parte final do trabalho.

A análise da evolução dos hospitais desde o ponto de vista do conforto ambiental assim como sua contextualização é fundamental. Mas a complexidade das discussões e dos assuntos inerentes ao tema hospitalar implicarão uma pesquisa bibliográfica e documental muito maior da aqui proposta e que escaparia dos objetivos deste capítulo⁶⁰.

59 Toma-se como referência para este estudo o trabalho de MIQUELIM (1992, p.27-78), *Anatomia Dos Edifícios Hospitalares*. Nesse livro o autor, por meio de um estudo histórico das diversas soluções de edifícios de saúde, ilustra a evolução e resgata os principais referenciais da arquitetura hospitalar. Na sua análise, destaca a mudança de objetivos e pensamentos da sociedade, assim como também os avanços da medicina e da tecnologia, que influenciaram a evolução dos espaços hospitalares.

60 Os objetivos desta revisão são:

- .Evidenciar as possíveis referências, na arquitetura hospitalar, que influenciaram a Rede Sarah kubischek.
- .Identificar os antecedentes da incorporação da luz natural e da ventilação natural nos espaços hospitalares, e ilustrar suas diferentes soluções.

- .Destacar que o desenvolvimento de tecnologias de climatização artificial induziram o seu uso excessivo, tornando os espaços hospitalares monótonos e com ambientes pouco humanizados. Sendo os edifícios muitas vezes concebidos para ser climatizados artificialmente

3.1 HOSPITAIS - ANTECEDENTES E MORFOLOGIA

Ao longo dos anos, mudanças políticas na organização da sociedade e grandes descobrimentos na medicina reestruturaram, ou melhor, caracterizaram funcional e espacialmente o que hoje se conhece como Hospital. Assim, é importante frisar que as diversas soluções arquitetônicas dos espaços hospitalares são um reflexo da evolução do pensamento da sociedade e seus consequentes avanços tecnológicos (SILVA, 1999).

Assim como o ocorrido com a nossa sociedade, o espaço hospitalar após sua criação vem passando por profundas transformações que o resignificam a cada nova “revolução” social: tecno-científica e econômica (SILVA, 1999).

Miquelin (1999) classifica as tipologias do edifício hospitalar em cinco tipos conforme sua evolução:

Antiguidade	Pórticos e Templos
Idade Média	Nave
Renascença	Cruz e Claustro
Era Industrial	Pavilhões
Pré-Contemporânea	Monoblocos

Pórticos e Templos - Antiguidade

Na Grécia antiga existiram três tipos de edificações para a prestação de cuidados de saúde: públicos, privados e religiosos. Prythnee, Cynosarge e Laicos eram construções de caráter público, destinadas ao cuidado dos idosos. Também existiu o Xenodochium, tipo de abrigo para viajantes, de origem tebana. No sistema privado o médico escolhia uma casa para abrigar seus pacientes, conhecida como latreia, que mais tarde, no Império Romano, foi conhecida como a famosa casa do cirurgião. As edificações de caráter religioso eram os templos onde a cura era realizada por divindades através do pronóstico divino⁶¹.

Em Roma, segundo Miquelin, identificam-se duas formas de arquitetura sanitária, além da interpretação do modelo do templo grego: Valetudinárias e Termas. As valetudinárias eram espécies de hospitais militares, estrategicamente localizados para acolher e tratar doentes e feridos, em

⁶¹ Entre os religiosos, na Grécia antiga, Asclépio era considerado o Deus da medicina, por sua grande habilidade na arte da cura. Seu tratamento era à base de abluções (purificação pela água) e jejum. Os pacientes passavam a noite sob os pórticos do Templo, até o sacerdote – médico (ASCLEPIADE) realizar seu tratamento: o prognóstico divino. Após a consulta, pela manhã, os pacientes tinham que partir. O templo era um lugar sagrado, e não servia de albergue. Esses templos eram localizados fora das cidades, em bosques, e próximos de rios, indispensáveis para as abluções.

geral soldados⁶². Silva (1999) destaca que a origem do Hospital ocidental é atribuída aos Romanos, com suas valetudinárias. As termas estão entre as principais instituições romanas, e sua distribuição traduz o espírito de ordem e organização dessa civilização. Estavam organizadas em centros de relaxamento destinados aos cidadãos mais importantes das grandes cidades (MIQUELIN, 1999). Termas mais simples, ligadas às maiores, serviam para terapia⁶³.

No Oriente

Desde o século III aC já havia hospedagem para peregrinos nos monastérios budistas. Essa função de abrigo ampliou-se gradativamente para os necessitados e doentes. A partir da chegada do budismo na China, os monastérios passaram a incluir, além da função religiosa, as funções de hospedagem e atendimento a saúde (MIQUELIN, 1992).

Em Bizâncio, no Mundo Islâmico e na Europa Ocidental até o fim do primeiro milênio, o cristianismo continua pregando a caridade em benefício aos necessitados, com maior ênfase no século seguinte. “A criação e manutenção dos Hospitais de caridade passam a constituir um dos mais fortes testemunhos da ação social da Igreja” (MIQUELIN, 1992).

No Império Bizantino a herança greco-romana é mantida, no mínimo, durante 10 séculos, graças a uma organização muito bem estruturada da sociedade, e sobretudo das forças armadas. Nesse período constroem-se numerosos hospitais, diversificados segundo os pacientes e as patologias.

O Mundo Islâmico

Preocupados com a higiene e a salubridade, além da distribuição dos pacientes por patologias, em pavilhões diferentes, como no Bimaristan de Bagdá, os muçulmanos estabelecem estratégias para distribuição de água e ventilação dos compartimentos. (MIQUELIN, 1992, p. 42)

Nesse período surgem os hospitais para o isolamento de pacientes por patologia, localizados geralmente fora das cidades. O Leprosário de Cordoue é, por exemplo, um dos primeiros leprosários de ocidente.

62 As enfermarias militares – daí o nome – foram estabelecidas nos campos romanos fortificados mais importantes desde o primeiro século da era cristã, principalmente a partir da conquista das fronteiras setentrionais do Império. Ao longo do Danúbio e do Reno, mas também na França e na Grã-Bretanha, as fortificações passaram a substituir as tendas provisórias por abrigos mais adequados e duráveis para funções fixas, como eram as Valetudinárias. O plano das fortificações respeitava um layout de formato quadrado dividido em quatro pela intersecção da via Praetoria com a via Principalis. A Valetudinária ocupava o quadrante superior direito, distante do Veterinarium. (local de cuidado com os animais) e das oficinas, instaladas no quadrante superior esquerdo. [...] O plano básico das Valetudinárias era constituído de 4 elementos, articulados em torno de um patio central, quadrado ou retangular. Três dos elementos abrigavam os compartimentos de aproximadamente 20 m2. Esses espaços eram dispostos, onde ambos os lados, em um corredor central de distribuição, cuja cobertura permitia a ventilação permanente. O quarto elemento, localizado junto à entrada, abrigava a administração e os serviços gerais. (MIQUELIN, 1992, p. 30-31)

63 As termas de Badenweiler (Baden Wurtemberg, Alemanha) são um exemplo. Ativas até hoje, são uma estação termal para tratamento do reumatismo, e outros problemas de articulação, de circulação e das vias respiratórias.

Nave - Idade Média

Na Idade Média, a morfologia básica do hospital foi a nave, forma polivalente que reflete o avanço das tecnologias estruturais. Os vãos tornam-se cada vez maiores e as condições de iluminação e ventilação dos edifícios melhoram muito. Dois fatores novos foram sendo incorporados ao planejamento hospitalar: separação entre as funções de alojamento e logística, e separação dos pacientes por patologia e sexo. (MIQUELIN, 1992)

Nos hospitais dessa época identifica-se a presença de pátios centrais com fontes, ao redor dos quais estavam localizados os quartos dos pacientes.

Cruz e Claustro - Renascimento

No Renascimento, a nave e suas combinações constituem as bases formais dos edifícios hospitalares. As construções são mais complexas, utilizando duas formas básicas: o elemento cruciforme e o pátio interno ou claustro, rodeado de galerias e corredores, sendo o claustro utilizado como elemento organizador da distribuição desses edifícios. Essa solução permite uma melhor iluminação e ventilação dos ambientes do hospital. Na figura 43, o Ospedale Maggiore de Milão, 1456, é um dos exemplos mais importantes da arquitetura renascentista na saúde.

Segundo a análise de Miquelin, o esquema de Filarete (Figura 43), contém os elementos básicos das construções hospitalares dos próximos quatro séculos.

Figura 40 – Termas de Badenweiler, aprox 70 d.C. Fonte – Miquelin, 1992, p.32

Figura 41 – Xenodochium Bizantino
Fonte – Miquelin, 1992.

Pavilhões - Era Industrial

[...] A medicina sempre foi palco de muitas pesquisas e experimentações. O principal período evolutivo deu-se nos séculos XVIII e XIX. Quando teorias surgiram de todas as partes e as comunicações entre o meio científico eram mais freqüentes que nos séculos anteriores. Neste momento, a influencia religiosa diminui consideravelmente.

A medicina concentrou-se mais no hospital, ganhando mais relevância do ponto de vista terapêutico. Nesse sentido, Foulcault⁶⁴ (apud Silva, 1999, p. 12) afirma que:

O Hospital como instrumento terapêutico é uma invenção relativamente nova, que data do final do século XVIII. A consciência de que o hospital pode e deve ser um instrumento destinado a curar aparece claramente em torno de 1780 e é assinalada por uma nova pratica; a visita e a observação sistemática e comparada dos hospitais.

Com o objetivo de procurar a melhor solução que proporcionasse um espaço agradável para o tratamento dos pacientes, a comparação das diferentes tipologias hospitalares da época tornou-se característica.

Figura 42 - Hospital Santo Espirito de Lubeck, 1286.
Fonte - Miquelin, 1992

Figura 43 - Ospedale Maggiore de Milão, 1456. Tratado de arquitetura de Fiori.
Fonte - Miquelin, 1992

64 FOUCAULT, M. (1999) Microfísica do Poder. apud SILVA, K.P. (1999). Hospital, espaço arquitetônico e território. 244p. Tese - FAUUSP, São Paulo - SP.

Todo esse longo período de estudos e discussões sobre formas hospitalares, durante boa parte dos séculos XVII e XIX, formam o cenário sobre o qual surge a morfologia pavilhonar baseada na enfermaria aberta, mais tarde conhecida como enfermaria Nightingale.

[...] A construção do Royal Naval Hospital, de Rovehead em Stonehouse, Plymouth, Inglaterra (1756) é, como o Ospedale Maggiore de Milão, no Renascimento, um elo essencial para a evolução do design de edifícios na saúde. O Royal Naval Hospital tem uma configuração pavilhonar, cujos princípios influenciarão todo o design na saúde pelos próximos 250 anos (MIQUELIN, 1992).

A configuração desse hospital era pavilhonar, com acomodação para 1200 leitos, divididos em dez pavilhões de dois pavimentos, ligados por uma galeria coberta, delimitando um pátio interno de proporções generosas.

Um exemplo de hospital pavilhonar é o hospital Lariboisiere, que serviu de referência para muitos hospitais no mundo. No Brasil, o Hospital Santa Casa de Misericórdia de São Paulo (SILVA, 1999), inaugurado em 1884, com aproximadamente 150 leitos, projeto do arquiteto italiano Luis Pecci, dá corpo à sua influência.

No Século XIX, “muitos hospitais baseavam seu modelo de construção nas enfermarias Nightingale. Estatisticamente, houve uma diminuição nos índices de contaminação” (SCHMIDT, 2003). As enfermarias Nightingale promoviam uma boa iluminação e ventilação naturais.

- I a X pavilhões de internação, de dois andares, com 6 unidades de 20 leitos cada.
- 1- entrada
 - 2 - jardim
 - 3 - capela
 - 4 - pessoal
 - 5 - isolamento de varíola
 - 6 - cozinha e refeitório
 - 7 - almoxarifado

Figura 44 - Royal Naval Hospital 1756-1764. Arq. Rovehead,
Fonte – “Hospital arch. & Beyond”

A luz natural passou a ser importante, quando Florence Nightingale valorizou a radiação solar para higienizar os ambientes e animar os pacientes. (COSTI, 2002).

Era basicamente um salão longo e estreito, com os leitos dispostos perpendicularmente em relação às paredes perimetrais; pé-direito generoso, janelas altas entre um leito e outro, de ambos os lados do salão, garantiam ventilação cruzada e iluminação natural [...] A "enfermaria Nightingale" constitui-se no elemento mais importante e característico da anatomia do hospital do fim do século XIX. Essa anatomia dividia as funções de internação, cirurgia e diagnósticos, consultórios para atendimento ambulatorial e de casualidades, administração e serviços de apoio ao edifício. (MIQUELIN, 1992)

Na virada do século XX o modelo pavilhonar-Nightingale era mantido como referência de arquitetura na saúde.

A valorização da ventilação e iluminação naturais domina o planejamento de edifícios da saúde durante praticamente todo o século XIX. Ironicamente, no entanto, essa valorização surgiu por razões equivocadas, i.e., baseada na "teoria dos miasmas". No meio do século XVIII, a propagação de doenças era atribuída a gases ou "miasmas", gerados por matéria orgânica em decomposição. Daí, usualmente auxiliados por conhecimentos construídos na atividade naval e industrial, os planejadores passam a dar uma grande atenção aos sistemas de ventilação, à distância entre os edifícios e à localização dos sanitários. (MIQUELIN,

Figura 45 - Hospital Lariboisiere, 1846-1854.
Arq. Pierre Gaultier, doc Monumentos Históricos da França.
Fonte - Miquelin, 1992

Figura 46 - Enfermaria Nightingale St. Thomas Hospital, 1857.
Fonte-Hospital apud Miquelin

1992)

Miquelin cita vários hospitais que propunham sistemas de ventilação, com destaque para o Belfast Royal Victoria Hospital, construído no início do século XX, como o mais importante exemplo da sofisticação técnica na área da ventilação mecânica.

O Belfast Royal Victoria hospital, projetado e construído projetando por Henman e Cooper de Birmingham, assessorados por Henry no projeto de tratamento do ar. O edifício se destaca pelo refinadíssimo sistema de ventilação artificial. O sistema utilizava os ventiladores centrífugos mais avançados da época; todo o sistema foi detalhado e instalado pela Samuel Cleland Davidson e Sirocco, uma das empresas mais famosas da engenharia naval. O mais destacável desse hospital é que toda a concepção do hospital foi baseada no princípio de tratamento de ar que define e orienta toda a concepção do conjunto.

O sistema é constituído de uma central única de ventilação e tratamento de ar, com dois ventiladores co-axiais acionados por máquina a vapor, que utiliza o excedente energético da lavanderia contígua. O ar é insuflado a baixa velocidade por um duto de distribuição de 150 m de extensão por 2,75 m de largura e uma altura decrescente de 6,10 m - na saída da central - até 1,85 m - na extremidade oposta. A velocidade de insuflamento é maior no verão do que no inverno. Os dutos secundários de distribuição nascem na parte superior do duto principal e conduzem o ar até cada compartimento de internação. Insuflado na parte superior

Figura 47 - Belfast Royal Victoria Hospital, 1903
Arq. Henman & Cooper
Fonte - R. Branham

dos compartimentos, o ar é extraído na parte inferior através de um outro duto paralelo ao de insuflamento. As torres de extração localizam-se na extremidade oposta à da entrada da internação.

A partir dessa organização as enfermarias são encostadas e paralelas umas às outras, todas ligadas através de um corredor principal único que passa sobre o duto primário de distribuição de ar. Entre esse corredor e as enfermarias há uma zona intermediária que abriga áreas comuns para escritórios, salas de cirurgia, etc. Nesse esquema compacto, e de um só pavimento, somente nas extremidades pode haver janelas. O restante da iluminação natural provém de aberturas zenitais

[...] A central de ventilação e tratamento de ar fica por trás das grelhas de captação, e o ar exterior passa através de um filtro tecido com fibras de coco, e constantemente umedecido. No inverno, a água de umedecimento era aquecida, para evitar o congelamento. Após a filtragem, o ar passa por um conjunto de serpentinas de aquecimento, antes de ser insuflado pelos ventiladores através dos dutos. Durante o inverno, a temperatura do ar é mantida constante por toda a extensão dos dutos, com o auxílio de conjuntos intermediários de serpentinas de aquecimento, localizados na origem dos dutos secundários; a alimentação das serpentinas é feita por uma canalização isolada, de água quente, que corre paralela ao duto principal de ar. (MIQUELIN, 1992)

Esse sistema é semelhante ao de ventilação natural do hospital Sarah Fortaleza, embora, em lugar de aquecer, o sistema de Fortaleza tenha por objetivo resfriar o ar que entra pelas galerias de ventilação. Por outro lado, pelo nível de desenvolvimento tecnológico, no Brasil esse hospital pode ser comparado ao novo Sarah Rio de Janeiro, que possui inigualáveis sistemas de ventilação e iluminação, tornando-o pioneiro na arquitetura brasileira, e em especial a hospitalar.

Mais adiante Miquelin afirma que o Royal Victoria Hospital de Belfast foi o primeiro edifício complexo fora da área industrial a dispor de um sistema de condicionamento de ar para o conforto dos seus usuários. Entretanto, é muito interessante, devido a sua similaridade com o hospital Sara Fortaleza, o fato de que a configuração da planta (distribuição, organização e espacialidade) se adequou ao esquema geral de ventilação. Neste, o duto principal de ventilação ordena toda a distribuição do plano e espaços de serviços pelo corredor sob o qual o duto corre.

Essa mesma situação acontece no hospital Sarah Fortaleza, onde os sistemas de ventilação

passam a determinar a configuração espacial dos ambientes, como consequência de uma preocupação com os critérios de Conforto (critérios de ventilação natural) integrados com questões relativas à facilidade de manutenção, racionalização dos ambientes, flexibilidade, entre outros aspectos importantes na concepção de espaços de saúde .

No início do século XX esse modelo de hospital, pavilhonar, sofre diversas críticas, iniciadas na América do Norte: O alto custo dos terrenos urbanos; a escassez de mão de obra na área da enfermagem que levou à diminuição dos percursos como solução desse problema; o avanço tecnológico na estrutura metálica -que facilitou a construção na vertical ; custos elevados com a construção civil, devido à demanda de muita mão de obra, custos elevados das fundações e instalações; quando necessária, a existência de elevadores, embora em hospitais de 2 ou 3 andares, sua eficaz concentração era quase impossível, sendo necessários então mais elevadores, o que aumentava os custos da obra; elevados custos no aquecimento desses hospitais ; a inadequação dos grandes corredores de intercomunicação ao clima rigoroso, principalmente nas áreas septentrionais da América do Norte, foram os fatores que, segundo Miquelin, levaram à decadência os hospitais pavilhonares e ao conseqüente surgimento dos hospitais verticais.

Fora todos os aspectos, acima comentados, que levaram à decadência os Hospitais com pavilhões, existe um outro aspecto que merece especial atenção, por fazer parte da discussão central deste trabalho; os “progressos terapêuticos” reduziram consideravelmente a média de permanência dos pacientes internados. Conseqüentemente,

Muitos administradores e mesmo médicos passam, então, a ser mais tolerantes com a diminuição da qualidade de alguns aspectos das condições ambientais – presença de jardins, iluminação e ventilação naturais, por exemplo. (MIQUELIN, 1992)

Considera-se esse aspecto questionável, por ser um critério mantido até hoje, infelizmente, na configuração e concepção de muitos hospitais.

Monoblocos – Pré-Contemporâneo

No período compreendido entre as duas grandes guerras, o hospital monobloco vertical nada mais era do que um empilhamento de enfermarias Nightingale, com um elevador ligando todos os andares. (MIQUELIN, 1992)

A distribuição de um edifício monobloco vertical na década de 20 estava dividida em 4 setores:

- Subsolo: serviço de apoio
- Térreo: consultórios, pronto atendimento e raio x
- 1 andar: laboratório e administração
- Intermediários: internação
- Último pavimento: centro cirúrgico

Nessa época, a enfermaria Nightingale era subdividida em quartos.

Tipologia Mista

“As mudanças na fisionomia do edifício hospitalar aceleraram-se de 100 anos para cá, e alcançaram um ritmo vertiginoso, principalmente após a II Grande Guerra Mundial”, quando “os sistemas de condicionamento mecânico de ar passam a sofisticar-se com grande rapidez e métodos industriais de transporte e manuseio de suprimentos estão sendo adaptados com sucesso ao ambiente hospitalar” (MIQUELIN, 1992). Essas mudanças levam os projetistas à proposta de unidades de internação com corredor duplo e posto de enfermagem centralizado, iluminado e ventilado artificialmente. O objetivo dessas alternativas é compactar a planta e diminuir os percursos da enfermagem.

O Hospital Memorial França-Estados Unidos, de Paul Nelson, em Saint Lo na França, 1950, “é uma das mais importantes referências hospitalares dos anos 50, juntamente com o Sanatório de Paimio de Alvar Aalto”. (MIQUELIN, 1992).

[...] A forma é um desdobramento do monobloco vertical criando uma tipologia que pode ser chamada de mista; um edifício vertical que abriga as unidades de internação e o bloco cirúrgico (no último andar) apoia-se sobre um bloco horizontal que contém os serviços de apoio e de diagnóstico. (MIQUELIN, 1992).

Esse modelo de hospital teve seguidores em muitos países, inclusive no Brasil – Gastroclínicas (Oscar Niemayer), Perola Byington (Rino Levi) – durante os próximos 40 anos.

O sistema nacional de saúde britânico, criado no fim da década de 40, tem servido até hoje como uma referência para planejamento de saúde

no mundo todo [...] Os sistemas de saúde propostos no Brasil no decorrer das últimas quatro décadas, inegavelmente, inspiraram-se, em maior ou menor, grau no modelo britânico, ou em variações desse modelo implantadas em outros países. (MIQUELIN, 1992).

Atualidade

Em todos os hospitais até agora ilustrados, existiram soluções que enfocaram os aspectos do conforto ambiental e estimularam o lado psicológico dos pacientes, através de pés-direitos altos, grandes janelas, que permitiam a ventilação cruzada, pátios centrais com jardins que valorizaram a entrada da luz do sol, até sofisticados sistemas de ventilação. Todas essas soluções foram desaparecendo com o surgimento dos hospitais monobloco, que privilegiaram a verticalização e, conseqüentemente, sua dependência dos sistemas mecanizados de climatização era mais evidente. Nesse sentido, a proposta de Rede Sarah mostra-se como um exemplo bem sucedido.

A luz e a cor têm sido valorizadas nos ambientes de circulação e espera dos estabelecimentos de saúde, mas a sua integração com os demais projetos desde o início do processo projetual não é comum. Ocorre em alguns hospitais particulares, mas em hospitais da rede pública ou filantrópica brasileira é raro. Esta integração, observada em alguns hospitais estrangeiros, ocorre nos hospitais da rede Sarah, onde os corredores-espera são amplos e não resultam de reformas. A proposta arquitetônica relacionada ao clima tropical permite integração com a natureza, cores estimulantes estão muito presentes, assim como obras de arte perfeitamente adaptadas ao conjunto, demonstrando que a valorização dos ambientes é feita com diversos elementos e resulta da atuação de diversos profissionais. (COSTI, 2002).

3.2 Ambientes Hospitalares – Considerações Gerais

Os hospitais passaram de espaços de confinamento e custódia de doentes, onde a intenção era isolá-los do resto da população para evitar o contágio, a edifícios onde se procura salvar vidas e até melhorar o estado físico dos pacientes (MIQUELIN, 1992). A forma dos edifícios hospitalares foi se transformando, graças a tecnologias construtivas das diversas épocas. Gradativamente foram acolhidas soluções arquitetônicas que priorizaram a ventilação e a iluminação naturais, consequência de uma emergente preocupação com a higiene nos espaços de saúde. A luz natural passou a ser importante, quando Florence Nightingale valorizou a radiação solar para higienizar os ambientes e animar os pacientes. (COSTI, 2002).

Com o crescente desenvolvimento tecnológico, as soluções que permitiam a iluminação natural e a ventilação natural deram lugar aos sistemas mecanizados de iluminação e ventilação (Miquelin, 1998). Tecnologias assimiladas da engenharia naval, foram incorporadas, trazendo como consequência espaços enclausurados, com pé direitos menores, diminuição das aberturas ou janelas que, embora resolvessem os problemas de climatização e ventilação em ambientes especiais, como as salas de cirurgia, sua utilização foi generalizada. Essa situação trouxe como principal consequência a despreocupação com a humanização dos ambientes dos edifícios e o aumento do consumo de energia elétrica, entre outros aspectos.

O ar condicionado e a iluminação artificial tornaram-se as soluções mais fáceis para as diversas construções, em especial os edifícios hospitalares. Hoje, entende-se que, mais do que economia de energia, a escolha de soluções que permitem o uso da ventilação natural traz benefícios sensíveis, tornando os ambientes mais naturais e humanos. “O Hospital aberto torna-se a melhor solução para diminuir a infecção hospitalar e brindar ambientes agradáveis para a recuperação” (LIMA, 2005).

Desta forma, por serem “os hospitais empreendimentos complexos, que abrigam pessoas em confronto com emoções e incertezas nos momentos mais críticos da existência humana, como nascimento, sofrimento profundo, risco de vida, dor, doença, cura, qualidade de vida, morte” (MIQUELIN, 1992), a sua arquitetura deverá ajudar psicologicamente na melhoria dos pacientes.

3.2.1 Aspectos subjetivos

Os ambientes do hospital devem propiciar conforto e servir de estímulo aos pacientes, que de-

vem ser além de agradáveis, adequados ao processo de recuperação. A configuração espacial, por meio da iluminação, das cores, da ventilação, entre outros, influencia o estado psicológico dos pacientes, agravando ou melhorando seu ânimo. Além do tratamento médico e a metodologia da equipe médica, a arquitetura também é fundamental para estimular o psicológico dos pacientes.

A arquitetura deverá atender as variáveis subjetivas inerentes a cada um dos ambientes do hospital. Ao se referir às áreas de espera, COSTI (2002, p.205), destaca que “devem ser determinadas pelo tipo de usuário e pela sua patologia, podendo ser de repouso ou de estímulo”. Esses ambientes precisam de cuidados especiais, pois, geralmente, são nessas áreas onde o paciente tem o primeiro contato com o hospital. “A primeira impressão que o paciente e o acompanhante têm do ambiente é marcante e influenciada pela sua percepção, que tem estreita relação com sua experiência pessoal. É produzido um gestalt, portanto, o local deve ser agradável e estar preparado para atender um ser humano doente”.

Em áreas de permanência dos pacientes, relativamente à iluminação hospitalar, PECCIN (2002) afirma que a arquitetura deverá considerar “os requisitos visuais de seus dois grupos principais de usuários: staff, com vistas a viabilizar a execução de procedimentos médicos, e os pacientes, que devem ter garantias de boas condições de conforto visual. Os requisitos visuais dos usuários incluem diversos critérios quantitativos e qualitativos de iluminação”. Cabe destacar que os aspectos quantitativos da iluminação encontram-se facilmente nas normas, não assim, os aspectos subjetivos que também são importantes.

3.2.1.1 Luz , Cor e estímulo

“É o sistema visual do homem que permite que se perceba a luz e é a luz que possibilita o reconhecimento das cores. Ambas interferem na fisiologia e na psiquê do ser humano, interagem e influenciam na percepção ambiental e na sensação de bem-estar das pessoas, podendo ocasionar estímulos positivos e negativos (COSTI, 2002). “Como a cor só existe porque há luz, não há como dissociá-la do conjunto” (COSTI, 2002). A luz natural permite a percepção real das cores e sua interação nos ambientes, cria ambientes dinâmicos, produto das variações, em intensidade e cor, características da luz natural ao longo do dia. Desde o nascimento do sol até seu ocaso, geram-se diversos efeitos: No entardecer os ambientes ficam mais avermelhados; Em momentos de nuvosidade os ambientes ganham uma aparência acinzentada; Duran-

te o meio dia, quando o sol é mais forte, a luz ambiente fica mais intensa. Esses efeitos proporcionam ambientes mais lúdicos, ricos em luz e intensos graças à interação com o exterior – natureza, aspectos que deverão ser pensados na escolha das cores dos ambientes.

COSTI (2002) afirma que a luz natural é estimulante, pois a variação da sua iluminância cria uma multiplicidade de cores nos ambientes. “Uma abertura com visão para exterior permite a orientabilidade temporal, distrai os pacientes, cujo conforto é maior quando em contato com a natureza”. No entanto, a radiação solar é fundamental para a saúde. “Não há equilíbrio fisiológico se o homem não se expuser à radiação solar por longos períodos de tempo”.

Sendo a radiação solar importante no processo de recuperação dos pacientes, nos hospitais da Rede Sarah criaram-se os solários, espaços determinados para os banhos de sol, importantes na metodologia de tratamento e recuperação dos pacientes. Cabe destacar que, nas diversas propostas dos hospitais, os solários, devido à riqueza das suas formas, agregaram valores estéticos à sua principal função.

Ao se referir às altas iluminâncias, COSTI (2002) afirma que são características de ambientes produtivos e “não são adequadas para salas de espera, onde os indivíduos devem relaxar”. Por outro lado, “o uso contínuo e intenso de luz artificial ocasiona mudanças no sistema circadiano, pois alteram o ciclo biológico dos seres”. Deve-se ter cuidado com ambientes hospitalares onde a luz artificial é a única opção de iluminação.

A luz e a cor são fundamentais para o conforto e não são percebidas apenas pelo sistema visual e pela “consciência”, mas pelo ser humano como um todo. Para compor a ambiência, inicialmente deve-se conhecer as necessidades dos usuários que são relacionadas, principalmente, às suas patologias, e depois, escolher o sistema de iluminação e as cores (COSTI, 2002).

As cores afetam o lado psicológico das pessoas . Elas podem influenciar o comportamento dos seres vivos e interferir no seu estado de ânimo; Há cores estimulantes e cores repousantes. Muita variedade confunde e desagrada, e o contrário - pouca variedade - atrai e estimula; Ambientes “neutros” (branco, cinza) têm aparência estática e monótona, induzem à ansiedade, tensão, medo e sofrimento; O temperamento das pessoas também pode interferir na preferência das cores (COSTI, 2002).

Sem que haja mudança de temperatura, “a sensação de conforto térmico é afetada pelas cores que compõem o ambiente” (PECCIN, 2002). “A sensação de calor pode ser amenizada pelas cores “frias”, e o inverso é verdadeiro” (COSTI, 2002). Em ambientes atingidos pela radiação solar, principalmente com orientação norte, por exemplo, a sensação de calor pode ser diminuída utilizando-se cores frias.

Em corredores e salas de espera, a qualidade arquitetônica “deve ser a resultante de um conjunto de elementos com efeitos positivos no usuário, cujas necessidades fisiológicas e psicológicas, em relação à luz e à cor devem ser supridas também no layout e na funcionalidade (COSTI, 2002).

A luz e a cor têm sido valorizadas nos ambientes de circulação e espera dos estabelecimentos de saúde, mas a sua integração com os demais projetos desde o início do processo projetual não é comum. Ocorre em alguns hospitais particulares, mas em hospitais da rede pública ou filantrópica brasileira é raro. Esta integração, observada em alguns hospitais estrangeiros, ocorre nos hospitais da rede Sarah, onde os corredores-espera são amplos e não resultam de reformas. A proposta arquitetônica relacionada ao clima tropical permite integração com a natureza, cores estimulantes estão muito presentes, assim como obras de arte perfeitamente adaptadas ao conjunto, demonstrando que a valorização dos ambientes é feita com diversos elementos e resulta da atuação de diversos profissionais. (COSTI, 2002).

Assim como “a passagem da luz para a sombra deve ser feita de forma gradual, pois altos contrastes entre luz e sombra geram desconforto, e a noção de espaço não deve ser prejudicada pelo ofuscamento” (COSTI, 2002). Ambientes com ventilação natural ou mecânica são importantes como transição entre o exterior e os ambientes internos (ambientes especiais) com ar condicionado.

3.2.2 Vantagens da Ventilação e Iluminação Naturais em Hospitais

O raio de luz que entra no ambiente é instrumento de interação entre a arquitetura e a natureza. A luz, no subconsciente do ser humano, gera sensações agradáveis, que estimulam seu estado de ânimo, sensações que são reforçadas quando existem áreas verdes, espelhos de água e ventilação natural, e principalmente pela relação com o exterior. Ao analisar dois hospitais,

COSTI (2002) conclui que “os usuários precisam de janelas para iluminar e ventilar, confirmando a literatura”. Destaca que a sensação de abafamento ocorreu em ambos os hospitais, “provavelmente devido à aglomeração, à falta de ventilação e à inexistência de visibilidade para o exterior”, pelo que sugeri uma melhor investigação desse tema.

O emprego da iluminação e da ventilação naturais em hospitais tem vantagens na economia, ergonomia e na psicologia dos pacientes (PECCIN, 2002). Sherif, 1999, apud Peccin (2002), afirma que “os hospitais estão intimamente relacionados com a economia obtida na construção, operação e manutenção dos prédios”. Os custos de operação e manutenção podem ser reduzidos mediante o emprego da iluminação e da ventilação naturais, assim como pela escolha de materiais de alta durabilidade e seleção de instalações eletro-mecânicas apropriadas. Por outro lado, a economia nos custos de construção pode ser obtida principalmente através da redução de áreas construídas, adoção de sistemas estruturais simples e padronização de projetos e componentes (PECCIN, 2002).

Já a relação do usuário com o espaço é abordada através da ergonomia e da psicologia. Enquanto a ergonomia busca a adequação do espaço físico e suas instalações aos usuários, a psicologia se preocupa diretamente com as reações emocionais causadas pelo ambiente hospitalar. A interface do usuário com o espaço é importante tanto para o staff da instituição quanto aos pacientes e familiares (PECCIN, 2002).

Miquelin (1992), ao comparar o custo de diferentes anatomias hospitalares, destaca que o estudo realizado pelo *Department of Health and Social security (DHSS)*, da Grã Bretanha, conclui que a economia inicial de custos de construção dos blocos compactos é eliminada devido aos custos, muito maiores, associados à dependência de sistemas de iluminação artificial e ar condicionado. Essa discussão será abordada mais adiante, ao analisarmos os sistemas de ventilação e iluminação naturais dos Hospitais Sarah Fortaleza e Rio de Janeiro.

Na figura 49, observa-se que o hospital com a configuração quadrada (A) tem custos baixos de construção, mas seus custos com aclimação artificial são altos. O hospital com a configuração D tem altos custos de construção, mas seus custos com aclimação artificial são relativamente baixos, já que essa configuração permite a ventilação e iluminação naturais. De modo geral, a configuração D na avaliação dos custos gerais é mais eficiente. É importante destacar que essa configuração guarda muita relação com a configuração de todas as propostas da Rede de Hospitais Sarah.

No Brasil destacam-se os hospitais da Rede Sarah, os quais demonstram a preocupação do arquiteto João Filgueiras Lima, Lelé, com o uso da iluminação e ventilação naturais, assim como o contato direto do paciente com a natureza. Também é marcante a presença de cores vibrantes e obras de arte do artista Athos Bulcão, nas paredes e muros dos hospitais, levando vivacidade aos ambientes (PECCIN, 2002).

A luz e a ventilação naturais criam ambientes dinâmicos, devido à sua variabilidade – em intensidade e diversidade, - importantes para estimular e melhorar a saúde dos pacientes, de igual modo brindam o conforto ambiental necessário para sua recuperação. A Rede Sarah do Arquiteto Lelé, pelas características e exigências típicas de um hospital, apresentam soluções interessantes de serem observadas e analisadas desde esse ponto de vista. Mas é a equipe e infra-estrutura de trabalho, filosofia, metodologia de recuperação e principalmente a consciência humanista do Arquiteto Lelé, que propiciaram em conjunto o sucesso dessa Rede de hospitais que, conseqüentemente, possibilitaram o desenvolvimento de técnicas inovadoras de ventilação e iluminação natural, que serão ilustradas mais adiante.

Costi (2002) salienta a Rede Sarah de hospitais pela sua proposta arquitetônica, “que, relacionada ao clima, permite a integração com a natureza; cores estimulantes estão muito presentes, assim como obras de arte perfeitamente adaptadas ao conjunto, demonstrando que a valorização dos ambientes é feita com diversos elementos [...]”. Por sua vez, RIBEIRO (2004) afirma que “os hospitais do Lelé, ao contrário de espaços constrangedores de sofrimento, tornaram-se locais amenos, generosos, lúdicos, ricos em volumes e cores: a própria expressão e sentido da palavra Reabilitação”.

Figura 49 -Relação dos custos de uma construção vertical, comparados aos custos que seus sistemas artificiais de ventilação e iluminação acarretaram.

Fonte - Department of Health and Social security - DHSS -, Londres, (1972 apud Miquelin, 1992)

“Hoje, quem quiser projetar um hospital atualizado tem, antes, de conversar com Lelé” (O S C A R NIEMEYER apud LA-TORRACA, 1999).

3.3 Hospitais da Rede Sarah Kubitschek - Fortaleza e Rio de Janeiro

Acredito que o conhecimento sobre arquitetura hospitalar está mais nos edifícios e projetos - produtos do design - do que no processo de design propriamente dito; estudar e avaliar comparativamente as anatomias dos edifícios é a melhor forma de obter respostas sobre o que são, como funcionam, quanto custam e como os edifícios hospitalares podem ser cada vez melhores e belos para todos os seus usuários (MIQUELIN, 1992, p.24).

A seguinte análise, dos hospitais da rede Sarah, pretende ilustrar suas soluções tecnológicas e inovadoras que servem de referência para a arquitetura brasileira, principalmente à hospitalar. Embora seja uma análise focalizada nos aspectos da ventilação e iluminação natural, pretende-se, da mesma forma que Miquelin afirma acima, melhorar e tornar os edifícios mais belos, evidentemente, com uma consciência ambientalista de todos os entes participativos, em especial a do arquiteto.

Antes de analisar os hospitais Sarah Fortaleza e Sarah Rio de Janeiro, é importante destacar alguns fatores e aspectos que serviram de suporte à produção desses dois importantes hospitais. Identificam-se como fundamentais: Os objetivos da Associação das Pioneiras Sociais, idealizados principalmente pelo Doutor Aloysio Campos da Paz; A estrutura do Centro de Tecnologia da Rede Sarah - CTRS, montada e dirigida pelo Arquiteto João Filgueiras Lima, Lelé; e a conseqüente simbiose do Doutor Aloysio e Lelé para gerar esses hospitais, no referente à função, à filosofia, à metodologia de tratamento e à espacialidade. Aspectos analisados na Primeira Parte deste trabalho.

3.3.1 A Instituição e sua Filosofia - Associação das Pioneiras Sociais

A rede Sarah Kubitschek é uma homenagem à dona Sarah, esposa do presidente Juscelino Kubitschek, porque desde a época do seu governo, em Minas Gerais, ela possuía uma entidade filantrópica - Associação das Voluntárias do Estado de Minas Gerais - que atendia os estados por meio de campanhas de conscientização e de caridade.

Essa mesma entidade, quando JK assumiu a presidência da república ganhou status nacional e passou a ser responsável pelos hospitais públicos de atendimento às pessoas carentes. Com a evolução suas funções foram se modificando, até que em 22 de outubro de 1991 foi instituída a lei nº 8.246 que criou a APS - Associação das Pioneiras Sociais - serviço social autônomo, de direito privado e sem fins lucrativos (RIBEIRO, 2004).

A determinação de Aloysio Campos da Paz foi importante na aprovação dessa lei, que estabeleceu, mediante contrato, “uma nova forma de administração pública, em que a Associação das Pioneiras Sociais – APS, instituição de interesse privado, assumiu o compromisso de gerir o patrimônio público de uma rede de hospitais na área do aparelho locomotor” (LATORRACA, 2000).

O objetivo da APS é dar retorno ao imposto pago por qualquer cidadão, prestando-lhe assistência médica qualificada e gratuita, formando e qualificando profissionais de saúde, desenvolvendo pesquisa científica e gerando tecnologia. O caráter autônomo da gestão desse serviço público de saúde faz da APS a primeira instituição pública não estatal brasileira (LIMA, 1999 *apud* RIBEIRO, 2004).

A APS estabeleceu como uma das suas metas a extensão da rede a todo o território nacional. “Para cumprir esse programa, decidiu-se pela transformação do Equipos em um grande centro de tecnologia, localizado em Salvador”⁶⁵ (LATORRACA, 2000).

3.3.2 Centro de Tecnologias da Rede Sarah – CTRS

A construção do Sarah Salvador, primeira unidade da rede a ser construída na gestão da APS, tornou-se “o embrião de um centro tecnológico” (LATORRACA, 2000):

⁶⁵ Atualmente, a Rede Sarah conta com oito hospitais, três centros de reabilitação, dois centros de tecnologia e um centro comunitário. Ver tabela 3.

O Centro de Tecnologia da Rede Sarah - CTRS iniciou suas atividades em instalações provisórias a partir da retomada da construção do hospital de Salvador, em 1992, e foi gradualmente sendo implantado em suas instalações definitivas a partir de 1993, em uma área plana, com cerca de 800m de comprimento e largura média de 100m, ao longo da encosta da colina onde se localiza o hospital. Atualmente, ocupa uma área constituída de cerca de 20.000m², onde foram montadas oficinas de metalurgia pesada, metalurgia leve, marcenaria, argamassa armada, plásticos (LATORRACA, 2000).

Os principais objetivos do CTRS, descritos por Latorraca (2000), seriam os seguintes:

- Projetar e executar as obras destinadas à implantação da rede, com base em princípios de industrialização, visando economia, rapidez na construção e criação de conveniente unidade construtiva entre todas as edificações da associação.
- Projetar e executar, interagindo com as equipes médicas e paramédicas da associação, os equipamentos necessários ao desenvolvimento de novas técnicas de tratamento introduzidas nos hospitais da rede.
- Projetar e executar equipamentos hospitalares convencionais, sempre que fosse constatada vantagem econômica e de qualidade em relação aos oferecidos pelo mercado.
- Executar a manutenção dos prédios, equipamentos e instalações de todas as unidades da rede [...]

É importante entender que o CTRS é fundamental no desenvolvimento de todas as soluções arquitetônicas, constantemente aprimoradas, porém com alto nível tecnológico, tornando-as inovadoras em matéria de industrialização e, especialmente, no que tange ao conforto ambiental.

Ao se referir ao Conforto Ambiental, Lima (2003a) destaca que os projetos desenvolvidos por ele no CTRS estão em constante aperfeiçoamento e, embora represente um sobrecusto, o Conforto Ambiental é sempre procurado em todas as obras. O Conforto Ambiental “é importante e temos de mantê-lo. Nossos hospitais oferecem conforto bem razoável”.

3.3.3 Hospitais da Rede Sarah Kubitschek

Oscar Niemeyer (apud LATORRACA, 1999) ao se referir às obras hospitalares propostas por Lelé, afirma: “Hoje, quem quiser projetar um hospital atualizado tem, antes, de conversar com Lelé”. Por sua vez, Lelé, sobre o modelo de hospitais da Rede Sarah, comenta: “Não quero dizer que esse modelo seja o melhor, mas é nesse que nós estamos evoluindo. Algumas vezes ele é um pouco radical demais, às vezes é desnecessária tanta flexibilidade que a gente proporciona, mas acho que é muito bom” (LIMA, 2003 *apud* RIBEIRO, 2004).

3.3.3.1 Diretrizes dos Hospitais

As diversas soluções arquitetônicas da Rede Sarah priorizam inteligentemente a ventilação e a iluminação naturais. Nas diretrizes que definem o partido arquitetônico dos hospitais, encontram-se aspectos referentes à ventilação e à iluminação naturais, entre outros, não menos importantes, que possibilitaram a criação de espaços agradáveis para os pacientes e por sua vez indispensáveis na filosofia e metodologia de reabilitação praticada pela equipe médica.

Além das preocupações evidentes com o Conforto Ambiental, existem outros aspectos que direcionaram as propostas dos hospitais da Rede Sarah. Latorraca (2000), lista os princípios que definiram o partido arquitetônico do Sarah Brasília – primeiro da Rede - e que de igual forma, direcionaram o dos demais Hospitais: “flexibilidade e extensibilidade da construção, criação de espaços verdes, flexibilidade das instalações, padronização de elementos da construção e iluminação natural e conforto térmico dos ambientes”.

Cabe destacar que todos esses princípios interferem uns com os outros, com maior ou menor peso, na tomada de decisões e definições de projeto. Embora se destaque, neste trabalho, as soluções que priorizam a ventilação e a iluminação naturais, sua dissociação é praticamente impossível. Ao ilustrar as soluções, verifica-se que cada desenho atende a vários dos aspectos abaixo enumerados.

Flexibilidade e extensibilidade da construção:

Lima (2005) afirma que o projeto hospitalar tem que ser pensado como uma coisa extensiva; é “impossível pensar um hospital como uma coisa fechada, nossos projetos são extensivos e, agora nos últimos tempos essa flexibilidade e extensibilidade estão cada vez mais presentes”.

A natural fragilidade dos programas organizados a partir de uma rotina de funcionamento pré-fixada e com base na utilização de técnicas e equipamentos que a tecnologia modifica a cada dia, torna desejável que o sistema construtivo adotado permita a obtenção de espaços flexíveis que cada setor possa crescer com independência, sem prejuízo das circulações internas; é de se prever, ainda, para atender a condição do hospital de núcleo de um subsistema, que seu número de leitos possa ser ampliado no futuro, desde que garantidas sua capacidade operacional e a ocupação racional da área urbana que lhe foi destinada.

Criação de espaços verdes:

As características do hospital exigem como complementação terapêutica e, pela própria conceituação de treinamento dos técnicos, o acesso fácil de doentes (“out-patients” e “in-patients”) a espaços verdes adjacentes às áreas de tratamento e internação, que permitam a administração de exercícios ao ar livre.

Os espaços verdes, nas áreas contíguas à edificação, são indispensáveis também para minimizar o ganho de calor nos ambientes internos. Superfícies como o concreto, em ambientes externos, aumentam o calor por irradiação; no entanto, as áreas verdes ou espelhos d’água servem de amortecedores e propiciam um conforto térmico razoável no entorno da edificação.

Flexibilidade das instalações:

O emprego de tubulações visitáveis de fácil acesso, necessário a utilização flexível dos espaços internos, especialmente no caso de hospitais, deve permitir que cada setor nele instalado se mantenha atualizado com relação às inovações que a tecnologia proporciona. É necessário prever, ainda, que a instalação de alguns sistemas planejados, considera inviável por fatores econômicos ou por impossibilidade de mobilização de pessoal técnico especializado na primeira fase de implantação, possa ser feita gradativamente sem incorrência de prejuízos ou de funcionamento do edifício.

Em função desse princípio, surgem as galerias de manutenção, por onde corre toda a tubulação de hidráulica, de esgoto, de gás, de elétrica, entre outras. As galerias foram concebidas para facilitar sua visita para manutenção. As mesmas são aproveitadas para captar o vento e

promover a ventilação dos ambientes⁶⁶.

Padronização de elementos da construção:

As características de funcionamento de um hospital e, no caso, as grandes proporções do edifício, acarretam sempre dificuldades aos serviços de manutenção. No sentido de facilitar esse tipo de rotina administrativa, torna-se essencial um rigoroso estudo de padronização dos elementos de construção (estrutura, vedação, divisórias, equipamentos fixos e móveis, e luminárias etc.) Além disso, o princípio de repetição desses elementos, utilizado para aplicação de uma metodologia de construção específica a cada caso, poderá ser de interesse como fator de redução do custo da obra [...]

Iluminação natural e conforto térmico dos ambientes:

A indispensável proximidade de alguns setores de atividades com a conseqüente redução das áreas de circulação explica, em parte, a grande tendência nos hospitais modernos de certos pavimentos do edifício serem transformados em massa compacta de cubículos, com iluminação e conforto térmico controlados artificialmente.

Acreditamos que o clima de Brasília não justifique o emprego generalizado de sistemas de ar-condicionado, que onerariam inutilmente o custo inicial da obra, além de criar problemas para futura manutenção do prédio.

Assim, a adoção de sistemas simples de iluminação e ventilação naturais, além de proporcionar o conforto desejado aos ambientes, tornará

Figura 50 – Morfologia dos Hospitais da Rede Sarah: Flexibilidade e extensibilidade.
Fonte - base de dados do CTRS

os espaços amenos e acolhedores.

Concluímos pela adoção de sistema de ar-condicionado com controle de iluminação artificial para o centro cirúrgico, central de esterilização, raio X (apenas nas salas dos aparelhos), auditório e arquivo médico (pela impossibilidade de utilização de iluminação e ventilação naturais na localização estratégica proposta). Nas demais dependências dos pavimentos escalonados optamos pelo emprego de sistemas de iluminação e ventilação naturais, controláveis o fixas.

3.3.3.1.1 Assepsia

Além das diretrizes enumeradas acima, a assepsia é o principal fator que determina as escolhas de projeto quanto à forma e à zonificação das áreas dos Hospitais da Rede Sarah. Lelé afirma que o objetivo do uso da ventilação natural em hospitais é a assepsia, devido aos inúmeros casos de infecção hospitalar. Dessa forma, o principal critério nos hospitais da Rede Sarah é evitar os ambientes herméticos, porque “eles são a condição ideal para a proliferação das bactérias patogênicas, que se reforçam na medida em que começam a conviver com antibióticos”⁶⁷ (LIMA, 2003b). A economia de energia e o conforto ambiental são objetivos secundários.

“Uma das coisas que nós lutamos sempre na rede Sarah, para ter o hospital aberto, não é por questão de economia de ar condicionado, ou para usar um sistema natural, mais econômico de iluminação... não é isso não! É também de manter o hospital o mais aberto possível para que esse reforço das bactérias seja sempre destruído” (LIMA, 2003b).

Existem muitas teorias..., hoje existe uma teoria que as bactérias têm um comando universal para atacar, por que elas são necessárias, sem bactérias a gente morre. Existem bactérias que não são patogênicas e passam a ser patogênicas, na medida em que recebem “aqueles comandos”. Saem para destruir e, se elas estão reforçadas pela resistência ao antibiótico aí é que elas destroem tudo mesmo. Existe a teoria agora de que devemos aprender a conviver com as bactérias, já estão desenvolvendo os sistemas inibidores desse comando que elas têm. Então é evitar que elas recebam esse comando de atacar. Isso está muito na frente. Mas infelizmente os laboratórios que produzem antibióticos não querem esse tipo de tratamento, teremos que rever completamente toda a indústria farmacêutica, essa experiência não esta sendo levada avante por causa disso, mas evidentemente se, se estabelecer essa

67 Os antibióticos não são 100% eficientes. As bactérias que sobrevivem a esses antibióticos e posteriormente se reproduzem tornam-se mais resistentes a esse tipo de antibiótico. Essa situação agrava-se quando as bactérias que passaram por essa seletividade se reproduzem entre si. Cabe destacar que a reprodução entre as bactérias acontece por dissiparidade e os gens são passados pelo contato.

guerra, o ser humano está perdendo, por que ninguém vai poder exterminar as bactérias. De vez em quando surge um vírus maluco por aí; agora da pneumonia. Ele está por aí. A gente está convivendo com ele. De repente ele recebeu um comando maluco de atacar, então é preciso saber conviver com essas coisas, e o ser humano sempre convive com a guerra, o ser humano é de guerrear: vamos acabar, matar tudo, tirar, fazer a conta que se... Talvez a política não seja essa [...] As bactérias se reproduzem por cissiparidade; se dividem. Mas na verdade elas passam DNA umas para as outras por contato, elas são terríveis. Então se ela adquiriu a resistência ao antibiótico ela passa a outra por contato, cada vez que você usa o antibiótico elas vão se reforçar. Então a grande vantagem de um hospital aberto é permitir que outras bactérias que não estão fortes “contamine as outras”, então você reduz a força daquelas. Existe atualmente até uma teoria que foi muito alimentada na União Soviética, de que a gente deve deixar um hospital aberto durante seis meses, para essas bactérias que convivem lá, por que hoje em dia o pior lugar, para um sujeito velho que nem eu, é o hospital, por que eu já tenho minhas fragilidades e vou conviver com essas bactérias reforçadas, patogênicas, então o sujeito idoso pode chegar lá e morrer ao invés de ser tratado, então o hospital é a coisa mais perigosa hoje em dia por causa disso, é o que a gente chama de infecção hospitalar (LIMA, 2003b).

Ao se referir à infecção hospitalar, o centro cirúrgico é o lugar onde se concentra a maior quantidade de bactérias. Nele são abertas as feridas e é dali que elas saem. De modo que o centro cirúrgico “é o paraíso das bactérias”. Devido a esse problema, na Rede Sarah existe dois centros cirúrgicos interligados. Quatro salas funcionam sistematicamente; quando um centro está funcionando, o outro fica aberto para higienização durante uma semana. Posteriormente, esse processo é invertido.

O ar condicionado é o grande veículo das bactérias, tornando imprescindível a manutenção de todos os dispositivos do sistema de ar condicionado. O novo hospital Sarah Rio de Janeiro prevê esse aspecto. Os dutos de ar condicionado, “de insuflamento”, correm livres por cima da viga. Os dutos podem ser abertos para limpeza. Possuem uma tampa em cima, para sua manutenção periódica.

Agora é muito difícil você pensar, esse duto aqui, onde será que ele está passando, ninguém sabe e você vai por um robzinho e pensar que ele vai, limpar isso tudo, isso é mentira. Por que o tubo é todo cheio de nuances pode ser que daqui a cem anos, mas por enquanto não [...] Naqueles dutos ficam caldos de fungos, de ácaros e o diabo [...] e elas (as bactérias) ali se mantêm vivas sempre aguardando a hora de receber aquele comando fatal e atacar [...]

Olha, para você ter uma idéia, no centro cirúrgico do Sarah entrou um rato e ele morreu lá dentro. Ele ficou podre lá dentro, ninguém descobriu onde estava o rato no tubo. Era um cheiro de podre danado e ele teve que virar múmia [...], senão agente ia destruir tubo para descobrir onde tava o rato, é difícil ninguém pode entrar por um duto de trinta centímetros. (LIMA, 2003b).

Nos dutos de ar condicionado, do Sarah Rio de Janeiro, existem aberturas que se abrem (em cima) para visita. Essas aberturas são para facilitar a manutenção. “Como no Rio de Janeiro a gente tem que ter ar condicionado, para que isso seja feito de uma forma rotineira você tem acesso às manutenções do duto. Nós temos uma abertura a cada 2,50 metros, então ali você entra e esfrega” (LIMA, 2003b). Lelé destaca que as aberturas de manutenção normalmente não são pensadas para haver uma boa manutenção e limpeza dos dutos.

Devido à preocupação com a assepsia e a conseqüente proposta de hospitais abertos, providos de ventilação natural, identificam-se nos hospitais da Rede Sarah ambientes com exigências particulares que denominamos ambientes especiais e ambientes flexíveis.

3.3.3.1.1.1 Ambientes especiais:

Nos ambientes especiais existem níveis rígidos de temperatura e umidade relativa importantes para manter a assepsia. “A temperatura e a umidade relativa desempenham um papel importante no controle da infecção” (PEREIRA et al, 2004). Em centros cirúrgicos, salas de isolamento, sala de preparação de medicamentos, entre outros, a manutenção dessas variáveis é fundamental para minimizar a transmissão de infecções pelo ar. A taxa de umidade relativa aceitável sugerida por Sterling⁶⁸ et al. (1985 *apud* PEREIRA et al. 2004), é entre 40% e 60% e uma temperatura próxima aos 25° C. Nesses ambientes o ar condicionado é também importante para o bom funcionamento dos equipamentos. Manter os níveis de pressão também é importante no

68 Sterling. E.M., A. Arundel, and T.D. Sterling. (1985). Criteria for Human Exposure to Humidity in Occupied Buildings, ASHRAE Transactions 91 (1b): 611-642. *apud* PEREIRA et al. (2004).

controle das infecções através de agentes patogênicos presentes no ar (PEREIRA et al, 2004). “Por meio do controle do ar de insuflamento e exaustão se pode criar um diferencial de pressão entre os ambientes” que determinará o fluxo das correntes de ar dentro dos ambientes. Por meio da pressão (positiva e negativa) controla-se o fluxo do ar e evita-se a transmissão das infecções. Nesses ambientes utilizam-se ante-cameras ou pass-box (com pressão negativa) que evitam a passagem do ar contaminado para outros setores do hospital. A utilização do ar condicionado é justificada pela necessidade de manutenção dos níveis de pressão, temperatura e umidade. Mesmo nesses ambientes, Lelé tem descartado o uso do ar condicionado. A farmácia do Sarah Salvador tem ventilação natural e mecânica, quando necessária. As características climáticas de Salvador, não tão críticas quanto às de Rio de Janeiro, possibilitam, graças à refrigeração evaporativa, manter níveis entre 40% e 60% de umidade relativa e temperaturas abaixo dos 30° C.

3.3.3.1.1.2 Ambientes flexíveis:

Nos ambientes flexíveis as exigências de ventilação atendem principalmente ao conforto térmico; porém, a temperatura e a umidade relativa são menos controladas. Mesmo nesses ambientes, os níveis de assepsia não deixam de ser atendidos. Com a intenção de diminuir o contágio por partículas presentes no ar, Lelé tem proposto a “ventilação vertical” que, ao contrário da ventilação cruzada, evita que o vento transporte as bactérias ao longo de todos os ambientes do hospital. Esse sistema, proposto em vários hospitais da rede, consta de galerias que correm sob as salas e por onde o ar é insuflado para posteriormente sair pela parte superior dos *sheds*. Esse fluxo de ar acontece graças ao diferencial de pressão; pressão positiva nas galerias e pressão negativa nas salas. Adicional a esse diferencial de pressão, o efeito chaminé favorece a eficiência desse sistema de ventilação.

Os espelhos d’água e os jardins principalmente, estão sempre contíguos aos ambientes flexíveis. Eles servem de amortecedores da radiação solar e evitam o rápido aquecimento do ar no entorno da edificação. Os jardins, sempre presentes nos arredores do hospital e nos ambientes internos, favorecem a interação com as áreas externas. As áreas verdes (recreação, fisioterapia e lazer) são fundamentais nas metodologias de recuperação e tratamento dos Hospitais da Rede Sarah.

Nos “ambientes especiais”, caso das salas de radiologia e do centro cirúrgico, o ar condicionado é essencial para o bom funcionamento dos equipamentos e para manter os gradientes de pressão. No entanto, nos “ambientes flexíveis” não há tantas restrições, porém a ventilação natural

é viável. Desta forma a agrupação dos “ambientes flexíveis” pode ser realizada em função da direção dos ventos predominantes aproveitando as correntes de ar para obter o conforto necessário. Implantar áreas verdes e jardins no seu entorno tornará os ambientes mais agradáveis.

Analisar o hospital a partir dos ambientes especiais e flexíveis ajudará na zonificação e na organização do programa. Essa análise é fundamental para propor ambientes iluminados e principalmente, ventilados naturalmente. Aspecto que repercutirá na boa eficiência dos sistemas de ventilação natural.

3.3.3.2 Formas dos edifícios

O hospital é um conjunto articulado de agrupamentos ou zonas de atividades. Integrado por diversos departamentos que, quando agrupados,

conforme a natureza de suas atividades e necessidades físicas, o projeto do hospital transforma-se num jogo de articulações de formas arquitetônicas diferentes, geradas a partir das exigências específicas de cada zona quanto à estrutura, planta, corte, volume, condições ambientais e padrões de circulação (MIQUELIN, 1999, p.168).

Essa articulação ou agrupamento de todos os departamentos pode gerar, dependendo da situação, edifícios com configurações diversas; vertical, horizontal ou mista. Entretanto, conhecidas as exigências de cada departamento, assim como sua inter-relação funcional, conhecidas as técnicas de ventilação e iluminação natural, poderá ser proposta uma solução que propicie espaços agradáveis desde o ponto de vista do conforto ambiental, e ao mesmo tempo sejam eficientes do ponto de vista energético.

No capítulo anterior ilustraram-se diversas soluções formais, conseqüentes às diversas problemáticas relativas a custo dos terrenos, climatização e higiene dos ambientes, e tecnologias construtivas da época, entre outras. Observou-se que essas formas - monobloco vertical, horizontal ou mista - têm repercussões nos custos com climatização e obra civil (Figura 49). Segundo Miquelin (1992) o estudo realizado pela DHSS da Grã Bretanha conclui que a tipologia horizontal, tipologia D, é a mais eficiente já que os custos totais (custos com climatização e os custos da construção civil) são menores. Cabe destacar que os Hospitais da Rede Sarah em sua maioria tem uma configuração similar à tipologia em questão (tipologia D). No entanto, existem

alguns que têm uma configuração mista (Vertical e horizontal) devido a diversos fatores (como terrenos pequenos e devido à existência de áreas verdes). Mas mesmo com tipologias diversas, os hospitais propostos por Lelé, que vão de edifícios horizontais, monoblocos e até mistos, todos observam soluções que propiciam a ventilação e a iluminação natural dos ambientes, permitindo assim, reduzir os gastos com climatização. Independentemente das problemáticas e exigências relativas a cada projeto, todas as articulações e propostas de Lelé evidenciam que é possível considerar a ventilação e a iluminação naturais dos ambientes.

As propostas de Lelé, sempre que possível, priorizam a solução horizontal (Figura 54) por adequar-se melhor à metodologia de tratamento e por permitir a ventilação e a iluminação natural por meio de *sheds*. Às vezes, fatores como terrenos pequenos ou a presença de florestas determinam uma configuração mais compacta e vertical, caso do Sarah Brasília e Fortaleza, respectivamente.

O hospital Sarah Brasília é um hospital urbano e foi implantado num terreno relativamente pequeno. Partes das suas áreas estão num bloco vertical. Sua tipologia mista (vertical e horizontal) deveu-se, em grande parte, ao fato de estar inserido num terreno localizado no centro da cidade. Entretanto, sua solução estrutural, a articulação das áreas e sua forma permitiram a ventilação e a iluminação natural dos ambientes. “Um elemento pré-fabricado de laje com 60cm de altura e 1,15m de largura, vencendo vãos variáveis e permitindo a criação de terraços-jardins, passagem de tubulações e acoplagem de peças intercambiáveis para iluminação e ventilação naturais” (LATORRACA, 1999)

Por outro lado, a tipologia mista do hospital Sarah Fortaleza deveu-se à consciência ambienta-

Figura 51 – Hospital Sarah Brasília.
Fonte – Acervo CTRS.

Figura 52 – Hospital Sarah Fortaleza.
Fonte – Acervo CTRS.

lista do arquiteto que optou por preservar a mata existente, embora ela ocupasse um terço do terreno. O hospital tem uma configuração mista onde parte do programa (bloco de enfermarias) está numa barra vertical.

Algumas vezes o clima é um problema, tornando obrigatório o uso de ar condicionado, caso do Hospital de Rio de Janeiro. Mas mesmo com o calor excessivo, característico dessa cidade, a solução proposta por Lelé permite, embora só nos meses de temperatura mais agradável, a ventilação natural em todo o edifício. Isso evidencia que mesmo com fatores críticos como é o caso de terrenos pequenos, presença de floresta ou climas rigorosos é possível considerar a ventilação natural. Basta saber articular bem os espaços.

3.3.3.3 Sheds dos Hospitais

A volumetria e implantação dos edifícios, assim como os diversos dispositivos e elementos arquitetônicos propostos por Lelé estão direcionados para favorecer a iluminação e a ventilação naturais dos ambientes internos. O sistema construtivo também tem os mesmos critérios. As diversas soluções de projeto, da implantação do edifício até o desenvolvimento de cada detalhe construtivo e de fechamento, se correspondem entre si e estão direcionadas pela interação entre os princípios da ventilação natural e da iluminação natural, visando o conforto ambiental e a eficiência energética. Nas obras do Lelé, os componentes pré-fabricados são poucos, pois são pensados de forma a possibilitar diversas variantes e usos, sempre pensando na iluminação e na ventilação natural. As peças que estruturam a laje servem também de cobertura. Nelas podem ser adaptados outros componentes, caso do *shed* de ferro-cimento, que possibilita a iluminação

Figura 53 – Várias situações do elemento pré-fabricado de laje / montagem.
Fonte – modificado de Latorraca, (1999, p.128)

natural, conforme mostra a figura 53.

Os *sheds* são elementos arquitetônicos que têm uma presença marcante em todos os hospitais da Rede Sarah; além do valor estético, eles dão unidade ao conjunto e caracterizam a linguagem arquitetônica de toda a Rede. Sua principal função e razão de ser é permitir a entrada da luz natural e favorecer a ventilação vertical, através do efeito de sucção. Sua forma é consequência, principalmente, da eficiência do efeito de sucção, fazendo parte também das suas diretrizes evitar a insolação direta e favorecer a iluminação natural.

Conforme se viu no item 6.6.5.2, a iluminação zenital por meio de *sheds* é a solução mais eficiente em edifícios horizontais, especialmente em edifícios com proporções similares à dos hospitais da Rede Sarah. A iluminação lateral, por meio de janelas, em ambientes com profundidades acima de 6 m é deficiente⁶⁹, pois o fundo da sala apresenta níveis baixos de iluminação.

Ao estudar cronologicamente a forma dos *sheds* dos hospitais da Rede Sarah, identificam-se mudanças

Tabela 3 - Cronologia dos Hospitais da Rede Sarah

Hosp. da Rede Sarah	Descrição	Ano-projeto	Início da construção	Ano da conclusão
Brasília	Hospital, Centro de Administração e de Gestão Hospitalar, Centro de Ensino e Pesquisas, Centro de Pesquisas em Educação e Prevenção, Centro de Controle de Qualidade e Centro de Formação de Recursos Humanos - 294 leitos.	1975	1976	1980
São Luís	Hospital e Centro de Reabilitação - 130 leitos	1988	1990	1993
Salvador	Hospital e Centro de Reabilitação - 157 leitos	1988 1º projeto 1991 2º projeto	1992	1994
Belo Horizonte	Hospital e Centro de Reabilitação - 162 leitos	1991	1993	1997
Fortaleza	Hospital e Centro de Reabilitação - 160 leitos	1992	1993	2001
Brasília - Lago Norte	Centro Internacional de Neurociências e Reabilitação - 160 leitos	1994	1997	2001 inaugurada em 2003
Rio de Janeiro	Centro de Reabilitação Infantil	2000-2001	2001	2002
Amapá	Unidade de diagnóstico e fisioterapia	2000	2000	Paralizada no mesmo ano e reiniciada em 2003. Primeira etapa concluída em 2004. Ampliação iniciada em 2005
Belém	Unidade de diagnóstico e fisioterapia	2001	2002	Paralizada em dezembro de 2002. Não concluída.
Rio de Janeiro	Hospital	2000/2004	2004	Em construção

⁶⁹ Informação verbal da Arq. Filomena Russo em palestra ministrada no dia 30 de novembro na premiação da iniciativa Solvin 2005, anfiteatro da Bienal.

Figura 54 a - Sarah Brasília

Figura 54 b - Sarah Salvador

Figura 54 c - Sarah São Luiz

Figura 54 d - Sarah Belo Horizonte

Figura 54 e - Sarah Brasília – Lago Norte

Figura 54 f - Sarah Rio de Janeiro – Centro de Reabilitação Infantil

Figura 54 g - Sarah Belém

Figura 54 h - Sarah Amapá

consideráveis para melhorar sua eficiência. Com o objetivo de ilustrar tais mudanças, apresenta-se, a seguir, uma análise cronológica dos *sheds* da Rede Sarah. Embora seja “complicado estabelecer um estudo cronológico dos hospitais, já que as obras tinham prazos de execução diferentes e absorviam mudanças das outras, no meio do caminho” (MONTEIRO, A. A.⁷⁰, 2005), considerou-se, para esta leitura, o ano de projeto de cada hospital. A tabela 3, mostra a relação cronológica dos hospitais da Rede Sarah.

A maioria das mudanças ilustradas a seguir atendem prioritariamente a questões relativas à iluminação e à ventilação naturais. Aspectos como acústica, conforto térmico, economia de material, construção e estrutura, também induziram tais alterações. Todos os *sheds* apresentados encontram-se a sotavento; favorecendo o efeito de sucção e o efeito chaminé. Na figura 54, fotos dos diversos hospitais da Rede Sarah Kubitchek.

Sarah Brasília:

No Sarah Brasília os *Sheds* são de ferro-cimento (Figura 55). Cabe lembrar que desde as primeiras obras, em Brasília, Lelé já vinha trabalhando com os conceitos da industrialização. Seus primeiros edifícios tinham componentes pré-fabricados em ferro-cimento e com poucos componentes realizaram-se diversas composições (Figura 53, pag. 141).

Sarah São Luis:

Nesse hospital, o formato do *shed* é similar ao de Salvador. Devido ao fechamento da FAEC - fábrica que produziria os componentes em argamassa armada para esse hospital -, os *sheds* foram adaptados e construídos no sistema convencional em concreto. O *shed* “ficou bastante

Figura 55 – Forma dos sheds de Brasília.
Fonte – Acervo CTRS

70 Arquiteta Ana Amélia Monteiro em entrevista via e-mail no dia 18 de outubro de 2005. Ana Amélia é a chefe da equipe de projeto do CTRS há mais de 20 anos.

diferente ao de Salvador” (MONTEIRO, A. A., 2005).

Sarah Salvador:

Os *sheds* funcionam favorecendo o efeito de sucção (estão a sotavento). No Sarah Salvador adaptou-se ao *shed* uma pestana (testeira); peça de metal acoplada ao *shed* que funciona como brise, protegendo os ambientes internos da iluminação solar direta (Figura 56). Mas essa proposta de *shed* teve alguns problemas: Devido ao calor, a pestana sofria dilatações que deformavam a peça e, quando chovia, havia problemas de infiltração; A superfície côncava, próxima à boca da pestana teve que ser pintada de azul para reduzir o calor refletido para dentro do ambiente; Para também reduzir o calor e o ruído ocasionado pela chuva colocou-se, sob os brises da pestana, um material termo-acústico conhecido vulgarmente como “Bidim”. O Bidim é uma manta não tecida de filamento de poliéster (como se fosse um feltro) de gramatura 600g/m².

Para Salvador foram realizados 2 projetos. O primeiro em 1988, realizado na FAEC, com a utilização de peças pré-moldadas em argamassa armada e o segundo, de 1991, com galerias pré-moldadas e estrutura metálica. Nesse hospital o pé direito é de 3m, até o nível inferior da viga.

Sarah Fortaleza:

Nesse hospital ocorre uma clara mudança no desenho dos *sheds* (Figura 57). Para evitar o ganho de calor consequência da forma côncava do *shed*, inverteu-se a superfície frontal. Surge então uma superfície convexa, que evita a radiação de calor para dentro do *shed*. Nessa solução a pestana ou testeira ainda é uma peça independente acoplada ao *shed*. O hospital possui gale-

Figura 56 – Forma dos sheds de Salvador.

Figura 57 – Forma dos sheds de Fortaleza.

rias de ventilação mas, ao contrário do Sarah Salvador, os ambientes possuem uma única saída de ar, localizada na parte inferior das paredes.

Sarah Brasília – Lago Norte:

O *shed* é formado por uma treliça - peça única - onde o balanço da treliça, faz a função da pestana ou testeira. (Figura 58). Existem também brises na boca dos *sheds*.

O Centro se encontra à beira do Lago Paranoá e aproveita as brisas que vêm do Lago para ventilar os ambientes. Nesse hospital existem galerias, mas não tem a função de ventilar.

Sarah Rio de Janeiro - Centro de Reabilitação:

O Centro de Reabilitação Infantil de Rio de Janeiro, localizado na Ilha Pombeba, não possui galerias de ventilação. Nesse Hospital observa-se um desenho mais evoluído (Figura 59). A treliça é uma peça única com seção variável e seu balanço faz a função da pestana. Segundo Roberto Vitorino (2006) “a seção variável da treliça é para economizar material”. Sob a superfície convexa aparece outra superfície, com o formato invertido, gerando o entre-forro que serve de duto do sistema de ar condicionado. No eixo central do *shed* cria-se um pé direito maior, cujo vão superior serve para a entrada da luz natural. No pé direito menor do *shed*, encontram-se os difusores por onde o ar frio é insuflado.

O mais interessante desse desenho é a interação da forma com a infra-estrutura do edifício. Através desse exemplo ilustra-se, mais uma vez, como o arquiteto gera soluções formais harmoniosas que surgem a partir das diversas exigências do programa, do clima, do sistema construtivo e dos diversos aspectos subjetivos do Conforto Ambiental. Suas soluções formais

Figura 58 – Forma dos sheds de Brasília Lago Norte.

Figura 59 – Sheds do Sarah Rio de Janeiro – Centro de Reabilitação.

surgem da sua sensibilidade e interagem com os diversos subsistemas (sistema construtivo, iluminação artificial, ventilação artificial, ventilação mecânica, entre outros). Suas formas são naturais da sua genialidade de mestre da arte e da tecnologia. Como bem afirma Lucio Costa (1985 *apud* Latorraca, 1999) “João Filgueiras Lima, o arquiteto onde arte e tecnologia se encontram e se entrosam”.

Observa-se a fidelidade, a exatidão e a compatibilidade de cada uma das soluções racionais eminentes de um processo industrializado, nobre enquanto a sensibilidade e rico na sua essência. Embora se queira ilustrar unicamente as soluções de ventilação e iluminação naturais do Lelé, é impossível tentar desmembrar cada uma das propostas por serem estas fortemente induzidas por diversas variáveis, que dizem respeito ao processo de industrialização, flexibilidade, construtibilidade, entre outros fatores. Sua dissociação é impossível. Suas soluções estão induzidas por um raciocínio projetual que contempla todas as preocupações e variáveis pertinentes à arquitetura. As escolhas de projeto não atendem unicamente a variáveis específicas e sim a um conjunto que com pesos e valores diferentes, em seu determinado contexto, determinam a forma do edifício e o desenho de cada dispositivo.

Sarah Belém e Amapá:

Similares aos *sheds* do Lago Norte.

Sarah Rio de Janeiro:

Considera-se parte de uma outra concepção, porém seu desenho, diferenciado do resto dos hospitais, atende principalmente ao clima extremamente quente, fazendo indispensável o

Figura 60 a – Esquema do Shed do Tribunal Regional Eleitoral da Bahia (1997).

Figura 60 b – Parte da cobertura do Hospital Sarah Rio de Janeiro.
Fonte - Banco de dados do CTRS

uso generalizado de ar condicionado. Uma grande cobertura independente (em formato de três grandes *sheds*) funciona como uma árvore que além de proporcionar sombra filtra a luz natural.(Figura 60b).

Nas obras do Lelé, a disposição dos *sheds* numa hora prioriza a entrada do vento, noutra prioriza a proteção contra a insolação. Não existe uma regra básica senão um senso crítico fundamentado em escolhas induzidas por vários fatores: fatores climáticos, presença ou não de ventos, ausência de ruído, qualidade do ar exterior, tipologia do edifício, fatores construtivos, topografia, entre outros. Na figura 60 a, nos *sheds* do Tribunal Regional Eleitoral da Bahia, observa-se mais uma evolução. O desenho é uma combinação das experiências anteriores.

Conforme viu-se anteriormente, a disposição dos *sheds* na maioria dos hospitais da Rede Sarah é a sotavento. No entanto, em outros projetos do Lelé encontram-se a barlavento, caso do CTRS Salvador (Ver figura 22a e b). Nesse edifício os *sheds* estão dispostos de maneira a captar o vento predominante. Devido a esse critério, o sistema de ventilação mecânica está disposto a suprir a baixa velocidade do vento e a aumentar a renovação de ar em dias muito calorosos. Desta forma, a localização de exaustores e ventiladores é importante para garantir uma ventilação eficiente.

3.3.3.3.1 A Forma e a Ventilação dinâmica: Simulação dos *sheds*

A simulação de ventilação permite ilustrar o desempenho da edificação mesmo antes de ser construída. Quando as idéias estão amadurecendo, a simulação é uma ferramenta de auxílio e suporte na tomada de decisões. Esta é fundamentalmente importante nos primeiros estágios de projeto, ou seja, na fase de concepção. A rapidez na criação dos modelos computacionais (maquetes eletrônicas) e a possibilidade de realizar estudos de diversos modelos tornam as simulações computacionais mais interessantes. A rápida visualização dos resultados permite que novas alterações sejam realizadas. Dessa forma, a simulação com modelos eletrônicos é mais barata se comparada com as simulações e estudos realizados em túneis de vento, pois a construção dos modelos físicos é mais demorada, porém mais onerosa.

ALEXANDER, D.K. et. al. (1996) afirma que “devido à diminuição do custo dos softwares e à sua melhor performance, as simulações com CFD são mais acessíveis, além de ter a vantagem de considerar os fluxos internos e as transferência de calor”. Mas de qualquer maneira, considerar os efeitos do vento para uma eficiente ventilação natural, através de CFD's ou túnel de vento, é de grande importância.

Atualmente, nos escritórios de arquitetura, existe uma utilização massificada de softwares com-

putacionais para a produção e elaboração de projetos arquitetônicos. Tais softwares baseiam-se principalmente nos sistemas CAD, ou seja, os arquivos utilizam a extensão *.dwg. Softwares como o CFX, utilizado para realizar simulações de ventilação natural, têm como principal característica interagir com esses sistemas (CAD), sendo esse o principal motivo pelo qual se escolheu o Software CFX para realizar um estudo de ventilação natural.

Com a intenção de ilustrar como a forma dos edifícios pode favorecer a ventilação natural (efeito de sucção), realizou-se uma simulação no software CFX baseada na análise anterior (*sheds* dos hospitais - item 3.3.3.3). Essa simulação foi realizada com a ajuda do Professor Paulo Greco, do Departamento de Aerodinâmica Computacional do Instituto de Aeronáutica da Escola de Engenharia de São Carlos – USP.

O CFX é um software de Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD), desenvolvido pela empresa ANSYS, Inc e utilizado para estudos da dinâmica dos fluidos. Os modelos CFD (Computational Fluid Dynamics) são softwares fundamentados nas equações Navier-Stokes, conhecidas também como equações de massa, momento e conservação de energia. Existem também os CFD, códigos computacionais que possibilitam a simulação de escoamentos de fluidos através de métodos numéricos como elementos finitos e volumes finitos.

A Engineering Simulation and Scientific Software Ltda (ESSS) destaca que “a tecnologia de CFD se tornou uma parte fundamental no projeto e análise de produtos e processos de muitas empresas por sua habilidade de prever a performance de equipamentos e processos antes mesmo de serem produzidos ou implementados”. Ao se referir ao CFX, a ESSS afirma que esse “software utiliza tecnologias de ponta em nível mundial, como um solver multigrid e acoplado que resolve o sistema completo de equações simultaneamente” [...]. Através dele podem ser “desenvolvidos e aprimorados produtos e processos que envolvam o escoamento de fluidos, transferência de calor e/ou reações químicas”. Conclui que graças ao CFX às empresas podem resolver problemas computacionais bastante intensos em um tempo muito menor.

Segundo a ESSS, o CFX tem sido utilizado nos mais variados setores industriais; Aeroespacial, Automotiva, Biomédica, Incêndio e segurança, HVAC, Naval, Metalurgia, Petróleo e gás, Geração de energia, Processos químicos e Turbomáquinas. Greco⁷¹ (2006), afirma que os CFD's são utilizados na aeronáutica principalmente na fase inicial de projeto, pois é mais prático e barato. A produção dos modelos reduzidos utilizados para análises no túnel de vento são trabalhosos e demorados, além de ser mais caros. Adicional a esta questão, o túnel de vento proporciona resultados

71 informação verbal em conversa realizada no dia 31 de Maio de 2006 na Escola de Engenharia de São Carlos.

quantitativos mais precisos. Desta forma, a simulação no túnel de vento só torna-se mais eficiente quando realizada na fase final, pois é nessa fase que os acertos e aprimoramentos das formas são mais minuciosos.

No Brasil, o software CFX na arquitetura é pouco explorado. Com ele podem realizar-se estudos de ventilação natural, assim como a verificação do comportamento do vento dentro e fora das edificações. Neste trabalho, apresenta-se uma simulação que mostra como a forma dos *sheds* pode favorecer a ventilação natural. Cabe destacar que essa simulação de ventilação no CFX é de ordem qualitativa, pois sua quantificação é complicada e os resultados muitas vezes são grosseiros. Pelo que precisar-se-ia de um estudo mais detalhado.

O Software CFX tem como uma das suas principais características a interação com sistemas CAD, sendo esse o principal motivo da sua escolha. Outra razão, não menos importante e considerada na sua escolha é ilustrar uma ferramenta que pode ser utilizada para o estudo da ventilação natural. Embora existam outros softwares que também tem essa característica, como o TAS e o EnergyPlus (graças a seu pluging COFINS), o CFX tem a vantagem de permitir a simulação de formas curvas. Aspecto que é fundamental no caso dos *sheds* propostos por Lelé.

Os *sheds* do Lelé, dos hospitais da Rede Sarah até os Tribunais (TCU e TRE) passaram por uma constante evolução. Conforme visto anteriormente, nessa evolução, desde o ponto de vista formal, destacam-se os *sheds* de Salvador, Fortaleza e o Tribunal Regional Eleitoral da Bahia. Para ilustrar o comportamento e sua consequente evolução, este trabalho previa a simulação dos três modelos: O modelo A – *shed* do hospital Sarah Salvador (Figura 56), o modelo B – hospital Sarah

Figura 61 – Modelos A, B e C.

Fortaleza (Figura 57) e o modelo C relativo ao do Tribunal Regional Eleitoral da Bahia (Figura 60a) - todos representados na Figura 61. Por problemas de tempo e relativos ao software CFX, realizou-se apenas a simulação do modelo A.

Para esta simulação estabeleceu-se uma velocidade e direção de vento constante. O efeito de convecção não foi simulado. Cabe destacar que esse efeito influencia a velocidade com que o ar sai pelo *shed*⁷², podendo ser estudado, mais detenidamente, em futuras pesquisas.

Na simulação abaixo (Figura 62), os vetores (setas) representam o sentido do vento e a cor a velocidade. O azul escuro representa a menor velocidade e o vermelho a maior. Observa-se que o vento sofre uma aceleração na parte superior do *shed*, sendo o ponto tangente ao plano superior o de maior velocidade. Nesse ponto a pressão estática é mínima, sendo o ponto ideal para posicionar uma abertura. Lembra-se que as aberturas deverão estar posicionadas nos pontos de pressão máxima ou mínima. Neste caso, colocar uma abertura na parte superior do *shed* (no ponto de pressão negativa) provocaria que o ar sai-se com maior velocidade devido ao diferencial de pressão.

Observa-se, na figura 62, como o formato curvo do *shed* direciona o vento para baixo, em sentido perpendicular à face superior do seguinte *shed*. Cria-se assim uma área de turbulência e de divisão do fluxo, onde uma parte continua beirando a superfície do seguinte *shed* e, a outra, cria um refluxo para dentro do ambiente, que se intensifica no próximo *shed*.

Segundo o Professor Paulo Greco, essa situação não deve acontecer no modelo B (*shed* de For

Figura 62 – Simulação de Ventilação no CFX – Shed do hospital Sarah Salvador - Modelo A.

⁷² Nesse sentido, Lima (2005) acredita “que quando o pé direito é maior, mais eficiente será o efeito de convecção”.

taleza) onde o formato curvo do *shed* não avança tanto. Conforme comentado no item anterior, o desenho do *shed* de Fortaleza (modelo B) procura reduzir a reflexão de calor para dentro do mesmo. Aspecto comentado na página 141. O modelo C, é uma combinação entre o modelo A e B (Figura 61). Segundo o Professor Paulo Greco, esse modelo deve apresentar o melhor desempenho. Aspecto apontado pelo próprio Lelé. Esse é o modelo desenvolvido mais recentemente e foi proposto com maior frequência nos projetos dos TCU's.

Segundo o Professor Paulo Greco a testeira do *shed* de Salvador (Figura 56) impede um melhor desempenho aerodinâmico do sistema, pois a interrupção ocasionada pelo encontro das duas peças gera uma perda (turbulência) de velocidade na corrente de ar. No entanto o *shed* de Brasília (Figura 57) já resolve esse problema. O formato do *shed* de Fortaleza apresenta um melhor desempenho porém, a combinação dos modelos anteriores, o *shed* do Tribunal Regional da União da Bahia - é a melhor proposta.

3.4- Hospital Sarah Kubitschek Fortaleza

[...] Este ecleticismo construtivo permitiu uma variedade formal que o momento anterior da trajetória profissional de Lelé não possuía e possibilita afirmar que o Sarah-Fortaleza sintetiza a experiência de uma vida dedicada à compreensão da arquitetura na amplitude de seu campo de conhecimento, efetuando, com maestria, a junção entre arte e técnica (RIBEIRO, 2004, p.205).

Figura 63 – Vista aérea do Hospital Sarah Fortaleza.
Fonte – Acervo CTRS.

3.4.1- Características climáticas da cidade

O Estado de Ceará está situado na Região Nordeste do Brasil, um pouco abaixo da linha do Equador, numa posição nitidamente tropical, entre 2° 46'30" e 7°52'15" de latitude sul e 37°14'54" e 41°24'45" de longitude ocidental. O Ceará faz limites ao Sul com Pernambuco, ao Norte com o Oceano Atlântico, a Oeste com o Piauí e a Leste com a Paraíba e o Rio Grande do Norte. Sua capital, Fortaleza, localiza-se numa planície litorânea, entre 3°30' e 4°30'S e 38°39' WGR.

O clima do Ceará é quente e úmido, com temperaturas entre os 19° e 31°. A média das médias está entre os 26° e 27°. A média das mínimas é superior a 19° e a média das máximas é acima de 30°. Ventos alísios, permanentes, com constantes correntes vindas do sudeste, com velocidade entre 5 e 8.0 m/s. A umidade relativa do ar é de 82%, no litoral. Ver tabelas 4 e 5 com as temperaturas de Projeto. As estratégias bioclimáticas recomendadas para essa cidade são: ventilação, resfriamento evaporativo e massa térmica (GOULART, et al., 1997; LAMBERTS et al., 1997). De acordo com Lamberts (1997), Fortaleza "apresenta a maior parte das horas do ano concentrada na zona de ventilação (68,5%, grifo nosso), conforme a carta bioclimática". Dessa forma, os princípios de projeto recomendados são: aberturas amplas e sombreadas, direcionadas de forma a captar o vento; adoção de ventilação cruzada e ventilação vertical; construção de espaços internos fluidos, e outros (LAMBERTS et al., 1997).

Tabela 4 – Temperaturas de Projeto para o período de Verão – Cidade de Fortaleza. Fonte: Modificado de GOULART, et al. (1997).

Nível de Frequência	TBS de Proj. (°C)	TBU Coinc. (°C)	TBU de Proj. (°C)	Direção Predom.	Direção Segunda	Vel. Vento (m/s)	Ampl. Média (°C)
1%	31,4	24,9	26,0	SE	L	5,7	6,4
2,5%	31,1	24,9	25,6	SE	L	5,8	
5%	30,8	24,7	25,3	SE	L	6,0	

Tabela 5 – Temperaturas de Projeto para o período de Inverno – Cidade de Fortaleza. Fonte: Modificado de GOULART, et al. (1997).

Nível de frequência	TBS de Proj. (°C)	Direção predominante	Direção segunda	Vel. vento (m/s)
99%	21,2	SE/SO	Calmo	2,3
97,5%	21,7	Calmo	S	2,0

3.4.2- Localização e características do terreno

O Hospital está localizado na Av. Juscelino Kubitschek, N°. 4500, no Bairro Passaré, Fortaleza, capital do Estado do Ceará.

A uma distância de cerca 12 km do mar, fica razoavelmente protegido da ação nociva que o salitre exerce sobre a maioria dos equipamentos hospitalares e sobre a própria construção.

A aproximadamente 30m de altura em relação ao nível do mar e numa zona urbana de pouco adensamento e baixo gabarito, recebe fartamente a brisa constante que sopra na direção L-O, o que constitui fator decisivo para garantir o conforto térmico natural do edifício. (LATORRACA, 2000, p.199)

“As características de topografia, natureza do solo e nível do lençol freático são muito favoráveis à execução da obra”. (LATORRACA, 2000, p.199). O terreno possuía uma grande área arborizada, abundante em espécies locais, que ocupava mais de 1/3 do terreno.

3.4.3- O hospital

Embora as dimensões generosas do lote permitissem a repetição do modelo horizontal adotado em São Luís e Salvador, optou-se por uma

Figura 64 – Localização do Hospital Sarah Fortaleza, orientado para receber os ventos dominantes vindos do litoral. Fonte - Latorraca, (1999, p.46)

Figura 65 – Dados do terreno e variáveis climáticas: Ventos predominantes, Norte magnético, área de bosque.

solução mista horizontal-vertical mais compacta, ocupando menos o solo, de modo a garantir a preservação integral de uma grande área arborizada que ocupa mais de 1/3 do terreno (LATORRACA, 2000).

A ocupação mista, horizontal-vertical, do hospital de Fortaleza, só aconteceu no hospital central de Brasília e no hospital de Belo Horizonte⁷³, sendo a ocupação horizontal uma constante em todos os hospitais da rede. Ao questionar o Lelé sobre a implantação horizontal, afirmou que a mesma é menos desarticuladora. No plano horizontal, embora com corredores maiores, os contatos entre os ambientes são diretos e as possibilidades de interação entre os pacientes e a equipe médica é mais eficiente. A ocupação horizontal também possibilita o contato direto com o exterior, com jardins, espelhos de água e áreas para fisioterapia.

O hospital está organizado da seguinte forma: no bloco vertical (Figura 67) estão os apartamentos e as enfermarias, com circulação periférica, uma para médicos e pacientes e outra para o público. Vale lembrar que esse bloco vertical surgiu para se preservar a vegetação existente no local.

Figura 66 - Relação de área construída e área verde.

⁷³ No caso do hospital de Belo Horizonte, o prédio principal (bloco de internação) é vertical, e formava parte do conjunto inicial, "obedecendo parcialmente uma proposta de Oscar Niemeyer". (LATORRACA, 2000, p.208).

No bloco horizontal, nível térreo, estão o ambulatório, a fisioterapia, a sala de gesso, a oficina de ortopedia, o raio x, o centro cirúrgico, o laboratório, o primeiro estágio de tratamento e, com acesso independente, a biblioteca e o centro de criatividade. No subsolo estão os serviços gerais e as centrais de rebaixamento, ar condicionado e material.

Em diversos aspectos, o hospital Sarah Fortaleza é o melhor exemplo de uma sucessão de hospitais que o antecederam. O sistema de ventilação por galerias, o sistema construtivo (misto), o funcionamento das enfermarias, entre outros fatores, tiveram seu melhor resultado nesse hospital, aspectos que foram constatados durante o desenvolvimento desta pesquisa e que inicialmente foram fundamentais na escolha do hospital para esta análise. Cabe destacar que Newton Bacelar, Fernando Minho e o próprio Lelé, nas respectivas entrevistas, confirmaram: “O hospital Sarah Fortaleza é um hospital bem mais resolvido” (LIMA, 2006a).

Ao realizar uma análise do zoneamento focalizada nos aspectos relativos à iluminação e à ventilação natural, identificam-se vários aspectos interessantes. A zonificação dos ambientes atende às variáveis vento e sol. O bloco de enfermarias (bloco vertical) foi implantado no fundo do terreno, para não barrar os ventos dominantes e para permitir a ventilação natural nos ambientes “flexíveis”. Por sua vez, os ambientes com ar condicionado foram localizados na parte posterior ou na lateral do edifício, dando assim uma localização mais privilegiada para os ambientes ventilados naturalmente (Figura 68).

Figura 67- Corte do Hospital Sarah Fortaleza. Mostra o bloco vertical de enfermarias e seus respectivos solários.
Fonte – Acervo CTRS

3.4.4 - Ambientes do Hospital

O clima de Fortaleza viabiliza a ventilação natural como estratégia de climatização para obter o conforto ambiental necessário. Na figura 70 a e b, observa-se que 80% dos ambientes do hospital são ventilados e iluminados naturalmente, ao contrário dos ambientes especiais, pois, conforme foi explicado anteriormente (item 3.3.3.2.1), esses ambientes permitem poucas variações de pressão,

Figura 68 - Ambientes do Hospital.

temperatura e umidade, fundamentais para se manter a assepsia e o bom funcionamento dos equipamentos. A sala de cirurgia, por exemplo, é um ambiente especial. Considera-se a fisioterapia e as enfermarias ambientes flexíveis.

3.4.4.1- Área de Fisioterapia

Na área de fisioterapia são desenvolvidas técnicas para o tratamento do incapacitado físico ou de pacientes com problemas de locomoção. Os pacientes em recuperação realizam vários tipos de

Figura 69 a - Vista do corredor-espera. No fundo, acesso à sala de radiologia.

Figura 69 b - Vista do corredor espera. No fundo, a recepção.

Figura 70 a - Área de fisioterapia às 13hs do dia 23 de Agosto. Sem as luzes acessas.

Figura 70 b - Área de fisioterapia às 13hs do dia 23 de Agosto, com luzes acessas. Vista do lado contrário.

Níveis de luminância externa - 120,000 lux.

Figura 70 c - Níveis de iluminação natural na sala de fisioterapia às 13hs do dia 23 de Agosto. Corte e Planta.

Figura 70 d - Níveis de iluminação natural no foyer do auditório às 14hs do dia 23 de Agosto. Vista da Planta, ao lado, foto do foyer.

exercícios físicos, muitos dos quais têm lugar em áreas abertas, com passeios ou em piscinas.

Essa situação é aproveitada pelo arquiteto, que toma partido de uma necessidade decorrente da metodologia de tratamento e propõe grandes jardins internos que interligam todos os espaços do hospital, sendo a área de fisioterapia um dos ambientes com mais verde, luz e ambiência com o exterior (Figura 71 a, b, c e d), fator que estimula o psicológico dos pacientes. Dessa forma, nos hospitais da Rede, as áreas internas estão sempre integradas a jardins adjacentes.

Na área de fisioterapia (Figura 70 a e b) observa-se como a iluminação difusa, refletida pelo forro, ilumina o ambiente. Graças aos *sheds*, esse ambiente apresenta níveis adequados de iluminação natural. Em medições realizadas no local, registraram-se médias de 410 lux, às 13hs (Figura 70c). Destaca-se que a Norma NBR 5413, para áreas de fisioterapia, estabelece médias entre 150 e 300 lux. Contíguo à essa área, está o ginásio onde são realizados exercícios de recuperação e diversas atividades recreativas (Figuras 71 a,b,c e d).

3.4.4.2- Ginásio - Área coberta

No ginásio são realizados exercícios de reabilitação física e atividades recreativas. Criaram-se áreas de reabilitação com piscinas, jardins, entre outros equipamentos adequados para interação dos pacientes. Todas as áreas de convívio e sociabilização encontram-se voltadas para o ginásio. A grande cobertura protege a varanda das enfermarias da radiação solar direta (Figura 67). Tal proteção possibilita uma interessante relação espacial e de integração, embora apenas visual, entre as enfermarias e a área do ginásio. Dessa forma, quando acontecem atividades recreativas, o corredor das enfermarias transforma-se numa espécie de “camarote”. Lelé destaca que “é importante que os pacientes possam assistir principalmente às sessões de reabilitações e reuniões”, já que “[...] levam sempre artistas e todos podem assistir das galerias como se fosse nas frisas de um teatro” (LIMA, 2003b). (Figura 71 c).

A cobertura em arco foi concebida com *brises* móveis que mudariam sua inclinação conforme a passagem do sol. A idéia inicial não foi executada, porém a inclinação dos *brises* foi fixada de maneira a barrar a radiação solar e permitir a passagem do vento. As áreas verdes, contíguas às circulações, articulam os diversos espaços. Na figura 66, observa-se a relação de áreas verdes (internas e externas) do hospital.

3.4.4.3- Enfermarias

A disposição das enfermarias é semelhante à dos hospitais de São Luiz e Salvador. Mas esta

apresenta a vantagem de ter dupla circulação, para visitantes ou familiares e para os serviços. Para cada conjunto de 12 pacientes foram projetados sub-postos de enfermagem, como os serviços de apoio. As duas circulações se desenvolvem respectivamente nas varandas, ao longo das duas fachadas (NO e SE) principais do Prédio. As salas de gesso e de tratamento ficam em torres localizadas na projeção da cobertura varanda de proteção no prédio e se comunicam com a circulação de serviços de cada pavimento. O setor de internação e alta está localizado no pavimento térreo do bloco.

Figura 71 a - Área de fisioterapia e recreação - Jardim coberto.

Figura 71 b - Vista do ginásio contíguo à área de fisioterapia. Fonte – Acervo CTRS

Figura 71 c - Vista do jardim coberto desde o último andar.

Figura 71 d - Vista do ginásio ao atardecer.

Para evitar a ventilação cruzada optou-se por enfermarias mais curtas, com apenas três leitos, em sequência. O bloco de enfermarias, com aproximadamente 8 m de largura, teve que ser verticalizado e, conseqüentemente, o sistema de ventilação vertical, ideal para esses ambientes, não foi possível. Lembra-se que a ventilação cruzada é evitada por Lelé, já que o vento transporta poeira e vírus de um lado para outro. Nesse sentido, Lelé afirma que a “infecção cruzada”; infecção transferida de um paciente para outro, também é evitada. Para isso, desenvolveram-se muitas tecnologias de assepsia dos equipamentos, entre elas, a cama-maca.

A Rede Sarah caracteriza-se por trabalhar preferencialmente com enfermarias. Mas há também os apartamentos individuais para as pessoas que querem psicologicamente se isolar. “Mas, de modo geral, o que tem acontecido é que dependendo do local onde a gente tem o hospital, no caso de Salvador, por exemplo, as pessoas são muito coletivas, então todos eles querem ficar na enfermaria conversando, passeando e o conselho do hospital é diferente: tem um lugar onde você fica na enfermaria, mas durante o dia, todo mundo fica “zanzando” pelo resto do hospital” (LIMA, 2003b).

Figura 72 b – Posto de enfermaria

Figura 72 c – Enfermarias

Figura 72 d – Corredor lateral

Figura 72 a – Desenho das enfermarias e apartamentos. Fonte – Acervo CTRS

O posto de enfermagem permite o controle visual, dando garantia não só ao paciente como também à equipe de enfermagem. Dessa forma a enfermeira tem um controle maior sobre o paciente, e este se sente mais controlado e mais protegido.

3.4.4.4 Solários

Com a intenção de conseguir um pé direito maior, para os pacientes tomarem banho de sol, os solários das enfermarias são intercalados. Cada solário se comunica apenas com a circulação social da respectiva enfermaria. No entanto, os solários dos apartamentos são individuais (Figura 73 a e b).

Projetados em estruturas independentes, engastados em um único pilar, os solários foram montados sem escoramento, quando o prédio já estava pronto. Por cima do prédio, o guindaste desceu a peça e, na sequência, ela foi encaixada e fixada com parafusos. Os solários “são construções bastante industrializadas, em argamassa armada, tudo montado com precisão de dois milímetros” (LIMA, 2003b).

3.4.4.5 Jardins

No hospital Sarah Salvador, uma grande área verde serve de integração do CTRS com o hospital localizado numa cota mais alta. Um bondinho, projetado e produzido pelo CTRS, funciona como elevador para os pacientes e a equipe de fisioterapia, que usufruem do agradável ambiente para tratamento e reabilitação. Esse jardim, com passagem e áreas de estar, serve também de integração do CTRS com o Hospital.

Figura 73 a – Vista dos Solários
Fonte – Acervo CTRS

Figura 73 b – Vista dos Solários

Nas áreas de estacionamento dos hospitais utiliza-se “uni-grama”, material de concreto com vazamentos preenchidos com grama. Esse material proporciona áreas permeáveis, diminuindo os problemas de drenagem de água, produto das chuvas. A presença da grama gera uma textura interessante para as áreas contíguas a jardins e áreas verdes.

3.4.5- Sistema de Ventilação

A ventilação natural dos ambientes do hospital é garantida pelos fundamentos da dinâmica dos ventos e das diferenças térmicas, estudadas nos capítulos anteriores. Por meio desses princípios de ventilação natural, foram desenvolvidos dois sistemas de ventilação, que podem operar simultaneamente:

- O de convecção, em que o ar frio é injetado através das galerias de ventilação do subsolo e extraído pelos *sheds*, com as aberturas na direção a favor dos ventos dominantes (efeito de sucção).
- O de ventilação cruzada por ambiente, através de dois *sheds* com aberturas voltadas em sentido oposto. A eficiência desse sistema poderá ser eventualmente aumentada com o emprego de equipamento mecânico de exaustão ou insuflamento, localizado na abertura do *shed*. O sistema de convecção merece especial atenção, devido ao funcionamento das galerias de ventilação.

3.4.5.1 Galerias de ventilação

Esse sistema opera seguindo o princípio da convecção, em que o ar frio entra por baixo do edifício (pelas bocas das galerias de ventilação) e sai pelos *sheds* posicionados a favor dos ventos, provocando o efeito de sucção. O edifício e, conseqüentemente, as galerias de ven-

Figura 74 a – Vista do jardim desde o ultimo andar.

Figura 74 b – Vista do jardim do Salvador.

tilação, estão posicionados perpendicularmente aos ventos dominantes a mais ou menos 30 graus de inclinação com a normal (Figura 64 e 65). Essa posição permite a captação dos ventos dominantes, que oscilam entre os 3 e 9 m/s. Na ausência de ventos ou de ventos abaixo da média, as galerias de ventilação possuem grandes ventiladores que insuflam o ar para dentro do edifício, garantindo a vazão de ar necessária para uma ventilação efetiva. Esses exaustores funcionam de segunda a sexta-feira, em horário de expediente. Durante o final de semana são desligados. Frente às galerias encontram-se os nebulizadores (Figura 75 b) que expõem

Figura 75 a - Vista de frente das galerias de ventilação. Percebe-se pela movimentação das bandeiras a direção do vento dominante (o vento sopra 30 graus com a perpendicular das galerias).

Figura 75 b - Bocas de entrada de ar. Observam-se os nebulizadores na frente das bocas. Fonte – Acervo CTRS

Figura 75 c – Corte das galerias. Fonte: Acervo CTRS.

Figura 75 d – Vista interna das galerias.

água, aumentando a umidade do ar e conseguindo, assim, diminuir a temperatura do ar. Esses nebulizadores, além de refrescar o ar que entra nas galerias, servem para filtrar as partículas de poeira presentes no ar, que vêm do exterior.

Além da presença dos nebulizadores, existe um espelho de água na frente das galerias, que serve de amortecedor térmico. Lembra-se que parte do calor ganho nas edificações é produto da radiação de onda longa, irradiada pelas superfícies externas. Dessa forma, a presença de

Figura 75 e - Vista dos exaustores do interior das galerias.

Figura 75 f - Bocas de saída do ar de dentro das galerias para os ambientes do hospital.

Figura 75 g - Boca de saída de ar nos Ambulatórios

Figura 75 j - Bocas de saída do ar de dentro das galerias para os ambientes do hospital.

Figura 75 h - Boca de saída de ar nos corredores

água minimiza a temperatura das partículas de ar na frente das galerias e, conseqüentemente, melhora os resultados do sistema.

As galerias têm aproximadamente 75 metros de comprimento. Ao longo delas existem bocas de saída do ar (Figura 75 c e f) por onde o ar passa para dentro dos ambientes do hospital (Figura 75 g e h). Dentro das galerias acontece um fenômeno muito interessante, que merece especial atenção (Figura 76 a): na entrada das galerias a velocidade do vento é elevada, aproximadamente 22 m/s, e diminui gradualmente até o fim da galeria, onde sua velocidade é quase imperceptível, aproximadamente 0,4 m/s. O contrário acontece com a pressão do ar. Cabe lembrar que a velocidade do ar e a pressão estática (perpendicular a superfície) são inversamente proporcionais, de forma que no final da galeria o ar está pressurizado. Essa pressurização no final das galerias garante que o fluxo de ar saia de dentro das galerias para fora, em direção aos ambientes internos. No começo das galerias, a passagem do ar para dentro dos ambientes é garantida pela velocidade do vento, que é de 6.5 m/s. Entretanto, no final das galerias, a velocidade de saída (ou entrada nos ambientes) é de 8.5 m/s (Figura 76 a).

3.4.5.2 - Sistema de Ventilação artificial automatizado

O sistema de climatização automatizado atende as salas: centro cirúrgico, internação, central de materiais esterilizados, informática, curativos do ambulatório, radiologia (ressonância magnética, raio-x, tomografia computadorizada, ultra-som, circulação de pacientes, circulação de técnicos, laudos/estudo de casos), laboratório (imunologia, análises clínicas, patologia cirúrgica, agência transfusional), biblioteca, auditório, farmácia, no break, bloco administrativo (diretoria, administração, setor de pessoal, recursos humanos e outras) (Figura 76 b).

Figura 76 a – Corte e Planta esquemático das galerias de ventilação

O sistema utiliza o ar das galerias, que é condicionado a uma temperatura de 23°C em média e uma umidade relativa de aproximadamente 60%. A pressão das salas é produzida por uma defasagem entre o fluxo de entrada e o fluxo de saída. É vista, porém, com mais rigor nas salas em que existem níveis de assepsia mais altos (salas cirúrgicas) onde são mantidas pressões positivas (pressões internas acima da pressão externa).

Sensores de umidade relativa e temperatura do ar estão normalmente instalados no duto de retorno, com o intuito de medir a resultante, após todas as trocas térmicas que naturalmente aconteceram no ambiente da sala. Já o sensor de pressão, que na verdade funciona como um pressostato diferencial (mede a pressão interna e externa e indica quando o diferencial entre elas atingiu o nível desejado), é instalado no duto de entrada com a função de indicar que efetivamente existe fluxo de ar no duto.

A temperatura no ambiente externo, em uma medição, foi de 31,0°C, e a umidade relativa de 62,3%, enquanto que dentro da galeria a temperatura era de 30,0°C e a umidade 66,4%, mas os aspersores de água que ficam nas entradas de ar das galerias estavam desligados no momento da medição.

Esse sistema utiliza o ar insuflado pelas galerias de ventilação. Dependendo da temperatura, o sistema ativa só a ventilação mecânica, sem precisar ligar o sistema de ar condicionado. Dessa forma existe uma integração entre os sistemas de ventilação natural e artificial.

Figura 76 b – Software de monitoramento do sistema de ventilação automatizado. Vista da tela do monitor.

3.4.6- Sheds

Os *sheds* possuem na sua frente uma estrutura ou painel de lamelas, pintado na cor azul. Segundo Lelé, a cor azul reflete pouco o calor, mas minimiza o calor ganho pelo edifício.

3.4.7- Cobertura metálica do Jardim

Essa cobertura ilustra os objetivos estudados neste trabalho sobre ventilação e iluminação natural, e pode ser entendida como um grande sistema, desenvolvido segundo os princípios de ventilação e iluminação natural. A grande cobertura curva está formada por vigas de metal, apoiadas nos pilares periféricos da área de fisioterapia. Lâminas de metal, apoiadas às vigas, funcionam como brises protegendo o jardim interno da radiação direta do sol, da chuva e, por sua vez, permitem a ventilação cruzada no ambiente.

O conjunto de brises cria um jogo de relações lúdicas. Contrastes de luz e sombra no interior do jardim, principalmente no final da tarde, proporcionam ao ambiente uma agradável sensação de contato com o exterior. Os brises foram concebidos com um sistema mecânico que permite mudar os graus de inclinação em função do movimento do sol. De acordo com a posição do sol, a inclinação dos brises varia, permitindo a entrada da luz da abóbada azul e evitando a entrada da luz direta do sol. Devido a problemas de manutenção o sistema foi desativado, ficando definida uma inclinação fixa⁷⁴.

Os sistemas automatizados (controle mecânico de abertura) de ventilação são interessantes para utilização nos edifícios para facilitar o manuseio. No caso dessa cobertura, seria quase impossível movimentar manualmente a inclinação dos brises. Sistemas similares foram utilizados nas enfermarias desse hospital, para facilitar o controle de abertura dos vidros dos *sheds*.

O sistema mecânico é muito simples. “Um simples motor de janela de carro tem feito milagres em todos os sistemas mecanizados propostos para os hospitais” (LIMA, 2005). No capítulo 3.5, sobre sistemas flexíveis de fechamento, ilustram-se as novas propostas desenvolvidas por Lelé para o Hospital Sarah Rio de Janeiro.

⁷⁴ Para manutenção dos brises está sendo desenvolvida uma plataforma de limpeza a ser instalada na estrutura do arco..

Planta de implantação
esc. 1:1.500

Planta pavimento térreo
esc. 1:1.000

Planta subsolo - Nível -3.50 e -2.70
esc. 1:1.000

Planta 1º pavimento - Nível 3.50
esc. 1:1.000

Planta 2° pavimento
esc. 1:1.000

UMA INSTITUIÇÃO, UMA ARQUITETURA = UMA POSSIBILIDADE...

Hospital Sarah Kubitschek - Fortaleza

Cortes
esc. 1:1.000

Corte AA

Corte BB

Corte CC

FACHADA SULESTE

FACHADA SUDOESTE

FACHADA NORDESTE

No Rio de Janeiro eu tenho certeza que vai ser muito melhor. No Rio de Janeiro a flexibilidade acontece em todos os sentidos. Quando você tem um shed dependente de uma estrutura, você tem limitante. No entanto, no Rio de Janeiro a vantagem é que você tem um teto independente, uma cobertura lá encima. Ai você faz o que quiser; faz a manutenção do ar condicionado, faz as mudanças de layout. Você não está amarrado à estrutura [...]. Todos os problemas que eu tive nos hospitais anteriores eu vejo que no Rio de Janeiro eu resolvo. (Lelé, 2006b)

A flexibilidade e extensibilidade da construção são diretrizes de projeto dos hospitais da Rede Sarah que permitem alterações de layout e expansões futuras. No novo Hospital Sarah Rio de Janeiro, a flexibilidade atinge seu maior grau, graças ao piso técnico e aos sistemas de fechamento flexíveis (forros de painéis de policarbonato e arcos retráteis). Esse hospital pode ser ventilado natural, mecânica ou artificialmente.

Figura 77 – Fotomontagem do Hospital Sarah Rio de Janeiro. Fonte – Acervo CTRS.

3.5- Hospital Sarah Kubitschek Rio de Janeiro

3.5.1- Características climáticas da cidade

A cidade do Rio de Janeiro está localizada no sudeste do Brasil, no estado do Rio de Janeiro, a 22°50', de latitude sul e 43°15', longitude ocidental. Seu clima é quente e úmido, com temperaturas entre os 12,2° e os 38,8°C. A média das máximas e das mínimas está entre os 20,5° e 27,3°C, respectivamente. A direção predominante dos ventos no verão é norte e sudeste; entretanto, no

Figura 78 – Localização do Hospital e do Centro de Reabilitação da Rede Sarah. Fonte – Acervo CTRS.

Tabela 6 – Temperaturas de Projeto para o período de Verão – Cidade de Rio de Janeiro. Fonte: GOULART, et al. (1997).

Nível de Frequência	TBS de Proj. (°C)	TBU Coinc. (°C)	TBU de Proj. (°C)	Direção Predom.	Direção Segunda	Vel. Vento (m/s)	Ampl. Média (°C)
1%	35,3	26,3	27,3	N	SE/NO	4,4	6,9
2,5%	33,6	25,7	26,5	SE	NE	3,8	
5%	32,2	25,8	26,0	SE	N/L	3,9	

Tabela 7 – Temperaturas de Projeto para o período de Inverno – Cidade de Rio de Janeiro. Fonte: GOULART, et al. (1997).

Nível de frequência	TBS de Proj. (°C)	Direção predominante	Direção segunda	Vel. vento (m/s)
99%	14,8	N	Calmo	1,2
97,5%	15,7	Calmo	N	1,4

inverno é norte. A velocidade dos ventos no verão é maior, aproximadamente 4 m/s, e, no inverno, 1.5 m/s. A umidade relativa do ar é de aproximadamente 72% no litoral (GOULART, 1997).

3.5.2- Localização e características do terreno

O primeiro projeto realizado para a ilha Pombeba contemplava, num mesmo conjunto, o Hospital e o Centro de Reabilitação Infantil. A construção desse projeto foi impedida pela Legislação, por ocupar mais do 80% da área da Ilha (Figura 79 a)

Devido a essa proibição, a unidade hospitalar (Figura 77), ainda em construção, foi implantada numa região próxima ao Centro de Reabilitação, construído em 2002 na ilha de Pombeba.

O lote destinado para o Hospital é uma quadra de cerca de 80.000m², situada próxima à Lagoa de Jacarepaguá, em uma região baixa e parcialmente inundada. Uma das duas vias principais margeia o arroio Pavuna, que desemboca na lagoa de Jacarepaguá. A outra, Avenida Embaixador Abelardo Bueno, servirá de ligação entre o Hospital e o Centro de Reabilitação (Figura 78).

Na época em que o projeto foi elaborado a malha urbana da região e os grades do sistema viário ainda não estavam completamente fixados. Os órgãos da prefeitura responsáveis pelo desenvolvimento urbano da região desaconselhavam a locação de pavimentos abaixo da cota 2m por estarem sujeitos a inundações provocadas pela eventual elevação do nível da lagoa. Além disso, cerca de 70% da área do terreno, situada na cota média de 0,70m, apresentava uma espessa camada de turfa e de matéria orgânica que teriam que ser expurgados para a realização de qualquer tipo de construção ou de pavimentação. Assim, sob o ponto de vista econômico os indispensáveis

Figura 79 a – Maquete do Primeiro projeto para a Ilha Pombeba. Hospital e Centro de Reabilitação Infantil Sarah Rio de Janeiro. Fonte – Acervo CTRS.

Figura 79 b – Vista aérea do Centro de Reabilitação Infantil da Sarah Rio de Janeiro na Ilha Pombeba. Fonte – Acervo CTRS.

aterros para a implantação do edifício e para a própria modelação do terreno destinada à execução do sistema viário interno passaram a exigir um cuidado especial.

3.5.3- Diretrizes e Partido Arquitetônico

O clima rigoroso de Rio de Janeiro, quente e úmido, assim como as características do terreno, parcialmente alagado, foram fatores determinantes nas escolhas de projeto. Mas, da mesma forma que nos outros hospitais da Rede, existiram diretrizes gerais que nortearam o desenvolvimento do projeto, obviamente, diretrizes mais apuradas, devido às experiências anteriores. Sendo as diretrizes específicas deste hospital :

- Adoção de uma solução horizontal com áreas de tratamento e de internação integradas a espaços verdes, segundo os padrões dos demais hospitais da rede.
- Aumentar o potencial de flexibilidade dos espaços internos em relação às demais unidades da rede, em função, sobretudo, da maior complexidade desse hospital, que deverá absorver a demanda de toda a região sul do país. Cabe destacar que durante a construção do hospital realizaram-se alterações na disposição de algumas áreas, como a de fisioterapia e o refeitório, que, graças à flexibilidade do sistema construtivo, puderam ser absorvidas sem nenhum problema.
- Criar sistemas de iluminação natural para todas as áreas do Hospital, com exceção do centro cirúrgico e salas de equipamentos em que, por motivos exclusivamente técnicos, seja recomendável a iluminação artificial.
- Criar sistemas alternativos de ventilação natural e ar condicionado, privilegiando o primeiro de modo a permitir que os ambientes se mantenham abertos durante a maior parte do ano.
- Criar, na cota 2m recomendada, um pavimento técnico em toda a extensão do Hospital, evitando-se os aterros onerosos, que seriam necessários no caso do emprego de galerias semelhantes às dos demais hospitais da rede.

Atendendo a essas diretrizes, foram projetadas grandes coberturas, com pés direitos variáveis superiores a 8m formando grandes *sheds*, cuja disposição é totalmente desvinculada da organização dos espaços internos. Os tetos planos dos ambientes são constituídos de peças basculantes em policarbonato, guarnecidas de caixilhos metálicos. O espaço resultante entre os tetos e as coberturas, com pés direitos sempre superiores a 4m, constitui ao mesmo tempo um grande colchão de ar ventilado e um difusor da luz solar que penetra pelas aberturas dos *sheds* (Figura 80).

Como em todo projeto, a organização dos ambientes é essencial para o bom funcionamento do edifício, principalmente tratando-se de um hospital, devido a sua complexidade e número de vari-

áveis a serem estudadas. Variáveis como assepsia, flexibilidade espacial, extensibilidade, economia e outras claramente perseguidas nos hospitais da Rede Sarah e enumeradas anteriormente. Desta maneira a setorização dos ambientes do Hospital torna-se uma solução interessante para garantir o seu bom funcionamento.

Nos hospitais da Rede Sarah observa-se o agrupamento de ambientes similares em blocos, que por sua vez estão articulados e interligados entre si através de circulações adjacentes a jardins (Figura 66 e 88). No Hospital Sarah Rio de Janeiro esses aspectos ficam mais evidentes, sendo que a própria implantação do Hospital obedece a uma setorização por blocos. Quatro blocos: Serviços técnicos, Internação, Serviços Gerais e o bloco do Centro de estudo, Residência Médica e Auditório, cada um deles contendo ambientes com características similares e com níveis específicos de assepsia. Dessa forma, o bloco de Serviços Gerais, que atenderá principalmente os “outpatient” ou pacientes externos, está localizado no acesso principal, e o bloco de internação que atenderá os “inpatient”, ou pacientes internos que requerem um cuidado e higiene especial está mais afastado do acesso, com uma única circulação de interligação.

A setorização dos ambientes atende às características de cada ambiente, sendo que os ambientes com exigências e características similares poderão estar localizados um ao lado do outro. E ambientes com exigências opostas poderão ser localizados em lugares também opostos. No Hospital Sarah Rio de Janeiro os ambientes especiais com ventilação artificial permanente encontram-se todos agrupados no bloco de Serviços Gerais. No entanto, no caso do Hospital Sarah Fortaleza, onde a variável vento é considerável, os ambientes encontram-se posicionados em lugares que não interferem com a ventilação, pela dinâmica dos ventos.

Observa-se, na organização dos hospitais de Lelé, que os ambientes que requerem uma assepsia maior são contíguos uns dos outros. E os ambientes com menos restrições técnicas (como

Figura 80 – Corte do Hospital. Fonte – Acervo CTRS

temperatura, umidade, pressão), são adjacentes a jardins e espaços abertos. Essa situação fica evidente, ao observar a figura 68, onde se diferenciam pelas cores setores ventilados natural e artificialmente. Observa-se que os ambientes que requerem, quase que obrigatoriamente, sistemas artificiais de ventilação se encontram agrupados. Caso da área de radiologia, cpd, arquivo médico e centro cirúrgico.

3.5.4- Sistema de ventilação do Hospital

O clima de Rio de Janeiro, excessivamente quente e úmido, induziu a uma solução arquitetônica diferente da dos demais hospitais da Rede Sarah e, conseqüentemente, sistemas de ventilação mais sofisticados. Nesse hospital Lelé propõe um sistema de ventilação flexível, ou seja, com três alternativas de ventilação (Figura 80 e 81).

Embora o emprego do ar-condicionado tenha sido generalizado para todo o hospital, os ambientes também são dotados de sistema de iluminação e ventilação naturais. Para isso, foram projetadas grandes coberturas com pés direitos variáveis, superiores a 8 m, constituídas de grandes *sheds*, cuja disposição é totalmente desvinculada da organização das divisões dos espaços internos. O controle de ventilação e iluminação naturais de cada ambiente se faz através de esquadrias localizadas em seus respectivos tetos, e é independente do sistema de iluminação e ventilação permanente, criado pelos *sheds* da cobertura. Além disso, as unidades do tipo fan-coil do sistema de ar-condicionado captam o ar do piso técnico, também dotado de ampla ventilação natural, e o insuflam nos ambientes através dos próprios dutos do ar condicionado. Nos períodos quentes, os basculantes do teto são fechados, e as unidades fan-coil, abastecidas pelo sistema de água gelada, passam a gerar ar refrigerado, que é insuflado em cada unidade. O retorno do ar às unidades “fan-coil” é feita através de dutos, também localizados no piso técnico. (Figura 81).

Lele afirma que existem cidades com climas rigorosos, caso do Rio de Janeiro, onde o ar condicionado é indispensável. Mas devem ser pensadas soluções alternativas, para que, quando possível, em épocas menos quentes, o problema do Conforto Ambiental possa ser resolvido por meio da ventilação Natural. Ele afirma que os sistemas de ar condicionado são muito caros, além de trazer consigo problemas respiratórios.

O sistema de ar condicionado, além dele ser muito caro, consome uma energia brutal. Um sistema de ar condicionado consome 30% ou 40% da energia do prédio, dependendo do prédio. O custo de implantação é cerca

de 25% do valor da obra. Então, claro, você não pode restringir o uso do ar condicionado e não propor outro sistema mais favorável. Em cidades muito quentes, como Cuiabá ou Rio de Janeiro, você não pode abrir mão do ar condicionado porque senão você não conseguiu o conforto necessário para o trabalho ou para você viver. Mas de qualquer maneira, existem períodos em que a temperatura não é de 40 graus. No Rio de Janeiro a temperatura fica a uns 40 graus, só 10% do ano. As vezes, no dia esta quente mas a noite está frio. São Paulo a mesma coisa. Então se você tem um sistema que permite a transformação rápida, de ar condicionado para ventilação natural, acessível e de fácil manuseio, então eu acho que isso torna o sistema mais econômico também. Mais econômico e mais agradável, sendo que você pode também ter a ventilação natural.

A diferença daqueles prédios, o que tem feito os arquitetos? Ah não!! aqui é muito quente, então ar condicionado. Tampa janela, fecha tudo... Como não tem ventilação então tem que ser o ar condicionado. Você se esquece que uma boa parte do ano, principalmente no Brasil, você tem períodos de frio. Agora, Você liga o ar condicionado e está um frio danado lá fora. Então, não me parece seja uma solução inteligente, nem lógica, você usar o ar condicionado como uma solução definitiva para resolver os problemas de climatização do edifício. Eu acho, confortável aparentemente, porque você tem fungos, ácaros e porção de problemas de respiração que vêm do uso do ar condicionado. (LIMA, 2005)

Figura 81 - Sistema de Ventilação do Hospital Sarah Rio de Janeiro
Fonte – Acervo do CTRS

A ventilação e o conforto térmico dos ambientes são proporcionados pela seleção de três alternativas distintas:

- ventilação natural exclusivamente pelos basculantes do teto ou pelas grandes aberturas dos tetos em arco, previstos no salão central de convivência, na fisioterapia e na hidroterapia.
- ventilação natural forçada, através de dutos visitáveis, que insuflam nos ambientes o ar captado por unidades fan-coil no piso técnico. A extração do ar é feita através dos basculantes do teto, parcialmente abertos.
- ar refrigerado insuflado através dos mesmos dutos da alternativa anterior, impulsionado pelas unidades fan-coil, que passam a receber circulação de água gelada produzida na central frigorígena localizada no pátio de serviço. Nesse caso, os basculantes do teto e as aberturas dos tetos em arco do salão central da internação, da fisioterapia e da hidroterapia serão fechados através de sistema motorizado acionado por interruptores ou controle remoto.

George Raulino, ao se referir ao sistema de climatização do Hospital Sarah Rio de Janeiro, afirma que “mais uma vez Lele criou soluções inéditas e revolucionárias que nos estimulam e nos obrigam igualmente a criar” (RAULINO, 2004). No centro cirúrgico, nas salas de equipamentos do setor de imagem e em alguns ambientes especiais, os basculantes de polycarbonato serão substituídos por forros metálicos e sua iluminação será sempre artificial. No auditório circular também foi prevista a alternativa de iluminação e ventilação naturais através da abertura de semi-esfera com 13m de diâmetro, localizada no topo da cobertura. O ar externo penetra no piso técnico em toda a fachada ao longo da qual se desenvolve um jardim de água que recebe as águas pluviais de todo o lote, lançando-as diretamente na lagoa de Jacarepaguá.

Figura 82 – Cobertura em formato de Sheds. Vista da maquete do Hospital Sarah Rio de Janeiro
Fonte – Acervo CTRS.

3.5.4.1- Sistemas flexíveis

Os “sistemas flexíveis de fechamento” possibilitam o uso da ventilação natural, mecânica ou artificial, dependendo da necessidade (estado do tempo), sem limitar a utilização da iluminação natural. Em dias quentes, embora os ambientes tenham que ser fechados hermeticamente para ventilação artificial, a iluminação natural não é barrada. Da mesma forma, nas épocas em que as temperaturas são mais agradáveis os fechamentos são abertos, para promover a ventilação natural, mantendo de igual modo a entrada da luz natural. Entende-se, então, por “sistemas flexíveis” os sistemas que permitem várias alternativas de ventilação.

Lelé afirma que “se você tem um sistema que permite a transformação rápida, de ar condicionado para ventilação natural, acessível e de fácil manuseio, eu acho que isso torna o sistema mais econômico também. Mais econômico e mais agradável, sendo que você pode também ter a ventilação natural” (LIMA, 2005).

Figura 83 a - corte do sistema do forro basculante

Figura 83 b - Vista do sistema de painéis (automatizados) basculantes. Forro do corredor lateral do Hospital Escola de São Carlos.⁷⁵

Figura 83 c - Vista do sistema de painéis basculantes já instalados no Hospital Escola de São Carlos. Forro sobre o ambulatório.

⁷⁵ Na visita realizada ao hospital Sarah Rio de Janeiro, esse sistema ainda não tinha sido instalado. Para ilustrar sua eficiência (através de fotografias e medições dos níveis de lux), no seu lugar, visitou-se o hospital Escola de São Carlos já que nele tinham sido instalado o mesmo sistema do novo Sarah Rio de Janeiro.

3.5.4.1.1- Forro de painéis basculantes de policarbonato

O forro é constituído de painéis de policarbonato alveolar transparente. Os painéis (brises) localizadas nos extremos são fixos e os internos são basculantes. O número de peças basculantes depende do vão. No hospital de Rio de Janeiro os vão são de 2,50m, 3,125m, 3,75m e 5m. O forro é movimentado por motores elétricos (Figura 83 a e 83 b) e seu acionamento é através de um interruptor individual para cada vão.

3.5.4.1.2- Forro em arco móvel

As coberturas em arco móveis têm a mesma intenção dos forros de painéis basculantes. Ambos favorecem a iluminação natural e possibilitam um sistema de ventilação flexível; quando está

Figura 84 a - Corte mostrando o jardim interno com a cobertura em arco móvel (automatizado). Fechamento utilizado também para a área de fisioterapia.

Figura 84 b - Vista da rampa desde o segundo nível, sob a cobertura em arco móvel.

Figura 84 c - Vista dos arcos móveis sob a cobertura.

muito quente são fechados e quando a temperatura está agradável, são abertos. No entanto, as coberturas em arco móveis possibilitam pés direitos maiores, ideais nas áreas de fisioterapia e convívio. Em função dos vãos da estrutura (2,50m, 3,125m, 3,75m) existem três tamanhos de coberturas em arco. As coberturas estão compostas por 4 painéis com esquadrias e placas de policarbonato alveolar translúcido. Os 2 painéis dos extremos são fixos e os do centro do arco se recolhem sob os fixos. Para facilitar o seu manuseio, o sistema de abertura é automatizado. As tubulações de ar condicionado correm por cima do vigamento principal da cobertura.

3.5.5- Sistema construtivo

A estrutura do piso técnico é constituída de vigamento metálico, vencendo vãos de 2,50m, 3,125m, 3,75m ou 5m e apoiado em pilares também metálicos, que recebem, por sua vez, as cargas das lajes, pré-fabricadas com argamassa armada, com 0,625m de largura e comprimentos variáveis de 2,50m, 3,125m ou 3,75m. Essas lajes possuem armação de incorporação ao contra-piso armado executado após sua montagem. Todos os espaços do hospital são totalmente flexíveis. Os pilares que suportam as vigas dos tetos são fixados sobre o piso acabado em porcelanato. As instalações correm em geral no piso técnico. Os circuitos elétricos destinados à iluminação se distribuem em canaletas visitáveis nas vigas dos tetos. As divisórias em argamassa armada são duplas, ou seja, estão constituídas de duas peças isoladas entre si com calços de borracha, de modo a se obter melhor isolamento termo-acústico entre dois ambientes contíguos.

Figura 85 – Sistema Construtivo do Hospital Sarah Rio de Janeiro - Desenho de Lelé.
Fonte – Acervo do CTRS

3.5.6- Ambientes do hospital

O Hospital é constituído de quatro edifícios interligados, destinados a: Serviços técnicos; Internação; Serviços gerais; Centro de estudos, residência e auditório. O terreno, parcialmente alagado, foi aterrado para atingir uma cota de segurança de +1,80 m acima do nível atual da lagoa de Jacarepaguá. Nessa cota está situado o piso técnico que ocupa a projeção dos Serviços técnicos, Internação e Serviços gerais.

Como precaução adicional contra eventuais enchentes, foi criado um lago artificial ao longo da faixa central do terreno que recebe todas as águas pluviais do lote e as descarrega diretamente no arroio Pavuna junto à sua foz na lagoa de Jacarepaguá.

O centro de estudos, residência e pavimento inferior do auditório também estão situados na cota +1,80 m. Os demais setores dos blocos estão na cota +5,20 m. Os apartamentos do bloco de internação estão localizados em dois níveis superpostos: o inferior na cota +5,20 e o superior na cota +8,40m.

Figura 86 – Ambientes do Hospital.

3.5.6.1- Fisioterapia e Centro de convivência

Os apartamentos da internação se desenvolvem em dois níveis, e suas respectivas circulações

Figura 87 – Relação de área verde e área construída.

Figura 88 – Ambientes com Ventilação Artificial, Áreas de transição e Áreas Verdes.

se integram em um espaço central de convivência com pé direito duplo (Figura 89). O teto em arco é guarnecido por caixilhos de policarbonato que se abrem através de sistema motorizado de correr, permitindo a ventilação natural de todo o ambiente. Os tetos dos salões da fisioterapia e hidroterapia também são constituídos de coberturas em arco, com vãos variáveis e sistema de ventilação e iluminação semelhantes ao do espaço de convivência.

O corredor-varanda da área de internação, adjacente à área de convivência, estabelece um contato direto entre os dois níveis, valorizando a integração ora visual, ora direta entre pacientes, equipe médica e demais usuários do hospital. Os pacientes internos podem sair para o corredor e observar todas as atividades que acontecem na área de convivência, que, muito embora sendo um ambiente interno do hospital, possui farta iluminação natural, o que dá maior vivacidade e boas energias a esse ambiente. Sua cobertura em arco, em policarbonato translúcido, tem sistema mecanizado de controle de abertura interessante, principalmente, por possibilitar a entrada de luz natural, mesmo quando a cobertura está fechada, em períodos quentes, para ativação do sistema de ar condicionado.

Figura 89 – Centro de convivência e Jardim Interno do Hospital Sarah Rio de Janeiro. Desenho do Lelé.
Fonte – Acervo do CTRS

3.5.6.2 – Jardins

O jardins do hospital além de integrar os 4 blocos do hospital tornam os espaços adjacentes mais agradáveis e amenizam o calor produto da forte insolação característica de Rio de Janeiro. (Figura 87). Entre o bloco de internação e o de Serviços existe uma área verde com equipamentos especiais ao ar livre para realizar as atividades de fisioterapia⁷⁶.

3.5.6.3 – Solários

A estrutura dos solários é independente e constituída de duas plataformas metálicas, uma em cada nível dos dois pavimentos da internação. Essas plataformas são engastadas respectivamente em cada um dos lados de um pilar em treliça metálica, rotulado ao nível do solo. O sistema estrutural é completado por quatro tirantes ancorados no solo e no topo do mastro, que constituem também os apoios laterais das plataformas.

3.5.6.4- Auditório

O auditório foi tratado como um volume independente de base circular com 36m de diâmetro guarnecido em seu topo por uma semi-esfera com 13m de diâmetro. Sua forma geométrica é bem definida facilitando sua produção industrializada, embora sua implantação, como melhor convinha à solução do espaço interno, ocorra segundo um plano inclinado em relação ao eixo da geratriz da superfície⁷⁷.

A estrutura do auditório é constituída de vigamento metálico radial engastado no anel metálico superior e em anel de concreto armado inferior ao longo do perímetro do prédio. O anel superior é coberto por uma semi-esfera constituída de gomos móveis de aço inoxidável que permite a abertura total do vão circular. É constituída de setores meridianos que se superpõem ao girar mecanicamente em torno de dois eixos situados nos respectivos pólos (conferir esse sistema).

O anel inferior, de concreto armado, configura uma galeria circular por onde correm as tubulações de ar-condicionado e a fiação elétrica. Nele estão também as máquinas condensadoras, de forma que essa galeria funciona como uma galeria técnica de manutenção. Dessas galerias saem as tubulações de ar condicionado que passam no entre-forro do auditório. Na figura 91, observam-se os furos das estruturas metálicas da cobertura por onde passará a tubulação de ar-condicionado.

⁷⁶ A fisioterapia foi trazida para esse setor junto ao jardim. Alteração que aconteceu durante a construção do hospital.

⁷⁷ Informações encontradas nos memoriais de Projeto no arquivo do CTRS.

Figura 90 a – Vista do piso técnico. O nível do hospital está 80 cm sobre o nível de acesso.

Figura 90 b – Vista do futuro jardim descoberto

Figura 90 c – Vista da passagem para manutenção da caixilharia. Do lado o painel de lamelas: Esse painel permite a passagem do ar através do hospital.

Figura 90 d – Vista da passagem que liga o bloco de Serviços Técnicos com o de Serviços Gerais.

Figura 90 e – Vista das passagens para manutenção dos dutos de ar- condicionado (ainda não instalados) e do forro de painéis de policarbonato basculantes. As vigas servem de corredores de passagem.

Figura 90 f – Vista da rampa de acesso ao segundo nível.

A Cobertura do anel superior está constituída por peças de metal com abertura mecanizada (Figura 80 e 90). Peças em formato de pétalas, com abertura automatizada, para ventilação e iluminação natural.

Figura 91 a – Estrutura do auditório do Hospital Sarah Rio de Janeiro
Fonte – Acervo do CTRS

Figura 91 b – Sistema de abertura do Auditório. Fonte – Acervo do CTRS

Figura 91 c – Maquete da cúpula do auditório.

Figura 91 d – Vista da montagem do Auditório (14 de Março de 2006).

Planta implantação
esc. 1:1.250

LEGENDA:

- 1- PORTARIA
- 2- ACESSO HOSPITAL
- 3- PÁTIO DE SERVIÇOS
- 4- ESTACIONAMENTO
- 5- JARDIM
- 6- ESPELHO D'ÁGUA
- 7- HELIPONTO
- 8- SOLÁRIO
- 9- AUDITÓRIO
- 10- PRÉDIO PRINCIPAL - (AMBULATÓRIO)
- 11- PRÉDIO PRINCIPAL - (INTERNAÇÃO)
- 12- BLOCO DE SERVIÇOS

Planta pavimento térreo

esc. 1:1.250

Planta piso técnico
esc. 1:1.250

Planta Auditório e Apartamentos

esc. 1:1.250

LEGENDA:

- 1- ENTRADA AUDITÓRIO
- 2- AUDITÓRIO
- 3- FOYER AUDITÓRIO
- 4- RESIDÊNCIA MÉDICA
- 5- BIBLIOTECA
- 6- SALAS DE AULA
- 7- SANITÁRIOS
- 8- APARTAMENTOS

UMA INSTITUIÇÃO, UMA ARQUITETURA = UMA POSSIBILIDADE...

Hospital Sarah Kubitschek - Rio de Janeiro

Cortes e fachadas
esc. 1:1.250

Elevação Norte

Elevação Sul

Elevação Leste

Elevação Oeste

Corte AA

Corte CC

Corte BB

Corte DD

Corte EE

Corte HH

Corte JJ

4- Considerações Finais:

A *ventilação natural* refresca a estrutura do edifício, permite a saída do calor interno, odores e ar viciado, proporcionando ambientes saudáveis, com conforto térmico natural e baixo consumo de energia.

Para evitar o hermetismo dos ambientes e os problemas decorrentes da manutenção dos sistemas artificiais de climatização, Lelé propõe os *hospitais abertos*. A ventilação natural em hospitais “é principalmente por questões de *asepsia*” (LIMA, 2006). Mais do que para a economia de energia ou o conforto ambiental, a ventilação natural é fundamental para evitar a infecção hospitalar. O hospital aberto faz com que o “reforço das bactérias seja sempre destruído” (LIMA, 2003), e o arquiteto tem proposto a ventilação vertical ao contrário da ventilação cruzada, evitando que os vírus se disseminem por todos os ambientes do hospital.

A *ventilação vertical* consiste no insuflamento do ar pela parte inferior das paredes, pelas galerias de ventilação (ou piso técnico) e sua retirada pela parte superior, pelos *sheds*. Edifícios horizontais com ventilação vertical têm sido a diretriz de todos os hospitais da Rede Sarah, que, portanto, têm as melhores *soluções arquitetônicas* que priorizam a ventilação e a iluminação naturais.

O sistema de ar-condicionado consome muita energia e é muito caro - segundo Lelé (2003), representa 30% do custo total da obra, além da manutenção -, e, dependendo do prédio, seu consumo de energia pode chegar de 30% a 40% do total. No Hospital Sarah Salvador, a média mensal do consumo energético é de R\$ 90,000.00; se o prédio fosse totalmente climatizado, esse valor seria de cerca de R\$ 600,000.00. Um gasto aproximadamente 6 vezes maior (LIMA, 2006). “Generalizar o ar condicionado gera uma despesa constante e cria um problema pior para o hospital, já que ambientes herméticos são a condição ideal para a proliferação de bactérias patogênicas, que se reforçam na medida em que começam a conviver com antibióticos” (LIMA, 2003).

Para Lelé, o clima é uma variável importante no processo projetual. Suas soluções arquitetônicas estão determinadas por vários aspectos relativos ao processo construtivo, conforto térmico, economia de material, humanização dos ambientes (aspectos psicológicos), economia de energia, dentre as quais prioriza-se os aspectos relativos à ventilação e à iluminação natural. Por exemplo, as galerias têm três funções - servem de fundações, manutenção e para a ventilação dos ambientes - e, assim, é impossível estudar as soluções arquitetônicas só do ponto de vista da ventilação e da iluminação naturais.

A flexibilidade e extensibilidade da construção são diretrizes de projeto dos hospitais da Rede Sarah que permitem alterações de *layout* e expansões futuras. No novo Hospital Sarah Rio de Janeiro, a flexibilidade atinge seu maior grau, graças aos *sistemas de fechamento flexíveis* (forro de painéis de polycarbonato e arcos retráteis) e principalmente pelo *piso técnico*. Esse hospital pode ser ventilado natural, mecânica ou artificialmente.

Em termos de flexibilidade, o piso técnico facilita as alterações de *layouts*, pois nada obstrui o remanejamento das instalações que correm sob o piso (tubulações de água, gás, águas servidas, entre outras). Em termos de ventilação, as galerias permitem canalizar o ar criando o diferencial de pressão necessário para favorecer a ventilação vertical (entrada pelas galerias e saída pelos *sheds*). No último hospital projetado por Lelé, o Hospital Escola de São Carlos, encontram-se as duas soluções - galerias de ventilação e piso técnico.

As *galerias de ventilação* facilitam a manutenção e a visita das tubulações e dos demais sistemas que correm sob o piso, servem de fundação e também são utilizadas na ventilação forçada dos ambientes. É uma solução proposta principalmente para as cidades do nordeste brasileiro.

No projeto hospitalar, a *setorização* e organização dos ambientes são importantes para a ventilação e a iluminação naturais. Como critério de projeto, sugere-se a organização do programa em *ambientes flexíveis* e *ambientes especiais*. Os ambientes especiais exigem níveis estáveis de temperatura (em torno dos 25° C), umidade relativa (entre 40% e 60%) e gradientes de pressão, controlados para se garantirem a assepsia e o bom funcionamento dos equipamentos. Por exemplo, centro cirúrgico, salas de isolamento e CPD's, entre outros. No entanto, nos ambientes flexíveis a ventilação atende principalmente ao conforto térmico, e controlam-se menos a temperatura, a pressão e a umidade relativa.

Para evitar o choque térmico em edifícios climatizados artificialmente, sugere-se a ventilação natural nas *áreas de transição* entre interior-exterior. Utilizar jardins internos e espelhos d'água possibilitam a integração dos ambientes internos e externos. As áreas verdes são ideais para propiciar um conforto ambiental mais ameno, pois atenuam a radiação solar, ao contrário do concreto e o asfalto, entre outros materiais. Os espaços abertos e permeáveis possibilitam o contato visual e físico com o exterior, criando ambientes mais humanos e estimulando o psicológico dos usuários. Na metodologia de tratamento da Rede Sarah, a integração dos ambientes internos com jardins externos é fundamental para os exercícios de reabilitação.

Assim como a ventilação natural, a iluminação natural reduz o consumo de energia com ar-condicionado e luz elétrica. Para se conseguirem iluminação e ventilação naturais eficientes, ambos os aspectos devem ser previstos em conjunto e desde a concepção do edifício. O *design* ou a forma do edifício deve resultar das soluções que melhor atendam ao clima local, e não apenas de questões formais.

O *clima* foi determinante nas escolhas de projeto dos Hospitais Sarah Fortaleza e Sarah Rio de Janeiro. Em Fortaleza, o clima agradável (média de 26 graus) no ano todo e os ventos na média dos 6 m/s possibilitaram a ventilação natural como principal estratégia para se garantir o conforto ambiental no edifício. A orientação do edifício e a localização do bloco vertical de enfermarias atenderam à direção dos ventos dominantes, assim como também os sistemas de ventilação (*sheds*, galerias de ventilação) e a localização dos ambientes flexíveis.

Diferentemente de Fortaleza, o clima extremamente quente na maior parte do ano no Rio de Janeiro impôs a necessidade do ar-condicionado para se garantir o conforto nos ambientes. Como entre maio e agosto as temperaturas são menos rigorosas (na média dos 26 graus), Lelé, ciente do elevado consumo de energia do ar-condicionado, propôs sistemas flexíveis de fechamento, que permitem a ventilação natural quando a temperatura é menos crítica, poupando-se energia elétrica e viabilizando-se o hospital aberto.

As medições de *iluminação naturais* realizadas nos hospitais confirmam a literatura: “A iluminação zenital através de *sheds* proporciona uma iluminação mais intensa e uniforme” (ROBBINS, 1986). Às 13h do dia 23 de agosto de 2004, na sala de fisioterapia do Sarah Fortaleza, registraram-se médias de 410 lux, quando a luminância externa era de 120, 000 lux.

Embora se possam controlar variáveis como a temperatura, a umidade e os níveis de luminância, Lelé acha que o conforto ambiental é “subjetivo”, pois há fatores não mensuráveis que provocam emoções e induzem o estado de ânimo dos usuários como as cores, a presença de jardins e o decorrente contato com o exterior, o pé direito e a espacialidade dos ambientes

Os *sheds* servem para ventilar e iluminar naturalmente, mas em ocasiões, seu formato permite que funcionem como dutos de ar-condicionado, como no caso do Centro de Reabilitação Infantil de Rio de Janeiro. Sua forma é fundamental para a eficiência da ventilação natural - quanto maior é seu pé-direito, melhor é o efeito chaminé; quanto mais suave e aerodinâmica é sua curvatura, melhor é o efeito de sucção provocado pela passagem do vento tangencial à abertura. Sua posi-

ção sempre deve ser favorecendo o efeito de sucção.

O estudo da evolução dos sheds revela a constante preocupação do Lelé com seu aprimoramento. Na maioria dos hospitais da Rede Sarah, os sheds estão a sotavento, melhor posição para garantir sua eficiência. O ganho de calor por reflexão no formato do shed de Salvador motivaram uma alteração significativa, que deu origem ao shed de Fortaleza. Nessa pesquisa, Lelé percebe que a forma resultante da combinação de ambas seria a mais eficiente e, assim, surgem as propostas utilizadas principalmente nos Tribunais de Conta da União (TCU) e no Tribunal Regional Eleitoral (figura 60a) e que têm seu desdobramento final no Sarah Rio de Janeiro, com a cobertura única em formato de shed (figura 92).

Por ser um fator variável, o vento deve ser bem estudado antes de se propor qualquer solução arquitetônica. Existem cartas climáticas das cidades contendo informações sobre os ventos - direção, frequência e velocidade. A forma dos componentes do edifício, tais como janelas, sheds, muros e aberturas deverão favorecer e direcionar os ventos promovendo assim o conforto dos usuários. É a forma quem determinará o diferencial de pressão necessário para garantir o efeito de sucção. Quando o shed é mais aerodinâmica, o ar que faceia à superfície incrementa o efeito de sucção, decorrente da passagem do vento. Quando a curvatura do shed é mais suave e se torna plana, próximo à saída do ar, o efeito de sucção é mais intenso.

Dentre as obras do Lelé chama-se a atenção pela Rede de hospitais Sarah. Nesses hospitais encontram-se os melhores exemplos para despertar consciência e sensibilidade nos arquitetos, assim como nos demais entes que participam da construção civil. Considera-se que as soluções de ventilação e iluminação naturais e seu conseqüente nível de desenvolvimento técnico é o nível a que a arquitetura brasileira deve aspirar. Nesse sentido, devido às soluções flexíveis de ventilação (natural, mecânica e artificial) e à nova proposta de iluminação natural (forros de painéis basculantes), considera-se o Hospital Sarah Rio de Janeiro a principal referência é exemplo de uma constante evolução na Obra do Arquiteto.

Figura 92 – Evolução dos sheds dos Hospitais Sarah (Brasília, Salvador, Fortaleza, Lago Norte (Br) e Rio de Janeiro).

Figura 93– Evolução dos sistemas de ventilação propostos por Lelé (Natural, mecânico e artificial).

5- Referências

- ANSYS-CFX SOFTWARE (2006). Disponível em<www.ansys.com/products/cfx-post.asp>. Acesso em: setembro, 2005.
- ALEXANDER, D.K.; JENKINS, H.G.; JONES, P.J. (1996). ***A comparison of wind tunnel and CFD methods applied to natural ventilation design***. Welsh School of Architecture Bute Building, Cardiff, CF1 3AP, U.K. Disponível em:< <http://www.infohab.org.br/>>. Acesso em: 21 July 2006.
- ANDER, G. (1995). **Daylighting performance and design**. New York: Van Nostrand Reinhold.
- ALLARD, F. (1998). **Natural ventilation in buildings: a design handbook**. London: James & James.
- ALVES, A.A.A. (1999). Hospital do aparelho locomotor de Fortaleza, CE. Disponível em:<<http://abav.free.fr/ponto/5/sarah.html>>. Acesso em: agosto, 2005.
- ARAMAKI, W. (1980). **Iluminação natural e projeto**. São Paulo: FAU-USP.
- ARONIN, J.E. (1953). **Climate and architecture**. New York: Reinhold.
- ARQUISOLAR ARQUITETURA BIOAMBIENTAL Y SOLAR (2006). Disponível em:<www.arquisolar.com.ar>. Acesso em: março, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1982). **NBR 5413**: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1982). **NBR 5481**: Iluminação – terminologia. Rio de Janeiro.
- BARDOU, P. (1984). **Sol y arquitectura**. Barcelona: Gustavo Gili.
- BARNABÉ, P. (2000). **Considerações sobre a luz natural na arquitetura**. São Paulo: [s.n.].
- BITTENCOURT, L.S. (1993). **Ventilation as a cooling resource for warm humid climates: an**

investigation on perforated block wall geometry to improve ventilation inside low-rise building. Thesis (PhD) – London, AAGS, 1993.

BITTENCOURT, L.S. (2004). **Introdução à ventilação natural nas edificações**: texto didático para o curso de especialização em engenharia de segurança do trabalho promovido pelo CES-MAC. Maceió: [s.n.]. Apostila da disciplina Higiene do trabalho/ Ventilação.

BLESSMANN, J. (1978). **Efeitos do vento em edificações**. Porto Alegre: Ed.UFRGS. (Série Engenharia Estrutural, 7).

BOTTI, A.; RUBIN, M. (1991). Centro empresarial: definindo um eixo. **AU**: arquitetura e urbanismo, São Paulo, n.37, p.38-45, ago./set.

BROWN, G.Z. (1985). **Sun, wind, and light: architectural design strategies**. New York: John Wiley.

CAMOUS, R.; WATSON, D. (1986). **El habitat bioclimatico: de la concepción a la construcción**. México: Gustavo Gili.

CARAM DE ASSIS, R.M. (1998). **Caracterização ótica de materiais transparentes e sua relação com o conforto ambiental em edificações**. 165p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, Campinas, 1998.

CARVALHO, B. (1970). **Técnica de orientação dos edifícios**: insolação, iluminação e ventilação. 3.ed. Rio de Janeiro: Livro Técnico.

CARVALHO, L. (1992). **Iluminação natural no projeto dos edifícios**. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

CAUDILL, W.W.; REED, R.H. (1952). **Geometry of classrooms as related to natural lighting and natural ventilation**. Texas: Engineering Experiment Station.

CLARKE, J. (2001). **Energy simulation in building design**. 2nded. Oxford: Butterworth-Heinemann.

COLE, R.J. (1986). Justifying daylight: a question of cost. In: INTERNATIONAL DAYLIGHTING CONFERENCE, 1986, Long Beach. **Proceedings...** California: [S.I.]. p.104-110.

CONFORT térmico y calidad de aire interior: uma opção saudável. (2006). Disponível em:< www.construir.com/Econsult/Construr/Nro57/document/confort.htm>. Acesso em: agosto, 2005.

CORBELLA, O., YANN, S. (2003). **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental**. Rio de Janeiro: Revan.

COSTI, M.A. (2002). **Influência da luz e da cor em corredores e salas de espera hospitalares**. Porto Alegre: EDIPUCRS.

CROISSET, M. (1972). **L'Higrothermique dans le bâtiment: confort thermique d'hiver et d'été condensations**. Paris: Eyrolles.

DANS, E. (1967). **Sun protection**. Stuttgart: Verlag Gerd Hatje.

DUPRÉ, N. (2004). **Solução às avessas**. Mais Arquitetura, São Paulo, ano 5, n. . , p. . , mês.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO ÁEREO. REDEMET a rede de meteorologia do comando da aeronáutica (2006). Disponível em:<www.redemet.aer.mil.br/>. Acesso em: março, 2006.

ECO, H. (1991). **Como se faz uma tese**. Tradução de Gilson César Cardoso de Souza. São Paulo: Perspectiva.

EGAN, M.D. (1993). **Concepts in architectural lighting**. New York: McGraw Hill.

ENERGY EFFICIENCY AND RENEWABLE ENERGY. U.S. Department of Energy (2006). Disponível em:< www.eere.energy.gov/buildings/tools_directory >. Acesso em: setembro, 2005.

ENVIRONMENTAL DESIGN SOLUTIONS LIMITED (2006). Disponível em<www.ourworld.com-puserve.com/homepages/edsl>. Acesso em: setembro, 2005.

EVANS, B. (1981). **Daylight in architecture**. New York: McGraw Hill Book.

EVANS, M.; SCHILLER, S. (1994). **Diseño bioclimático y arquitetura solar**. Buenos Aires: FADU-UBA.

FONSECA, I. et al. (2005). Influências da iluminação no estado fisiológico e psicológico do usuário. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUIDO, 8., 2005, Maceió. **Anais...** Maceió: ANTAC/UFAL. p

FONTOYNONT, M. (Ed.). (1999). **Daylight performance of building**. London: James & James (Science Publisher) for the European Commission, Directorate General XII for Science, Research and Development.

FROTA, A.B. (2004). **Geometria da insolação**. São Paulo: Geros. v.1.

FROTA, A.B.; SCHIFFER, S.R. (2003). **Manual de conforto térmico**. São Paulo: Studio Nobel.

GIVONE, B. (1994). **Passive and low energy cooling of buildings**. New York: John Wiley & Sons, Inc.

GONÇALVES, H. (1955). **O sol nos edifícios**. Rio de Janeiro: Comercial F. Lemos.

GOULART, S.V.G.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. (1997). **Dados climáticos de 14 cidades brasileiras para projeto e avaliação de sistemas de ar condicionado**. Florianópolis: Núcleo de Pesquisas em Construção da UFSC.

GUIMARÃES, A.G. (2003). **João Filgueiras Lima: o último dos modernistas**. 196p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

GUZOWSKI, M. (2000). **Daylighting for sustainable design**. New York: McGraw-Hill.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. (1994). **Fundamentos de física**. Rio de Janeiro: LTC. v.2.

HARKNESS, E.L. (1978). **Solar radiation control in buildings**. Essex: Applied Science.

HOPKINSON, R. (1970). **Lighting: architectural physics**. London: Macdonald T.& S.

HOPKINSON, R.G.; PETHERBRIDGE, P.; LONGMORE, J. (1975). **Iluminação natural**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

HOSPITAIS anos 90: entre a arte e a técnica. Finestra Brasil, São Paulo. Disponível em:<www.arcoweb.com.br/arquitetura/arquitetura47.asp>. Acesso em: agosto, 2005.

JOÃO Filgueiras Lima, arquiteto: pensamento e obra. (1980). **Módulo**, Rio de Janeiro, n.57, p.78-93, fev.

JOÃO Filgueira Lima – o mestre da surpresa. (1999). **AU: arquitetura e urbanismo**, São Paulo, ano 15, n.82, p.27-30, fev./mar.

KOENIGSBERGER, O.H. et al. (1977). **Viviendas y edificios en zonas calidas y tropicales**. Madrid: Paraninfo.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES (2006). Disponível em:<www.labee.ufsc.br>. Acesso em: julho, 2005.

LAM, W. (1986). **Sunlighting as formgiver for architecture**. New York: Van Nostrand Reinhold.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; RUTTKAY P. (1997). **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW.

LATORRACA, G. (1999). **João Filgueiras Lima, Lelé**. Lisboa: Blau; São Paulo: Instituto Lina Bo e P.M.Bardi.

LECHNER, N. (1991). **Heating, cooling and lighting: design methods for architects**. New York: John Wiley.

LELÉ e Sarah. (1997). **AU: arquitetura e urbanismo**, São Paulo, n.74, p.18, out./nov.

LELÉ no Rio. Finestra Brasil, São Paulo. Disponível em:< www.guiadebrasil.com.br/esquinas/

galeria_bsb/arquitetura/i-lele/obrasi.html>. Acesso em: julho, 2004.

LIMA, J.F. (1977a). Planejamento hospitalar. **Módulo**, Rio de Janeiro, n.45, p.42–47, mar./abr.

LIMA, J.F. (1977b). Hospital distrital de taguatinga. **Módulo**, Rio de Janeiro, n.45, p.48-55, mar./abr.

LIMA, J.F. (1987). Espaço e construção racionalizados em hospital. **Projeto**, São Paulo, n.104, p.138-139, out.

LIMA, J.F. (1995a). Tecnologia com sentido social. **Projeto**, São Paulo, n.187, p.61–77, jul.

LIMA, J.F. (1995b). Muito além da máquina de curar. **Projeto**, São Paulo, n.187, p.78, jul.

LIMA, J.F. (1998). Ospedale a Salvador. **Abitare**, Milano, n.374, p.173-181, giugno.

LIMA, J.F. (2001). Argamassa solidária: instalações de apoio a hospital provam que elementos pré-moldados combinam com uma arquitetura rica e criativa. **AU: arquitetura e urbanismo**, São Paulo, ano16, n.95, p.66-71, abr./maio.

LIMA, J.F. (2003a). João Filgueira Lima: entrevista. [jun. 2003]. Entrevistador: Éride Moura. **PROJETO**, São Paulo, n.280, p.4-6, jun.

LIMA, J.F. (2003b). **João Filgueira Lima**: transcrição palestra. [jul. 2003]. in: Curso Arquitetura, Estrutura e Construção realizado nos dias 30 de Julho, 1 e 2 de Agosto de 2003 no anfiteatro Jorge Caron da Escola de Engenharia de São Carlos, EESC USP.

LIMA, J.F. (2005). **João Filgueiras Lima**: entrevista [jul. 2005]. Entrevistador: Perén, Jorge Isaac. Salvador: CTRS.

LIMA, J.F. (2006a). **João Filgueiras Lima**: entrevista [fev. 2006]. Entrevistador: Perén, Jorge Isaac. Salvador: CTRS.

LIMA, J.F. (2006b). **João Filgueiras Lima**: entrevista [ago. 2006]. Entrevistador: Perén, Jorge Isaac. São Paulo: FAU-USP.

LIMA, J.F. (2006c). Hospital da rede Sarah Kubitschek, Salvador (BA). Disponível em:<www.fec.unicamp.br/~paiatto/sarah.htm>. Acesso em: agosto, 2006.

LIMA, T. (2003). **Uso da simulação computacional em projetos de iluminação interna**. Salvador: UFBA.

Manual de arquitetura solar para climas cálidos.

Geohábitat. 198 páginas, 15x21cm.

MAGALHÃES, M.A. (1995). **O projeto de iluminação natural**: estudo comparativo de métodos de medição e de simulação. São Paulo: FAU/USP.

McCARTHY, B. (1999). **Wind towers**. London: Academy.

MASCARO, J.L. (1980). **Consumo de energia e construção de edifícios**. São Paulo: SECO-VI.

MASCARO, L. (1984). **Iluminação natural nos edifícios**. Porto Alegre: FA.

MASCARO, L. (1991). **Energia na edificação**: estratégia para minimizar seu consumo. 2.ed. São Paulo: Projeto.

MELO, G. (1991). **A utilização dos recursos auxiliares do condicionamento térmico natural na elaboração e avaliação de projetos de habitação em Natal** – RN. 193p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1991.

MINGRONE, A. (1985). **Iluminação**: importância e metodologia de aplicação na arquitetura. 2v. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1985.

MINHO, F. (2006). Fernando Minho: entrevista [jul. 2006]. Entrevistador: Perén, Jorge Isaac. Salvador: .

MINISTÉRIO DA CIÊNCIAS E TECNOLOGIA. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (2006). Disponível em:< www.cptec.inpe.br>. Acesso em: março, 2006.

- MIQUELIM, L.C. (1992). **Anatomia dos edifícios hospitalares**. São Paulo: Cedas.
- MONTEIRO, A. A. (2005). **Ana Amélia Montero**: entrevista [jul. 2005]. Entrevistador: Perén, Jorge Isaac. Salvador: CTRS.
- MOORE, F. (1991). **Concepts and practice of architectural daylighting**. New York: Van Nostrand Reinhold.
- NORMAS climatológicas. (1990). Rio Janeiro, Escritório de Meteorologia.
- OLYAY, V. **Bioclimatic approach to architecture**. Proceedings, housing and building in hot-humid and hot-dry climates. USA: Building Reserch Advisory Board. nov. 1952. (conference).
- OLGYAY, V. (1998). **Arquitectura y clima**: manual de diseño bioclimático. Barcelona: Gustavo Gili.
- PAIVA, C. (2003). Para barrar o sol e o vento. **Finestra**, São Paulo, n.32, jan. Disponível em:<<http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/arquitetura356.asp>>. Acesso em: jul. 2003.
- PAPST, A.L. (1999). **Uso de inércia térmica no clima subtropical: estudo de caso em Florianópolis** - SC. 165p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.
- PECCIN, A. (2002). **Iluminação hospitalar**: estudo de caso - espaços de internação e recuperação. Dissertação. Porto Alegre.
- PEIXOTO, E. (1996). **Lelé**: o arquiteto João da Gama Filgueiras Lima. 427p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.
- PEREIRA, F.O.R. (1993). Luz solar direta: tecnologia para melhoria do ambiente lumínico e economia da energia na edificação. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2., 1993, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ANTAC/ABERED. p.257-267.
- PEREIRA, M.L.; TRIBESS, A. (2004). Estratégias de controle de agentes patogênicos transmitidos pelo ar em ambientes hospitalares. In: CONGRESSO DE AR CONDICIONADO, REFRIGE-

RAÇÃO, AQUECIMENTO E VENTILAÇÃO DO MERCOSUL – MERCOFRIO, 11., 2004, Curitiba. **Anais...** Curitiba: [s.n.]. 1 CD-ROM.

RAULINO, G. (2005). **George Raulinho**: entrevista [ago. 2004]. Entrevistador: Perén, Jorge Isaac. via e-mail.

REDE SARAH HOSPITAIS DE REABILITAÇÃO (2006). Disponível em:<www.sarah.br>. Acesso em: março, 3004.

REED, R.H. (1952). **Design for natural ventilation in hot humid weather**. Texas: Engineering Experiment Station.

REVISTA ARQUITETURA E URBANISMO, São Paulo, n.43, ago./set. 1992, p.41.

RIBEIRO, G. P. (2004). **Conforto Ambiental e Sustentabilidade na Obra de João da Gama Filgueiras Lima (Lelé)**: Os Hospitais da Rede SARAH. Dissertação. São Paulo: Mackenzie.

RIVERO, R. (1971). **Iluminação natural**: cálculo de la componente de cielo Del factor de dia. Montevideo: [s.n.].

RIVERO, R. (1985). **Acondicionamento térmico natural**: arquitetura e clima. Porto Alegre: Ed.da Universidade.

ROBBINS, C.L. (1986). **Daylighting: design and analysis**. New York: Van Nostrand Reinhold.

RORIZ, M. (1987). **Zona de conforto térmico**: um estudo comparativo de diferentes abordagens. 133p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1987.

SÁ, P.A. (1942). **Orientação dos edifícios nas cidades brasileiras**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional.

SARAIVA, J. (1994). Ação do vento e nível de conforto em espaços urbanos. In: ENCONTRO DE PROFESSORES DE CONFORTO AMBIENTAL, 2., 1994, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: UFPa. p.

SCARAZZATO, P.S. (1993). **A luz natural na arquitetura, do projeto ao uso dos edifícios.** São Paulo: FAU/USP.

SCARAZZATO, P.S. (1996). The dynamic of daylight in tropical humid climates and it's influence on indoor environmental. In: seminário internacional tecnologia, arquitetura e urbanismo, 1996, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FAU/USP/NUTAU. p.188-193.

SEGAWA, H. (1995). Tecnologia com sentido social. **Projeto**, São Paulo, n.187, p.60, jul.

SEGAWA, H. (1997). **Arquitetura no Brasil 1900 – 1990.** São Paulo: EDUSP.

SEGAWA, H. (2005). Clave de sol. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., 2001, São Paulo. **Anais...** [S.l.]: ANTACA. 1 CD-ROM.

SERRA, R. (1999). **Arquitetura y clima.** Barcelona: Gustavo Gili.

SIHN, I.M. (2002). **Estudo comparativo entre a fotografia e maquete eletrônica na representação da arquitetura sob iluminação natural, utilizando programas AutoCad e 3D Studio VIZ.** 168p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

SILVA, F.G. (1999). **O vento como ferramenta no desenho do ambiente construído: uma aplicação ao nordeste do Brasil.** 234p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SILVA, K.P. (1999). Hospital, espaço arquitetônico e território. 244p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

SILVA, R.S. (1976). **Iluminação.** Campinas: [s.n.].

SILVA, R.S. (1979). **Conforto, ventilação, insolação.** Campinas: [s.n.].

SISTEMAS naturais de ventilação e iluminação. (2001). Disponível em:< www.arq.ufsc.br/~labcon/arq5661/trabalhos_2001-2/ventilação_Lele/index3.htm>. Acesso em: julho, 2005.

SZOKOLAY, S.V. (1996). Thermal Design of Houses for warm-humid climates. In: Building & Urban Renewal. Proceedings. Louvain-la-Neuve, **Anais... PLEA**, p. 337-342.

TECNOLOGIAS para o século 21. (1998). **Finestra Brasil**, São Paulo, ano 4, n.15, p.54-58, out./dez.

TOLEDO, E. (1999). **Ventilação natural nas habitações**. Maceió: EDUFAL.

VAN STRAATEN, J.F. (1967). **Thermal performance of buildings**. London: Elsevier.

VIANNA, N.; GONÇALVES, J. (2001). **Iluminação e arquitetura**. São Paulo: UNIABC.

WHITE, R.F. (1954). **Effects of landscape development on the natural ventilation of building and their adjacent areas**. Texas: Engineering Experiment Station.

WRIGHT, D. (1941). **Natural solar architecture**. 3th ed. New York: Van Nostrand Reinhold.

YEANG, K. (1999). **Proyectar con la naturaleza**: bases ecológicas para el proyecto arquitectónico. Local: Editora.

OUTROS DOCUMENTOS:

Base de dados do CTRS – Centro de Tecnologias da Rede Sarah em Salvador.

6 - ANEXOS

6.1- Ficha técnica do Hospital e Centro de Reabilitação Sarah Kubitschek Fortaleza

6.2- Ficha técnica do Hospital Sarah Kubitschek Rio de Janeiro

6.3- Fotos de Luis Carlos Alcantara

6.4- Plantas e cortes do Hospital Escola de São Carlos

6.1- Ficha técnica do Hospital e Centro de Reabilitação Sarah Kubitschek Fortaleza**Local:**

Av. Juscelino Kubitschek, N°. 4500, Bairro Passaré, Fortaleza, capital do Estado do Ceará.

Autor:

João Filgueiras Lima, Lelé

Categoria de uso:

Hospitalar

Data do Projeto: 1992

Data de início da Obra: 1993

Data de conclusão da Obra: 2001

Área do Terreno: 77.545,42 m²

Área Construída: 16.551,48 m²

Arquitetura:

Centro de Tecnologia da Rede Sarah - João Filgueiras Lima (coordenador geral); Francisco A. N. Filho (superintendente); Walmir Bulhon (coordenador administrativo/Rio); Adriana Filgueiras Lima (coordenadora técnica da obra); Ana Amélia Monteiro (coordenadora técnica do projeto); José Otávio Veiga, Antônio Eduardo Noronha, André Borém, Neuton Bacelar, Josenias dos Santos e Sônia Imelda (equipe técnica da obra)

Projeto, construção e parte dos equipamentos hospitalares:

Centro de Tecnologia da Rede Sarah

Integração de obras de arte:

Athos Bulcão

Instalações:

Kouzo Nishiguti, Renato Messias e Antônio Leão Lúrio

Estrutura:

Roberto Vitorino

Conforto térmico:

George Raulino

Gerência de oficinas do CTRS:

Hurandy Matos (metalurgia leve); Waldir Silveira (metalurgia pesada); Jurandir Amorim (fibra de vidromarcenaria); Tomaz Bacelar (pré-moldados); Inês Ribeiro Alves (comunicação visual)

Fotos:

Celso Brando

Especialidades:

Doenças do Aparelho Locomotor e Reabilitação

6.2- Ficha técnica técnica do Hospital Sarah Kubitschek Rio de Janeiro

Local:

Av. Embaixador Abelardo Bueno nº1500 – Jacarepaguá – Rio de Janeiro – RJ

Autor:

João Filgueiras Lima, Lelé

Categoria de uso:

Hospitalar

Data do Projeto: 2001 (data do ante-projeto, o projeto está sendo desenvolvido durante a execução da obra)

Data de início da Obra: 2002

Data prevista para finalização: 2007

Área de Terreno: 87.000m²

Área Construída: 54.376m² (incluindo o pavimento técnico)

Arquitetura:

Centro de Tecnologia da Rede Sarah - João Filgueiras Lima (coordenador geral); Francisco A. N. Filho (superintendente); Walmir Bulhon (coordenador administrativo/Rio); Adriana Filgueiras Lima (coordenadora técnica da obra); Ana Amélia Monteiro (coordenadora técnica do projeto); José Otávio Veiga, Antônio Eduardo Noronha, André Borém, Neuton Bacelar, Josenias dos Santos e Sônia Imelda (equipe técnica da obra)

Projeto, construção e parte dos equipamentos hospitalares:

Centro de Tecnologia da Rede Sarah

Integração de obras de arte:

Athos Bulcão

Instalações:

Kouzo Nishiguti, Renato Messias e Antônio Leão Lício

Estrutura:

Roberto Vitorino

Conforto térmico:

George Raulino

Gerência de oficinas do CTRS:

Hurandy Matos (metalurgia leve); Waldir Silveira (metalurgia pesada); Jurandir Amorim (fibra de vidromarcenaria); Tomaz Bacelar (pré-moldados); Inês Ribeiro Alves (comunicação visual)

Fotos:

Celso Brando

Especialidades:

Doenças do Aparelho Locomotor e Reabilitação

6.3- Fotos de Luis Carlos Alcantara

As fotos da Contracapa desta dissertação de Mestrado foram realizadas por um paciente do Hospital Sarah Fortaleza, e são exemplo do que a arquitetura é capaz de fazer, extrapolando seus limites e estimulando a sensibilidade e o psicológico dos usuários. Essa sensibilidade adquire uma dimensão especial por se tratar de um hospital, já que serve de estímulo e de terapia no processo de recuperação dos pacientes. Luis Alcântara (Figura 94 a), paciente da Rede Sarah por mais de 20 anos,⁷⁸ fotografava os ambientes do hospital e inspirava-se nas curvas dos *sheds*, nos jardins e nos contrastes de luz e sombra. Luiz era tetraplégico e graças ao conforto da cama-maca realizava seus ensaios fotográficos principalmente nos horários de visitas, quando seu irmão Carlos Alcantara o conduzia por todos os ambientes do hospital. Na figura 94 b, observa-se Luiz fotografando a recepção do hospital Sarah Fortaleza.

As propostas arquitetônicas de João Filgueiras Lima, Lelé transcendem a precisão de seu desenho a mão livre. Quando materializadas; a arquitetura atinge de maneira integral o que deve ser seu principal objetivo e razão: o usuário. Suas obras proporcionam, de maneira sensata e sem pretensões, o conforto ambiental necessário, embutido no seu raciocínio projetual; nos materiais, nas soluções de ventilação, na espacialidade, na integração dos ambientes, nas cores, no verde dos jardins, na conexão com o exterior, nos jogos de luz e sombra.

Figura 94 a – Luis Alcântara, paciente da Rede Sarah.

Figura 94 b – Luis fotografando a área de espera do Hospital Sarah Fortaleza. No fundo seu irmão Carlos Alcantara.

⁷⁸ A visita ao Hospital tornou-se mais gratificante ao conhecermos, por uma casualidade, o paciente Luis Carlos Alcântara, que ao ouvir falar do Arquiteto Lelé, se mostrou emocionado e o levou a, de maneira espontânea, declarar sua admiração pelo arquiteto e por sua obra. Paciente da Rede Sarah há mais de 20 anos, realizou sessões de fisioterapia e tratamentos, primeiro no hospital da Rede Sarah em Brasília e, posteriormente, no Sarah Salvador. Durante nossa visita, estava no Sarah Fortaleza. Todos os hospitais despertaram sua sensibilidade e, como fotógrafo amador, as formas dos Hospitais da Rede Sarah sempre chamaram sua atenção, levando-o a fazer sessões de fotos em vários ambientes do Hospital. Ele expressou também seu grande interesse em conhecer o “Mestre Lelé” (como o chamou) e mostrar seu trabalho. A satisfação e a declaração desse paciente motivaram-nos de forma a ressaltar a parte subjetiva da arquitetura, principalmente os aspectos relativos ao conforto ambiental e a satisfação que eles podem produzir nos usuários. Neste trabalho destacam-se questões técnicas e conceituais da ventilação e iluminação naturais, mas também se pretende despertar a sensibilidade do arquiteto como agente gerador de soluções ricas tanto no funcional quanto no estético, na sua eficiência térmica e na sua sensibilidade humana, uma outra linha a ser explorada pelo arquiteto.

6.4 - Hospital-Escola de São Carlos

O projeto do Hospital-Escola de São Carlos é de autoria do Arquiteto João Filgueiras Lima Lelé. O ante-projeto, doado pelo Arquiteto à prefeitura de São Carlos, foi desenvolvido pelo escritório API-ACÁS Arquitetos, sobre coordenação de Anderson Freitas. O hospital visa integrar a rede de saúde pública à rede escola-pesquisa. Porém, sua gestão administrativa estará vinculada ao novo Curso de Medicina da Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR.

O hospital está localizado na entrada principal da cidade, no trevo da Washington Luiz com a Avenida São Carlos (Ver plantas), próximo à UFSCAR. Sua construção está prevista em três etapas, sendo que a primeira já foi finalizada.

Com o intuito de ilustrar a eficiência do sistema de iluminação natural proposto para o Hospital Sarah Rio de Janeiro - cobertura com grandes *sheds* e forro de painéis basculantes de policarbonato, foram realizadas medições de iluminação natural no Hospital-Escola de São Carlos. Pois, na última visita ao Hospital Sarah Rio de Janeiro, realizada em 14 de março, a implantação desse sistema não tinha sido finalizada.

Figura 95 a – Vista do Hospital Escola de São Carlos desde a portaria - acesso principal.

UMA INSTITUIÇÃO, UMA ARQUITETURA = UMA POSSIBILIDADE...

Hospital Escola de São Carlos

NÍVEIS DE LUMINÂNCIA INTERNO - EM LUX
NÍVEIS DE LUMINÂNCIA EXTERNA - 95,000 LUX

Figura 95 b – Vista da entrada principal. No fundo as bocas das galerias de ventilação.

Figura 95 c – Vista do corredor-espera.

Figura 95 d – Vista das galerias desde o piso técnico. No fundo o exaustor.

UMA INSTITUIÇÃO, UMA ARQUITETURA = UMA POSSIBILIDADE...

Hospital Escola de São Carlos

Níveis de iluminação natural interna no ambulatório do Hospital. Ver figuras 83b 3 83c no item 3.5.4.1.1- Forro de painéis basculantes de policarbonato.

NÍVEIS DE LUMINÂNCIA INTERNO - EM LUX
NÍVEIS DE LUMINÂNCIA EXTERNA - 95,000 LUX

Planta pavimento térreo
esc. 1:500

LEGENDA:

- 1- ENTRADA PRINCIPAL
- 2- HALL - ESPERA
- 3- AMBULATÓRIO
- 4- CIRCULAÇÃO
- 5- ESPELHO D'ÁGUA
- 6- ESTACIONAMENTO

Obs.: nas área tracejadas realizaram-se
medições de iluminação (lux)

Planta subsolo
esc. 1:500

Planta cobertura
esc. 1:500

Cortes e Fachadas

esc. 1:500

Planta implantação
esc. 1:1.000