**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO**

ANA MARTA ARAGÃO GRIMM

**Análise de sistemas híbridos em estabelecimentos
assistenciais de saúde (EAS) visando o conforto térmico e
redução de consumo energético**

Dissertação de Mestrado
Orientador: Profa. Dra. Anésia Barros Frota

São Paulo
2012

Ana Marta Aragão Grimm

**Análise de sistemas híbridos em estabelecimentos
assistenciais de saúde (EAS) visando o conforto térmico e
redução de consumo energético**

Dissertação apresentada a Faculdade de
Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de Mestre em
Arquitetura e Urbanismo.

Área de concentração: Tecnologia da Arquitetura

Orientador: Profa. Dra. Anésia Barros Frota

**EXEMPLAR REVISADO E ALTERADO EM RELAÇÃO À VERSÃO ORIGINAL, SOB
RESPONSABILIDADE DO AUTOR E ANUÊNCIA DO ORIENTADOR.**

O original se encontra disponível na sede do programa

São Paulo, 05 de Dezembro de 2012

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.

E-MAIL: anagrimm@uol.com.br

Grimm, Ana Marta Aragão

G864a Análise de sistemas híbridos em estabelecimentos
assistenciais de saúde (EAS) visando o conforto térmico e
redução de consumo energético / Ana Marta Aragão
Grimm. -- São Paulo, 2012.
197 p. : il.

Dissertação (Mestrado - Área de Concentração :
Tecnologia da Arquitetura) – FAUUSP

Orientadora: Anésia Barros Frota

1. Hospitais (Arquitetura) 2. Conforto térmico nas
construções 3. Energia (Simulação computacional)
I. Título

CDU 725.51

FICHA DE APROVAÇÃO

GRIMM, Ana Marta Aragão. **Análise de sistemas híbridos em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS) visando o conforto térmico e redução de consumo energético.**

Dissertação apresentada a Comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Área de Concentração: Tecnologia e Arquitetura

Aprovado em ____/____/____

Banca Examinadora

a) Profa. Dra. Anésia Barros Frota – Orientadora

Instituição: FAU-USP

Departamento: Tecnologia da Arquitetura

Assinatura

b) Prof. Dr

Instituição:

Departamento:

Assinatura

c) Prof. Dr.

Instituição:

Departamento:

Assinatura

São Paulo, ____ de _____ de 2012.

“A arquitetura hospitalar é um instrumento de cura de mesmo estatuto que um regime alimentar, uma sangria ou um gesto médico. O espaço hospitalar é medicalizado em sua função e em seus efeitos”.(FOUCAULT, 1989, p.108-99).

*Dedico esta dissertação
Aos meus filhos, Isabella e Humberto*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a **Deus**, por mais esta conquista em minha vida.

A minha orientadora **Anésia Barros Frota**, por me abrir as portas na área de conforto térmico quando cursei o CECACE III - USP e ter depositado confiança em meu trabalho, apoio e dedicação.

Ao meu marido **Gunther**, pelo amor e apoio em todos os momentos para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus pais **Terezinha e Antonio**, pelo amor e incentivo em minha vida acadêmica.

A professora **Brenda Chaves Leite**, pela contribuição na parte das simulações com o software Energy Plus.

Ao professor **Leonardo Marques Monteiro**, pela análise dos resultados da simulação térmica.

Ao professor, **Carlos Eduardo Pompeu**, que ministrou as aulas do Curso de Arquitetura Hospitalar que cursei em 2010 e cujas aulas contribuíram muito para meu trabalho.

Aos colegas da UNIBAN, **Stamatia Koulioumba, Roberto Sorima, Suraya Farah e Cristina Lopez**, pelo incentivo e ter compartilhado momentos importantes neste período.

Ao amigo, **Fabio Meireles**, pelo apoio nas simulações.

Ao meu sobrinho, **Bruno Bianco Grimm Campos**, pelo apoio e colaboração.

RESUMO

GRIMM, Ana Marta Aragão. **Análise de sistemas híbridos em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) visando o conforto térmico e redução de consumo energético.** Dissertação de Mestrado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo: 2012, 220 p.

No contexto de questões ambientais mundiais, os estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS), devido a diversas mudanças apresentadas na fisiologia dos edifícios hospitalares nos últimos 100 anos, se inserem como grandes consumidores de energia. Tais alterações devem-se ao avanço das ciências médicas, a novas tecnologias em sistemas e equipamentos e ao crescimento populacional.

O presente trabalho pretende analisar a contribuição do uso de tecnologias passivas em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS) no que tange o desempenho térmico e energético, considerando normas específicas para este uso que exigem áreas assépticas através do uso de tecnologias ativas visando o controle da infecção hospitalar e a qualidade do ar interior. Esta configuração caracteriza para estes edifícios, sistemas híbridos com relação a tecnologias ativas e passivas.

O caráter experimental da pesquisa foi realizado através de Simulação Computacional com o Software Energy Plus versão 7.0 em que foi analisado o desempenho térmico e energético de um edifício hospitalar. Inicialmente o edifício foi simulado em condições existentes e posteriormente foram realizadas diversas simulações com diferentes soluções arquitetônicas entre elas a inserção de teto-verde.

Palavras-chave: arquitetura, edifícios hospitalares, conforto térmico, desempenho térmico e energético, eficiência energética, simulação computacional.

ABSTRACT

GRIMM, Ana Marta Aragão. **Hybrid systems analysis in healthcare establishments aiming the thermal comfort and energy consumption reduction.** Dissertation for Master's degree. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo: 2012, 220 p.

In the context of global environmental issues the Healthcare Establishments due to several changes on the physiology of hospital buildings over the past one hundred years have fallen as large energy consumers. Such changes were due to the advancement of medical science, new technologies in systems and equipments, and population growth.

The present work intends to analyze the contribution of the use of passive technologies in Healthcare Establishments regarding the thermal and energetic performance considering specific standards for this use that demands aseptic areas through the use of active technologies aiming hospital infection control and indoor air quality. This configuration characterizes for these buildings hybrid systems related to active and passive technologies.

The research's experimental character was made through Computer Simulation with the Software Energy Plus version 7.0 in which were analyzed the thermal and energetic performance of a hospital building. Initially the building was simulated in existing conditions and afterwards several simulations were made with different architectural solutions, in which was among them the insertion of a green roof.

Key-words: architecture, medical buildings, thermal comfort, thermal and energy performance, energy efficiency, computer simulation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema Gráfico as Fases da Metodologia adotada.....	25
Figura 2: Templo de Asklépio na Grécia – Século IV a.C.	27
Figura 3: Valetudinarium de Windisch, Suíça, séc. I d.c. planta.....	29
Figura 4: Corte transversal da enfermaria de Tonnerre e interior do edifício século XIII.....	32
Figura 5: Hospital Santo Espírito de Lubeck, 1286 (planta).	33
Figura 6: Hospital Militar de Sor-el-Ghozlane - Argelia século XV	34
Figura 7: Hospital Militar de Sor-el-Ghozlane - Argelia século XV	35
Figura 8: Hospital Lariboisiere, Paris, 1846-1854. (a) planta; (b) croqui.	37
Figura 9: Hôtel Dieu de Paris antes do incêndio de 1777.	40
Figura 10: Plantas das Enfermarias projetadas por Tenon	42
Figura 11: Enfermaria projetadas por Tollet.	43
Figura 12: Enfermaria Nightingale, 1857.....	44
Figura 13: Enfermaria Nightingale, 1857.....	44
Figura 14: Santa Casa de Misericórdia de São Paulo, 1884.....	46
Figura 15: Hartford Hospital – Connecticut – EUA.	47
Figura 16: Hospital Memorial França-Estados Unidos, Saint-lô, 1955.	48
Figura 17: Instituto do Câncer - Projetado por Rino Levi, 1953.....	49
Figura 18: Morfologia Arquitetônica do Edifício Hospitalar	50
Figura 19: Esquema de classificação de estratégias de planejamento hospitalar....	55

Figura 20: Esquema de Classificação de estratégias de planejamento hospitalar..	55
Figura 21: Evolução da das áreas do hospitais.....	59
Figura 22: Corte Esquemático com divisão entre setores	62
Figura 23: Diagrama de Hospital geral Segundo a Norma RDC 50 -ANVISA.....	63
Figura 24: Enfermarias projetadas por Le Corbusier em Hospital localizado em Veneza.	67
Figura 25: Jardins Internos – Hospital Sarah Kubitschek Fortaleza com ventilação natural	68
Figura 26: Níveis de ruído durante uma cirurgia oftalmológica num	73
Figura 27: Níveis de ruído durante 24 horas em uma unidade de.....	73
Figura 28: Uso combinado de massa construída e vegetação como barreira acústica.	75
Figura 29: Day Hospital – RJ.....	78
Figura 30: Diretrizes construtivas para a Zona Bioclimática 3 – Cidade de Florianópolis.....	96
Figura 31: Esquema de um Sistema de Expansão Indireta	103
Figura 32: Esquema geral para sistema de Expansão Indireta tipo V.A.V.	104
Figura 33: Consumo energético proporcional para de vários sistemas.....	106
Figura 34: Sistema de Ar Condicionado com Fluxo Turbulento	112
Figura 35: Sistema de Ar Condicionado com Fluxo Laminar pelo teto	113
Figura 36: Sistema de Ar Condicionado com Fluxo Laminar pela parede.....	113
Figura 37: Tendências da Energia para o setor de assistência médica na	116
Figura 38: Implantação Geral – Hospital Albert Einstein	120

Figura 39: Pavilhão Vicky e Joseph Safra – Fachadas	121
Figura 40: Telhados Verdes do Pavilhão Vicky e Joseph Safra	121
Figura 41: Hospital Sarah Rio de Janeiro – Vista aérea e sheds	122
Figura 42: Corte com estrutura de sheds, arco móvel automatizado e	124
Figura 43: Croqui do arquiteto com visualização do.....	125
Figura 44: Sistema Resfriamento evaporativo.....	126
Figura 45: Delimitação da Área de Estudo	128
Figura 46: Ambulatório de Especialidades Médica.....	129
Figura 47: Vistas Internas.....	130
Figura 48: Ambulatório – Fachada Leste	131
Figura 49: Ambulatório – Fachada Oeste.....	131
Figura 50: Planta baixa Pav. Térreo e Superior – Corte Transversal A.A.	132
Figura 51: Divisão em Zonas Térmicas – Pav. Térreo	143
Figura 52: Divisão em Zonas Térmicas – Pav. Superior	144
Figura 53: Modelagem do Edifício – Vista para Fachada Leste	145
Figura 54: Modelagem do Edifício – Vista para Fachada Oeste	145
Figura 55: Modelagem do Edifício – Visualização de todos os compartimentos externos	146
Figura 56: Simulação 1 – Edifício sem teto-verde, com brises.....	147
Figura 57: Simulação 2 – Edifício sem teto-verde, sem brises.....	151
Figura 58: Simulação 3 – Edifício com teto-verde, sem brises.....	156
Figura 59: Simulação 4 – Edifício com teto - verde, com brises.....	161

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Índice de conforto proposto pela ASHRAE 55-2004	133
Gráfico 2: Temperaturas Médias Anuais para Cidade de São Paulo	135
Gráfico 3: Temperaturas Médias para Cidade de São Paulo	135
Gráfico 4: Dados Climáticos da Cidade de São Paulo – SP	139
Gráfico 5: Simulação 1 – Temperaturas Summer Design Day	148
Gráfico 6: Simulação 1 – Temperaturas Winter Design Day	149
Gráfico 7: Simulação 1 – Consumo anual	151
Gráfico 8: Simulação 2 – Summer Design Day	153
Gráfico 9: Simulação 2 – Consumo anual	155
Gráfico 10: Simulação 3 – Temperaturas Summer Day	158
Gráfico 11: Simulação 3 – Temperaturas Winter Design Day	159
Gráfico 12: Simulação 3 – Consumo anual	160
Gráfico 13: Simulação 4 – Temperaturas Summer Design Day	163
Gráfico 14: Simulação 4 – Temperaturas Winter Design Day	164
Gráfico 15: Simulação 4 – Consumo anual	165
Gráfico 16: Parâmetros de Conforto –Verão	169
Gráfico 17: Parâmetros de Conforto - Inverno.....	169
Gráfico 18: Consumo anual para Sensible Cooling Rate (Resfriamento).....	172
Gráfico 19: Consumo anual para Heating Rate (Aquecimento)	173

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação dos Edifícios Assistências de Saúde	57
Tabela 2: Expansão dos Hospitais nos últimos 100 anos	58
Tabela 3: Classificação hospitalar por setores	61
Tabela 4: Intensidades Sonoras em decibéis	74
Tabela 5: Tabela dos dados climáticos de São Paulo	134
Tabela 6: Parâmetros fixos de simulação	141
Tabela 7: Consumo energético de equipamentos e iluminação	142
Tabela 8: Metragem quadrada de cada zona térmica	144
Tabela 9: Simulação 1 – Temperaturas Summer Design Day	148
Tabela 10: Simulação 1- Temperaturas Winter Design Day	149
Tabela 11: Simulação 1 – Consumo Anual	150
Tabela 12: Simulação 2 – Summer Design Day	152
Tabela 13: Simulação 2 – Winter Design Day	153
Tabela 14: Simulação 2 – Winter Design Day	154
Tabela 15: Simulação 2 – Consumo anual	155
Tabela 16: Simulação 3 – Temperaturas Summer Day	157
Tabela 17: Simulação 3 – Temperaturas Winter Design Day	158
Tabela 18: Simulação 4 – Temperaturas Summer Design Day	162
Tabela 19: Simulação 4 – Temperaturas Winter Design Day	163

Tabela 20: Simulação 4 - Consumo anual	165
Tabela 21: Parâmetros de Conforto – Inverno e Verão	167
Tabela 22: Consumo Energético Anual de Computadores + Equipamentos.....	170
Tabela 23: Consumo Energético de Sistema de Iluminação	170
Tabela 24: Consumo anual para Sensible Cooling Rate (Resfriamento)	172
Tabela 25: Consumo anual para Heating Rate (Aquecimento)	173

ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

ASHRAE - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy

CPD – Central de Processamento de Dados

EAS – Estabelecimentos Assistenciais de Saúde

IML – Instituto Médico Legal

HEPA – High Efficiency Particulate Air

HVAC - Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

LABAUT – Laboratório de Conforto ambiental e Eficiência Energética do Departamento de Tecnologia da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

LEED – Leadership in Energy end Environmental Design

OMS – Organização Mundial da Saúde

PDT – Plano Diretor Hospitalar

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia

RDC – Resolução da Diretoria Colegiada

SAA – Serviço de Almoxarifado Ativo

SEM – Serviço de Esterilização de Materiais

SLC – Serviço de Lavanderia e Costura

SND – Serviço de Nutrição e Dietética

UBS – Unidade Básica de Saúde

UCC – Unidade de Centro Cirúrgico

UCO – Unidade de Centro Obstetra

USP – Universidade de São Paulo

UTI – Unidade de Tratamento Intensivo

U - Coeficiente Global de Transmissão Térmica

VAV – Volume de Ar Variável

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE GRÁFICOS

LISTA DE TABELAS

ABREVIATURAS E SIGLAS

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	20
1.1. JUSTIFICATIVA E COLOCAÇÃO DO PROBLEMA.....	20
1.2. OBJETIVO DA DISSERTAÇÃO	23
1.2.1. Conforto térmico e redução do consumo energético	23
1.2.2. Qualidade do Ar e Controle da Infecção Hospitalar	24
1.2.3. Incentivo a Humanização e boas condições de conforto ambiental....	24
1.3. METODOLOGIA.....	25
 CAPÍTULO 2 – O EDIFÍCIO HOSPITALAR UMA ABORDAGEM HISTÓRICA E MORFOLÓGICA	 26
2.1. ANTIGUIDADE.....	26
2.1.1 Grécia.....	26
2.1.2. Roma.....	28
2.2. IDADE MÉDIA – Partido em Nave e Cruciforme	30
2.3. RENASCIMENTO – Partido Quadrado e Pátio Interno	33
2.4. IDADE MODERNA – Modelo Pavilhonar	35
2.4.1. Contribuições de Tenon, Howard e Tollet.	38
2.4.2. A Enfermaria de Nightingale.....	43
2.5. SÉCULO XX – Monobloco Vertical.....	46
2.6. ANÁLISE MORFOLÓGICA	49

CAPÍTULO 3 – RECURSOS FÍSICOS E FUNCIONAIS EM EAS	51
3.1. O Planejamento Hospitalar	51
3.2. Expansividade e Flexibilidade:	57
3.3. Contigüidade	60
3.4. Setorizações, Acessos e Circulações	61
3.5. Instalações	63
3.6. Humanização	66
 CAPÍTULO 4 – CONFORTO AMBIENTAL	 69
4.1. Térmica	70
4.2. Acústica.....	72
4.3. Iluminação Natural	75
4.4. Iluminação Artificial	76
4.5. Conclusão	78
 CAPÍTULO 5 – NORMAS TÉCNICAS	 80
5.1. Portaria GM/MS nº. 3.523/1998	80
5.2. Resolução (RDC) nº 50/2002 – ANVISA	82
5.3. Resolução RE nº 9/2003 - ANVISA.....	84
5.4. ABNT NBR 7256/2005	85
 CAPÍTULO 6 – QUALIDADE DO AR EM EAS	 86
6.1. Abordagem Histórica.....	87
6.2. Principais contaminantes em ambientes climatizados	89
6.2.1. Contaminantes Químicos	89
6.2.2. Contaminantes biológicos	90
6.2.3. Materiais particulados	90
6.2.4. Ocupantes do edifício.....	90
6.3. Controle da Infecção Hospitalar	91

CAPÍTULO 7 – SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO ARTIFICIAL EM EAS	94
7.1. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA.....	96
7.1.1. Calor	97
7.1.2. Atividades Físicas	98
7.1.3. Vestimenta	98
7.1.4. Cargas Térmicas	99
7.2. Tipologias de Sistemas de Ar Condicionado	100
7.2.1. Sistema de Expansão Direta:	100
7.2.2. Sistemas de Expansão Indireta:	102
7.3. Conservação de energia em sistemas de ar condicionado	104
7.3.1. Estratégias para redução de consumo de energia.....	106
7.4. Sistemas de Climatização em EAS	110
7.4.1. Sistemas de Climatização em Centros Cirúrgicos.....	110
7.4.2. Tecnologias de distribuição de ar em centros cirúrgicos	111
7.5. CONCLUSÃO.....	113
 CAPÍTULO 8 – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EAS.....	 114
8.1. Sustentabilidade na Arquitetura Hospitalar	114
8.1.1. Certificação Leed	118
8.2. A aplicação do Conceito de Sustentabilidade na Arquitetura Hospitalar	119
8.2.1. Hospital Albert Einstein – Unidade Morumbi – São Paulo	119
8.2.2. Hospital Sarah Kubitschek – Rio de Janeiro	122
 CAPÍTULO 9 – O MÉTODO	 127
9.1. O Objeto Concreto de Estudo	127
9.2. O índice de conforto	133
9.3. Dados Climáticos	134
9.4. O Software Energy Plus	136
 CAPÍTULO 10 - SIMULAÇÃO E DISCUSSÃO	 137
10.1. Dados de Entrada	137
10.2. Simulação Computacional.....	146
10.3. DISCUSSÃO – Simulação Térmica	166

10.4. DISCUSSÃO – Simulação Energética.....	170
CAPÍTULO 11 – CONCLUSÃO	174
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	177

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1. JUSTIFICATIVA E COLOCAÇÃO DO PROBLEMA

A partir do século XI, com a queda do cristianismo e ascensão da burguesia, as instituições ligadas à saúde passaram para o controle do Estado, caracterizando assim o declínio do atendimento a saúde, pois tais locais tornaram-se abrigo para mendigos, prostitutas, pessoas com doenças contagiosas e terminais. Todo o desenvolvimento tecnológico na área da saúde era detido por médicos particulares. Apenas no século XVIII, através de estudos realizados por especialistas como Tenon e Howard¹ em vários hospitais da Europa, é avaliado o conceito de hospital terapêutico quando a doença passa a ser encarada como um fator patológico e não como um golpe do destino. Na época a maioria dos tratamentos médicos eram realizados nas residências dos enfermos. Os novos hospitais eram organizados em edificações pavilhonares e posteriormente em monoblocos verticais, privilegiando a

¹ Através de uma observação sistemática de efeito comparativo entre os hospitais estudados como o inglês Howard e o francês Tenon levantaram através de diversas visitas a hospitais da Europa e relação entre o número de doentes, o número de leitos e a área útil dos hospitais, a extensão e a altura das salas, a cubagem do ar que cada doente dispõem e a taxa de mortalidade e de cura. (FOULCALT, 1989).

ventilação e iluminação naturais como estratégias de combate à infecções hospitalares.

Seguindo o mesmo conceito, o engenheiro Casimir Tollet, em 1892, propôs uma solução para renovações de ar em enfermarias por meio de paredes com seção em arco como uma releitura da arquitetura gótica, posteriormente estudos apresentados por Carpman, realizado em seis hospitais de Chicago, USA, os pesquisadores encontraram uma significativa relação entre o bem-estar dos pacientes com visão para a paisagem externa (TOLEDO, 2006).

A análise histórica descrita comprova a importância do uso de tecnologias passivas como ventilação natural, iluminação natural e humanização para solucionar problemas relacionados a qualidade do ar e exigências humanas visando o conforto e contribuindo para o processo de cura.

Segundo MIQUELIN as mudanças na fisiologia do edifício hospitalar apresentaram um forte aceleração de 100 anos atrás até os nossos dias, e alcançaram um ritmo acelerado após a Segunda Grande Guerra. Desde então, o desenvolvimento da área médica e administração hospitalar têm caracterizado os hospitais como instituições mais complexas da sociedade contemporânea. Tal complexidade está relacionada com as especializações nas ciências médicas, custos e riscos para pacientes.

Os itens relacionados a humanização, flexibilidade e expansividade, que atualmente são considerados importantes premissas na arquitetura hospitalar, em conjunto com o atendimento a normas, legislações e compatibilização de projetos complementares, transformam o processo projetual de um edifício na área da saúde uma difícil missão para os arquitetos que, após a definição do partido arquitetônico e todas estas questões citadas anteriormente, têm que considerar questões financeiras, institucionais e operacionais.

Outro fator relevante abordado na pesquisa repousa em questões atuais relacionadas ao uso eficiente da energia constituindo importante tema no contexto atual de questões sobre o meio ambiente. Diante deste contexto o edifício hospitalar

encontra-se inserido neste cenário, visto que os sistemas de climatização artificial em ambientes, onde a assepsia é necessária, utilizam o sistema de ar condicionado que hoje consome até 60% de toda a energia do edifício. Somado ao consumo de equipamentos e sistemas de iluminação artificial pode-se considerar o edifício hospitalar como um grande vilão no cenário energético.

“As questões relacionadas com economia de energia tem aspectos ligados com soluções específicas das instalações, por exemplo: generosas janelas exposta a radiação solar podem transformar o edifício numa estufa. É um problema criado pela arquitetura (ou pela falta de arquitetura) para que os espaços se tornem habitáveis os sistemas de ar condicionado acabam sendo sobrecarregados e o edifício passa então, a ser um voraz consumidor de energia”.²

Segundo MIQUELIN, a partir da década de 60 os sistemas de ar condicionado têm ocupado cada vez mais espaços em hospitais. A explicação para essa crescente ampliação do sistema está relacionada com o crescimento nos sistemas de atendimento e diagnóstico.

Na contramão do uso de tecnologias ativas, outro fator relevante que deve ser considerado na questão projetual o uso de tecnologias passivas como iluminação natural, ventilação natural e tipologias da envoltória do edifício (materiais, brises soleil e telhado verde) podem contribuir para a economia de energia além de estar diretamente relacionado a questão do conceito de humanização no edifício hospitalar, assunto tão relevante em função da importância de contribuir para o processo de cura do paciente.

“...o controle das condições de ar, pureza, temperatura, velocidade de renovação, umidade relativa e cada vez mais importante em certos tipos de procedimentos cirúrgicos, para determinados equipamentos computadorizados sensíveis a

²MIQUELIN, Lauro Carlos. Anatomia dos edifícios hospitalares. São Paulo: Cedas, 1994. Pag. 201.

grandes variações térmicas e para o tratamento de patologias relacionadas ao metabolismo e sistema imunológico.”³

Segundo GOES (2004), o edifício hospitalar apresenta um alto consumo energético em função das grandes instalações e complexidade das funções de ambientes que necessitam de climatização artificial (centros cirúrgicos, obstétricos e UTIs). Fato este, que deve fazer com que o arquiteto considere o uso de tipologias arquitetônicas que permitam reduzir o consumo energético como incentivo a fontes passivas de energia, principalmente em áreas hospitalares que não exijam a assepsia.

1.2. OBJETIVO DA DISSERTAÇÃO

O objetivo deste trabalho é estudar o desempenho térmico e energético em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS) para o clima da cidade de São Paulo, analisando como o uso de tecnologias passivas pode contribuir para redução de consumo energético em áreas assépticas que necessitam de climatização artificial. A análise será direcionada visando os seguintes aspectos:

1.2.1. Conforto térmico e redução do consumo energético

A Arquitetura Hospitalar se insere no cenário ambiental mundial como importante contribuição para o uso eficiente do consumo de energia, seja em reduzir impacto ambiental ou reduzir o aquecimento global do Planeta.

Diante deste contexto, a análise será executada por meio de simulações utilizando o software Energy Plus, considerando como dados de entrada duas variantes com relação a envoltória do edifício: introdução de teto verde e inserção de dispositivos de proteção solar brise- soleil.

³ IDEM

Os dados de saída do programa tornarão possível traçar um parâmetro sobre consumo de energia para utilização de sistema de ar condicionado em diferentes situações (envoltória, cargas internas e condições climáticas) e conforto térmico através de análise de temperaturas para ambientes com utilização de tecnologias passivas.

1.2.2. Qualidade do Ar e Controle da Infecção Hospitalar

Outros aspectos que permeiam o ambiente hospitalar desde os primórdios históricos até os dias atuais está no controle da infecção hospitalar, diretamente relacionado com o projeto arquitetônico por ser totalmente dependente da organização espacial e funcional do edifício que pode, através de estudos de caso e análises de normatizações vigentes, representando importante instrumento de recomendações para arquitetos no que se refere a este assunto.

1.2.3. Incentivo a Humanização e boas condições de conforto ambiental

Em decorrência da extrema complexidade que envolve o ambiente hospitalar, podendo ressaltar aspectos relacionados com normatizações, setorizações, fluxos e circulações, novas tecnologias em equipamentos e procedimentos médicos entre outros fatores, edifícios ligados a saúde possuem uma enorme carência em locais que permitam que o paciente se sinta confortável em aspectos físicos e cognitivos, de maneira que tais fatores podem contribuir para o processo de cura do paciente.⁴

O ambiente como um todo interage com todos os sentidos de percepção humana com a cognição, a audição, o tato, a visão e deve proporcionar boas condições de conforto e segurança aos pacientes e funcionários.

As áreas comuns são ocupadas por pacientes que interagem através de formas, cores, temperatura, ergonomia, ventilação e luz sendo o ambiente fator necessário para minimizar a angústia e fatores psicológicos. (COSTI, 2002)

⁴ FOUCAULT, 1979, p.109

1.3. METODOLOGIA

Em linhas gerais a metodologia adotada segue primeiramente o caráter exploratório do tema através de levantamentos bibliográficos, em seguida o estudo de caso e a escolha do objeto à ser simulado darão condições para um aprofundamento no estágio atual da arquitetura hospitalar, a terceira etapa seria a experimentação através de simulação computacional e finalmente a análise dos resultados e conclusões finalizam a dissertação.

É apresentado a seguir o gráfico com todas as etapas da pesquisa:

Figura 1 - Esquema Gráfico as Fases da Metodologia adotada
Fonte: Elaborado pela autora

CAPÍTULO 2

O EDIFÍCIO HOSPITALAR UMA ABORDAGEM HISTÓRICA E MORFOLÓGICA

2.1. ANTIGUIDADE

Idade Antiga, ou Antigüidade, se estende desde a invenção da escrita (4000 a.C. a 3500 a.C.) até à queda do Império Romano do Ocidente (476 d.C.) e início da Idade Média (Século V). Foi nas antigas Grécia e Roma que surgiram os primeiros edifícios significativos na área da arquitetura hospitalar.

2.1.1 Grécia

Na Grécia antiga a questão da saúde era associada a religiosidade onde o Deus Asclépio⁵ era considerado uma divindade curadora. A partir do século VI a.C. foram registrados mais de duzentos templos destinados ao seu culto onde os doentes se dirigiam na esperança de serem curados tais templos eram chamados de Asklepilia.

⁵Na Ilíada, de Homero, Asclépio é mencionado como um mortal bastante hábil na arte da cura, que ocupava o posto de chefe da Trica, região da Tessália, na época da guerra de Tróia. ANTUNES, J. L. 1991, pagina 17.

Esses templos possuíam vários compartimentos os quais eram destinados a ritos funerários e sacrifícios aos mortos conjuntamente com um saguão de tratamento. Após as oferendas e purificações, os doentes se submetiam ao sono sagrado que consistia em dormir e receber em sonho a visita da divindade curativa. Anexos aos templos existiam construções destinadas as mulheres grávidas e pessoas com doenças terminais pois o nascimento e morte deveriam ser evitados em local sagrado (ANTUNES, 1991).

A racionalidade grega conviveu com o misticismo e a doença era entendida de forma holística, devendo, portanto o tratamento ser prestado ao corpo e a mente. Os templos ficavam localizados próximos a fontes de águas térmicas. O conforto dos pacientes era uma preocupação da época, proporcionando aos usuários belas paisagens externas (LUKIANCHUKI 2008).

Figura 2: Templo de Asklépio na Grécia – Século IV a.C.

Fonte: MIQUELIN, 1992.

Pode-se afirmar portanto, que estas construções constituíram os primeiros hospitais da Grécia visto que tinham um caráter curativo destinado a cuidar dos pacientes. Os Asklepílios foram fechados em 335 dC e foram substituídos por hospitais cristãos. Tais instituições se mantiveram ativas por mais de 600 anos porque havia uma compatibilidade entre os rituais religiosos e tratamentos médicos e farmacêuticos que foram levantados de forma empírica. Um importante dado levantado é que existia uma preocupação com o clima e temperatura dos locais destinados a cura de

enfermos. Da mesma forma comprova-se a existência de um saber médico através de descobertas arqueológicas que consistiam em placas contendo quadros descritivos de doenças e informações sobre procedimentos curativos. Também foram descobertos em ruínas destes templos pilares e paredes com escritas sobre tratamentos e procedimentos médicos (ANTUNES 1991).

2.1.2. Roma

No Império Romano ainda prevalecia o culto a deuses e a atribuição de curas através deles, porém o estudo desta civilização nos revela uma preocupação com cuidados sanitários, monumentos e obras de higiene pública. Como exemplo pode-se citar primeiramente a cremação de cadáveres, toda a água destinada ao abastecimento da cidade de Roma chegava na cidade através de uma extensa rede de aproximadamente quatorze aquedutos com capacidade de vazão diária em mais de quinhentos litros de água por habitante, outra infra estrutura importante também eram os sistemas de condução de detritos e eliminação de esgotos e finalmente a construção de aproximadamente 1.800 balneários públicos também chamados de termas espalhados por toda a Europa. Tais obras sanitárias contribuíram para a prevenção de doenças. Como já citado o caráter religiosos prevalecia entre as famílias e no caso de alguma enfermidade era o chefe da família o responsável em orações e rituais. Este cenário demonstra claramente que a arte de curar atribuída aos médicos era ainda menosprezada e tida como não compatível com a situação de vida do cidadão romano (ANTUNES 1991).

As primeiras instituições médicas foram instaladas em Roma e ocorreram entre os séculos I a.C. com a construção de hospitais militares chamados Valetudinarium. Como o império tinha a necessidade de recuperação desta classe de doentes em função dos muitos territórios conquistados através de batalhas estes edifícios foram construídos em linhas de fronteiras ou até em campos de batalha para atendimento rápido. Estas instalações tinham a preocupação com a iluminação e ventilação naturais, sendo constituídos por vários ambientes em torno de um pátio central que garantia para todos os quartos o contato com o exterior. Esses espaços eram

dispostos em ambos os lados de um corredor central de distribuição, cuja cobertura permitia ventilação permanente (LUKIANCHUKI, 2008).

Segundo THOMPSON & GOLDIN (1975), o plano arquitetônico do Veletudinarium de Vindonissa, região atualmente conhecida por Windisch, na Suíça. Construído no século I d.C., o estabelecimento era composto por dois blocos. Havia um edifício no centro em forma de um quadrado cercado por um pátio interno. Em relatos arqueológicos acredita-se que este bloco era destinado a cozinha ou refeitório devido a marcas deixadas pelo fogo. O bloco central envolvia o pátio interno e era atravessado por um corredor central que interligava as demais alas. As áreas laterais e os fundos eram divididos nos dois lados do corredor em acessos destinados aos doentes. A parte frontal do prédio era destinada a áreas para uso administrativo como banheiros e quartos para funcionários, salas cirúrgicas, farmácia e saguão de entrada. Os quartos dos enfermos não tinham comunicação com o corredor central, agrupando-se de dois a dois com entrada através do vestíbulo. Essa disposição permitia que a poeira do corredor e o ruído do corredor fossem reduzidos no interior dos quartos. Cada quarto tinha espaço para três leitos, o que garantia uma capacidade entre 180 a 200 leitos.

Figura 3: Valetudinarium de Windisch, Suíça, séc. I d.c. planta

Fonte: MIQUELIN, 1992

Os Valetudinarium foram considerados como os precursores do hospital no Ocidente pois sua função prevalece até hoje, ou seja, servir como abrigo e despender cuidados médicos a um grande número de doentes. Também foram construídas edificações similares para atendimento a gladiadores e escravos. Diante deste fato é constatada a preocupação dos romanos em cuidar dos que lhes produziam riquezas, diversão e patrocinava seus bens, ou seja, visto que eram pagãos e desprovidos de valores cristãos como o amor ao próximo. (ANTUNES, 1991).

“(...) simples razão de não existir, entre os pagãos, o sentimentos de solidariedade humana que a religião cristã estimulou e instituiu como dever de amor ao próximo”. (CISNEROS, 1954).

A partir do início da era cristã a medicina romana perde o caráter religioso para apegar-se aos valores tecnológicos através da ascensão dos médicos. Em 117 d.C. o imperador romano Adriano concedeu aos médicos importantes privilégios como a isenção de impostos e dispensa na prestação de serviço militar. Em 205 a 235 d.C. na gestão de Alexandre Severo foi regulamentada a carreira médica e surgimento das primeiras escolas de medicina chamadas Scholamedicorum. (ANTUNES, 1991).

2.2. Idade Média – Partido em Nave e Cruciforme

Com a queda de Roma e ascensão do cristianismo o caráter religiosos continuava nas instituições ligadas a saúde pública. A partir do século IV d.C. o clero fundou várias instituições ligadas a saúde. Estes hospitais ficavam próximos a catedrais e tinham como objetivo difundir a fé cristã. São considerados os primeiros hospitais cristãos os chamados Lobotrophia, Xonodochia e Nosocomia ⁶ os quais centravam

⁶Lobotrophia recebiam doentes sem esperança de cura como leprosos e inválidos, procurando mitigar-lhes o sofrimento. Xonodochia que eram pousadas ou pensões de permanência temporária eram e serviam de refúgio e abrigo para forasteiros. Nosocomia mais se aproximavam do que hoje chamamos de hospital, eram casas para receber doentes em geral (ANTUNES, 1991).

sua atenção aos doentes. As Cruzadas⁷ também contribuíram para difundir o sistema hospitalar na Idade Média. O desenvolvimento da ciência ligada a saúde também foi notório visto que muitos conhecimentos clássicos foram traduzidos do grego para o latim possibilitando a prática clínica. Conjuntamente com os primeiros hospitais cristãos os monastérios também se difundiram através de instituições compostas por conventos, chamados de mosteiros e habitadas por monges que também foram desenvolvendo a arte da cura. Estes mosteiros tiveram condições de acumular muitas riquezas e fomentar a infra estrutura de atendimento a saúde em função das muitas heranças de monges, freiras que pertenciam a famílias nobres e doações que recebiam dos fiéis cristãos mais abastados. Nos mosteiros existia uma grande preocupação com os doentes com o objetivo de propiciar boas acomodações e boa alimentação. A primeira escola de medicina da Idade Média teria sido fundada no Mosteiro de Cassiodoro⁸ que abrigava uma volumosa biblioteca composta por tratados médicos traduzidos do grego para o latim. A leitura desses textos pelos médicos era obrigatória, bem como, a compilação de conhecimentos ligados ao estudo de ervas medicinais. Todos estes procedimentos foram ampliando a qualidade do atendimento médico e na assistência hospitalar tornando a procura por estes estabelecimentos cada vez maior por parte de enfermos (ANTUNES, 1991).

⁷As Cruzadas, determinavam grandes deslocamentos de pessoas tendo a necessidade de produzir centros de repouso e tratamento, tal fato fez com que a medicina tivesse um caráter monástico. TOLEDO (2006).

⁸ Cassiodoro (490-583) foi um patrício romano que aderira à vida monástica após ter ocupado o posto de primeiro ministro na administração de Teodorico, o Grande rei dos ostrogodos entre 474 e 526,

Figura 4: Corte transversal da enfermaria de Tonnerre e interior do edifício século XIII

Fonte: BONASTRA, 2009

A Arquitetura dos hospitais se assemelhava com as igrejas góticas, com grandes janelas e pé direito alto. Tais edificações ficavam no interior das igrejas e dos mosteiros ou em edificações anexas, fazendo parte de grandes conjuntos arquitetônicos. A finalidade era de dar assistência aos pobres e conforto aos enfermos sem um caráter curativo. Esta situação revela que o Hospital da Idade Média tinha como função servir de estrutura separatista isolando os mais pobres e enfermos da sociedade minimizando riscos sociais e epidemiológicos (TOLEDO, 2006).

Figura 5: Hospital Santo Espírito de Lubeck, 1286 (planta).
Fonte: MIQUELIN, 1992

Os hospitais cristãos mantiveram o seu funcionamento do século IX até o seu apogeu nos séculos XII e XIII. Após este período começaram a decair para serem administrados por instituições públicas. A partir do século XI a ascensão da burguesia marca uma transição nas grandes cidades o que causou o êxodo rural e consequentemente a necessidade de ampliação da rede de atendimento a saúde. Ao término da Idade Média, muitas congregações cristãs fecharam suas instituições de atendimento a saúde resultando em um fenômeno interessante, ou seja, com o declínio das instituições cristãs e transferência de sua administração do poder público os médicos não demonstravam interesse em se aproximar dos hospitais. Com o crescimento das cidades as Instituições ligadas a saúde eram um dos poucos lugares que mendigos, pessoas com doenças contagiosas ou terminais podiam procurar tendo com o passar do tempo um caráter de abrigos para necessitados perdendo a configuração de que ocorre atualmente, ou seja, estabelecimentos que continham o conhecimento para práticas terapêuticas, sendo esta função ocupada por médicos particulares. (ANTUNES, 1991).

2.3. RENASCIMENTO – Partido Quadrado e Pátio Interno

Na época medieval os hospitais cristãos serviam para muitos desprovidos de recursos financeiros acumulados pela igreja, bem como, doações dos cristãos mais

abastados. Porém no Renascimento o Estado assume a administração dos hospitais e percebe-se um crescente declínio das instituições hospitalares em função da falta de investimentos (TOLEDO, 2006).

Figura 6: Hospital Militar de Sor-el-Ghozlane - Argelia século XV

Fonte: BONASTRA, 2009

Com a ascensão da burguesia ocorreram constantes atritos gerados entre monges médicos e profissionais leigos da área da saúde caracterizando o declínio do sistema hospitalar cristão. Após este período no Renascimento ocorreu que a administração dos hospitais ficou a cargo da administração municipal. A partir do século XVI as transformações econômicas e sociais resultaram em um aumento da demanda de hospitais em função do êxodo rural. O Renascimento estimulou um grande fluxo migratório dando origem a vadiagem, mendicância fator este que ampliava mais a demanda dos hospitais (ANTUNES, 1991).

Os hospitais eram verdadeiros depósitos de doentes e a maioria das pessoas não retornavam desses ambientes insalubres. Visando maior privacidade eram colocados entre os leitos cortinas pesadas que se tornaram focos de infecções pelas péssimas condições de higiene, prejudicando a iluminação e a ventilação naturais.

O aquecimento dos ambientes era feito através de fornos a carvão e lareiras que prejudicavam a qualidade do ar (LUKIENTCHUKI, 2008).

Figura 7: Hospital Militar de Sor-el-Ghozlane - Argélia século XV

Fonte: MIQUELIN, 1992

2.4. IDADE MODERNA – Modelo Pavilhonar

Na Europa da metade do século XVIII existiu a necessidade de organização urbana de várias cidades européias. Diversas razões entre elas a questão econômica transformaram as cidades em grandes áreas industriais. O poder político começava a preocupar-se pela organização das cidades devido ao êxodo rural. Surge o medo das grandes aglomerações causadas pelo excesso populacional como epidemias urbanas, proximidade com os cemitérios cada vez mais numerosos, esgotos e segurança geral. A fim de dominar estes fenômenos médicos e políticos foram criadas diversas ações como divisão em bairros, aumento da segurança e ações de desinfecção. (FOULCALT, 1989).

A partir do final do século XVIII a organização hospitalar seria modificada com a introdução da medicina profissional leiga aos hospitais germânicos. A medicina profissional leiga se desenvolveu durante a Idade Média e Renascimento independente dos hospitais atendendo a quem tinha recursos financeiros para

atendimento em suas residências. Porém a partir do século XVI, alguns fatores contribuíram para a aproximação dos médicos aos hospitais, a primeira foi uma reforma legislativa na Alemanha que incorporava a atenção médica de deveres da hospitalidade, o segundo é que no século XVI os hospitais foram inserindo a atenção médica nos hospitais a fim de reduzir sua demanda e o terceiro foi que no início do século XVIII a cidade holandesa de Leyden instituiu hospitais como centro de estudo e ensino da medicina. (ANTUNES, 1991).

Inicialmente, surge a Medicina Social na Alemanha no século XVIII bem antes da França e Inglaterra. Foi importante a intervenção do Estado para esta situação. Na Alemanha foi desenvolvida uma prática médica preocupada com o nível da saúde da população ao passo que na França e Inglaterra a única preocupação relativa com a saúde foi determinar levantamentos de mortalidade e natalidade. A questão da normatização para garantir procedimentos médicos através de universidades e categorias médicas sobre epidemias e tipos de tratamentos também foram fatores relevantes. Percebe-se que houve desde o final do século XVI e começo do século XVIII uma estreita relação da saúde com o mercantilismo que consistia em conservar a produção da população ativa, a produção de cada indivíduo ativo com o objetivo de estabelecer fluxos comerciais que poderiam possibilitar a entrada do Estado maior da grande quantidade de dinheiro, não esquecendo a força dos exércitos que garantiam a segurança real. (FOULCALT, 1989).

Figura 8: Hospital Lariboisiere, Paris, 1846-1854. (a) planta; (b) croqui.

Fonte: MIQUELIN , 1992

Os sistemas obrigatórios de registros internos foram introduzidos: a identificação do paciente era feita, primeiro através de uma etiqueta amarrada em seu punho, mais tarde surge a ficha individual que se transformaria posteriormente no contemporâneo dossiê do paciente. A medicina era considerada como uma política de exclusão que era destinada a internamento para loucos , malfeitores e prostitutas. Como exemplo, se um indivíduo contraísse a lepra era expulso da cidade a fim de garantir a segurança da cidade. Tal situação perdurou até o século XVII. Um dos fatores importantes considerados na medicina social ou urbana consiste na preocupação com a circulação do ar e da água. (FOULCALT, 1989).

Já no século XVIII acreditava-se que o ar tinha uma influência direta sobre o organismo por veicular miasmas ou porque a qualidade do ar frio, quente, seco ou úmido em demasia se comunicava com o indivíduo pois agia diretamente por ação mecânica, pressão direta sobre o corpo. O ar era considerado um fator patogênico. Mantendo a qualidade do ar nas cidades fazer com que o ar seja sadio. Portanto uma ação urbana era abrir longas avenidas no espaço urbano para manter o bom estado de saúde da população. (FOULCALT, 1989).

A medicina urbana da França aparece pouco antes da Revolução Francesa com a preocupação de haver salubridade nas cidades. Na Assembléia Constituinte em 1790 foram criados comitês para garantir a salubridade que era considerada base material para garantir a melhor saúde dos indivíduos. (FOULCALT, 1989).

Segundo SILVA, 2001 foram fixados os seguintes critérios para o hospital moderno de fins do século XVIII:

1. O estudo da localização do novo hospital para a questão urbanística, com a programação de espaços internos, seguindo a lógica médico-sanitária.
2. Os leitos coletivos foram abolidos ficando um leito por paciente, limitando-se o número de leitos por enfermaria.
3. Os médicos serão responsabilizados pela organização hospitalar.
4. Surge a profissão de médico de hospital.

2.4.1. Contribuições de Tenon, Howard e Tollet.

Em 1777 o Rei Luiz XVI nomeou uma comissão da Academia Real de Ciências para tentar solucionar diversos problemas existentes no Hotel Dieu em Paris após enorme incêndio que ocorreu em 30/12/1777 que destruiu as áreas mais antigas do hospital. Entre especialistas destaca-se o médico, cirurgião e oftalmologista Jaques René Tenon (1724-1816). Esta comissão descreveu uma série de indicativos negativos sobre o funcionamento do hospital. Segundo Tenon morria um entre cada quatro doentes. Declarações de outro especialista John Howard que teria visitado diversos hospitais da Europa e também afirmou que um dos piores hospitais da Europa era o Hotel Dieu em Paris. Nas áreas de obstetrícia a cada quinze partos uma criança nascia morta. Havia grandes índices de infecções, alta mortalidade entre cirurgiões e atendentes. (ANTUNES, 1991).

Os membros da comissão viram os mortos junto com os vivos; salas de estreitos corredores, onde o ar se corrompe por falta de renovação e a luz penetra apenas debilmente e carregada de vapores úmidos; os convalescentes misturados nas mesmas salas dos doentes, os moribundos e os mortos; (...) a sala de alienados contígua à dos infelizes que sofreram as mais cruéis operações e que não podem esperar nenhum repouso tão próximos a esses dementes, cujos gritos frenéticos se ouvem dia e noite (...) ⁹

Através de vários relatórios elaborados por Tenon, dentre eles um livro chamado *Memories sur lês hospitaux de Paris* que estabelece um projeto para construção de novos hospitais. Este projeto exerceu um forte fascínio sobre gerações de médicos, arquitetos e administradores vinculados aos edifícios hospitalares. O projeto de Tenon foi aplicado na construção de hospitais na Europa como: o Hospital de Santo André, Bordeaux na França concluídos em 1821, O Hospital de São João em Bruxelas, na Bélgica, estabelecido em 1848, o Hospital Laribousiere em Oaris inaugurado em 1854. Com relação a Arquitetura Hospitalar o projeto de Tenon foi responsável pela introdução do Pavilhão Hospitalar. A divisão do hospital em vários pavilhões visava reduzir o contágio de doenças tentando resolver um dos principais problemas em hospitais da época, a insalubridade através da estagnação do ar e a umidade. Os hospitais deveriam ser divididos em blocos retangulares com portas e janelas com a ventilação natural e iluminação no ambiente interno. Os pavilhões deveriam ser construídos com tijolos e pedras para proteger a edificação no caso de ocorrência de incêndios. Os pavilhões deveriam ter no máximo 3 andares com as escadas bem ventiladas a fim de garantir a renovação de ar nas enfermarias. Existiam medidas que serviam para evitar o contágio entre doentes e funcionários. As camas coletivas foram abolidas. Os enfermos deveriam ser divididos conforme a categoria da doença. (ANTUNES, 1991).

⁹ J.R. Tenon, *Memoires sur lês hospitaux de Paris*.

No texto “O Nascimento do Hospital”, foram registradas pesquisas realizadas no século XVII e XVIII pelo inglês Howard durante viagens realizados na Europa percorrendo hospitais, lazaretos e prisões e do francês Tenon atendendo a solicitação da Academia de Ciências de Paris, quando da reconstrução do Hotel Dieu, atual Hospital de Paris, após incêndio que o destruiu em 1777. (FOULCALT, 1989).

Figura 9: Hôtel Dieu de Paris antes do incêndio de 1777.

Fonte: TOLEDO, 2006

Na Idade Média o hospital não era utilizado com o intuito de curar os pacientes constituindo uma instituição não hospitalar, atendendo aos pobres em fase terminal, e pacientes com doenças contagiosas. Através de uma observação sistemática de efeito comparativo entre os hospitais estudiosos como o inglês John Howard e o

francês René Tenon levantaram através de diversas visitas a hospitais da Europa e relação entre o número de doentes, o número de leitos e a área útil dos hospitais, a extensão e a altura das salas, a cubagem do ar que cada doente dispõem e a taxa de mortalidade e de cura. Além de levantamentos quantitativos foram constatados também fenômenos patológicos e espaciais, ou seja, importantes dados foram relacionados a pacientes feridos e sua localização e cura, também a proximidades de pacientes com doenças contagiosas. As trajetórias seguidas pela roupa branca, roupa suja. Enfim todos estes relatos contribuíram para o nascimento do atual sistema de setorização hospitalar cujas preocupações incluem infecção hospitalar, contágio. Já nesta época foram analisadas algumas operações cirúrgicas porque eram melhores sucedidas em alguns hospitais em função da ventilação e comunicação da roupa branca. (FOULCALT, 1989).

“Surge, portanto, um novo olhar sobre o hospital considerado como máquina de curar e que, se produz efeitos patológicos, deve ser corrigido”.(Foulcalt, 1992).

Figura 10: Plantas das Enfermarias projetadas por Tenon

Fonte: SILVA, 2001

Também vale a pena ressaltar a contribuição que o Engenheiro Casimir Tollet (1892), criando uma solução para renovação de ar nas enfermarias através de paredes em arco (Figura 11). Tollet também realizou uma ampla revisão na arquitetura hospitalar analisando todas as características físicas dos hospitais estudando o espaçamento entre camas, condições de insolação, ventilação, calefação, circulação do ar, custos por paciente e coeficientes de mortalidade (TOLEDO 2006).

Figura 11: Enfermaria projetadas por Tollet.

Fonte: TOLEDO (2006).

2.4.2. A Enfermaria de Nightingale.

Na Inglaterra Florence Nightingale, propõe idéias para novas enfermarias que ajudaram a reduzir as taxas de mortalidade. Foram estabelecidas bases para o que ficaria conhecida como enfermaria de Nightingale composta por um salão longo e estreito com leitos dispostos perpendicularmente, com grande pé direito e grandes janelas entre os leitos em ambos os lados promovendo a ventilação cruzada e iluminação natural. A enfermaria de Nightingale constituiu o elemento mais importante da anatomia do hospital do fim do século XIX, tal anatomia dividia as funções de internação, cirurgia e diagnósticos, consultórios, administração e serviços de apoio (TOLEDO, 2006).

Figura 12: Enfermaria Nightingale, 1857.
Fonte: MIQUELIN, 1992

Figura 13: Enfermaria Nightingale, 1857.
Fonte: TOLEDO, 2006

Segundo SILVA (2001), as diretrizes de Nightingale tinham os seguintes objetivos:

1. Promover a separação do fluxo de objetos limpos e sujos.
2. Limitar o número de pacientes em cada enfermaria.
3. Oferecer ao conjunto dos usuários a ventilação e a iluminação ideal para as salas; estabelecendo o pé-direito ideal, o número de pavimentos, a ocupação do terreno, a volumetria mais adequada .
4. Iniciar o zoneamento funcional através da separação dos doentes por sexo e por patologia, assim como pela especialização dos diferentes serviços.

Segundo SILVA, 2001, no final do século XIX o Hospital passa a ser considerado um local para tratamento terapêutico e os fatores tecnológicos responsáveis foram:

1. O surgimento da anestesia reduzindo o sofrimento dos pacientes no caso de uma cirurgia, porém ainda assim os níveis de mortalidade ainda eram grandes pois não havia a assepsia nas salas cirúrgicas. Só em 1865 Joseph Lister, apoiado por teorias microbiológicas de Pasteur, cria a assepsia em hospitais definindo alguns procedimentos como: a desinfecção de instrumentos à serem utilizados em cirurgias.
2. Todos os médicos e enfermeiros deveriam lavar as mãos com solução fênica antes do procedimento cirúrgico e as salas deveriam ser vaporizadas com a mesma solução fossem vaporizadas com a mesma solução.
3. Boa ventilação e isolamento dos pacientes com doenças infecto-contagiosas, as mesmas deveriam ficar em blocos separados.
4. Sistema de abastecimento de água potável.
5. Coleta e tratamento de esgoto.
6. Iluminação Artificial.
7. Todos estes procedimentos tornaram obrigatória a modificação da morfologia das plantas baixas para adequação a novos equipamentos transformando o hospital em um ambiente ideal para tratamentos terapêuticos e para o processo de cura do paciente.

O Brasil foi o segundo país a construir uma edificação destinada a receber os enfermos com o Hospital de Santa Cruz da Misericórdia de Santos em 1543. Após este período foram construídas várias “Santas Casas de Misericórdia” difundindo o catolicismo. A primeira Santa Casa de Misericórdia no Modelo Pavilhonar (Figura 14) foi construído em São Paulo, projetada pelo engenheiro italiano Luis Pucci, sendo o seu projeto influenciado pela Hospital Lariboisiere de Paris. (TOLEDO,2006)

Figura 14: Santa Casa de Misericórdia de São Paulo, 1884.
Fonte: (MIQUELIN, 1992).

2.5. SÉCULO XX – Monobloco Vertical

Enquanto o modelo pavilhonar se consolidava na Europa na América do Norte o modelo começa a ser substituído pelo modelo Monobloco Vertical composto por edifício de vários pavimentos, incorporando novas tecnologias como o concreto armado no sistema construtivo, elevadores com maior velocidade e capacidade em contraposição aos enormes percursos dos hospitais pavilhonares. Podendo ser citado como exemplo o Hartford Hospital (Figura 15) em Connecticut concluído em 1929. (TOLEDO, 2006).

Figura 15: Hartford Hospital – Connecticut – EUA.

Fonte: TOLEDO, 2006

O hospital do século XX é caracterizados por várias zonas funcionais, surgindo os hospitais-torre, possibilitando a concentração dos compartimentos por em vários pavimentos, facilitariam os serviços reduzindo as distâncias internas. As modificações que irão ocorrer no decorrer dos anos está relacionada com renovação tecnológica e novas áreas para acolher novos equipamentos (SILVA , 2001).

Construídos na década de 20, organizavam as funções hospitalares em cinco setores básicos: no subsolo os serviços de apoio, no térreo os consultórios médicos, o pronto atendimento e o serviço de raios X (então chamado de eletromedicina), no primeiro andar o laboratório e os serviços administrativos, nos pavimentos intermediários as áreas de internação, no último o bloco operatório. O sótão era usualmente ocupado pelos residentes médicos e de enfermagem. (Miquelin, 1992).

O Hospital Memorial França – Estados Unidos, se destacou na Europa pois sua anatomia é um desdobramento do monobloco vertical, criando uma anatomia que pode ser chamada de mista ou anatomia torre-bloco: um edifício vertical que abriga as unidades de internação e o bloco cirúrgico, no último andar, apoiado sobre um bloco horizontal que contém os serviços de apoio e de diagnóstico. A filosofia de concepção

do projeto baseou-se na possibilidade de diminuição dos tempos de hospitalização, através da maior eficácia do pessoal médico e paramédico e da qualidade dos meios de diagnóstico e tratamento. O Hospital possuía oito pavimentos de internação, cada um com duas unidades servidas por um corredor central, foram superpostos ao bloco de serviços logísticos e médicos. O nó de circulação vertical localiza-se na intersecção das unidades de internação (MIQUELIN, 1992).

Figura 16: Hospital Memorial França-Estados Unidos, Saint-lô, 1955.
Fonte: (MIQUELIN, 1992).

No Brasil o monobloco vertical que segue a variante de uma torre construída sobre uma lâmina horizontal pode ser representada através do projeto do Instituto do Câncer construído em 1953 e projetado pelo arquiteto Rino Levi .

Figura 17: Instituto do Câncer - Projetado por Rino Levi, 1953.

Fonte: TOLEDO,2006

2.6. ANÁLISE MORFOLÓGICA

A análise de todas as morfologias que ocorreram no decorrer da história revela a necessária reflexão sobre os fatores responsáveis para estas mudanças. A questão política religiosa prevalece sobre a valorização e posicionamento da instituição hospitalar com o paciente, ou seja, na Idade Média o hospital tinha a função de isolar os pacientes com doenças contagiosas da sociedade. Já na Idade Moderna, o mesmo começa a ser considerado como um estabelecimento destinado a promover a cura.

Figura 18: Morfologia Arquitetônica do Edifício Hospitalar

Fonte: MIQUELIN, 1992.

A questões relacionadas com as variantes ambientais como a ventilação e iluminação naturais foram evoluindo, fato que contribuiu para o desenvolvimento de novas tipologias arquitetônicas como o exemplo do modelo pavilhonar de Rene Tenon.

No século XX, o desenvolvimento das ciências médicas e biológicas na área da microbiologia e controle da infecção hospitalar proporcionaram o conhecimento para que os edifícios hospitalares pudessem alterar sua tipologia, como exemplo, o Monobloco Vertical.

CAPÍTULO 3

RECURSOS FÍSICOS

E FUNCIONAIS EM EAS

Este capítulo tem como objetivo abordar todos os aspectos de recursos físicos inerentes a arquitetura hospitalar com relação a tipologias volumétricas, planejamento hospitalar, instalações, setorizações, acesso e circulações, assim como, conceitos que também apresentam relevância na atualidade como a contiguidade e humanização. Todos estes aspectos são importantes no processo projetual e possuem relação com a eficiência energética do edifício hospitalar, bem como, níveis de conforto ambiental conforme será explanado futuramente nos próximos capítulos.

3.1. O PLANEJAMENTO HOSPITALAR

As principais tendências e tecnologias na gestão de edifícios hospitalares são classificadas em manutenção e planejamento de recursos físicos do hospital, que podem ser implantados através de mão de obra terceirizada ou através de uma agência de consultoria trabalhando com os próprios funcionários do hospital. Um fator relevante para o planejamento hospitalar seria o envolvimento de diversos profissionais no processo projetual e uso dos edifícios da saúde. Os profissionais envolvidos nas políticas de saúde avaliam os custos da construção, instalações e manutenção. O foco do paciente são os fluxos claros, distâncias curtas e boas

condições de conforto ambiental. O foco dos funcionários do hospital estaria relacionado com a funcionalidade de todos os setores e o foco dos arquitetos e engenheiros seria se os usuários de uma maneira geral estão utilizando o edifícios de maneira correta. (MIQUELIN, 1992)

Os espaços, sistemas de instalações (elétrica, hidráulica, ar condicionado e gases), mobiliários e equipamentos afetam a qualidade do hospital no tocante a questão da produtividade e custos operacionais e estão relacionados a todas as variantes de conforto (térmica, acústica, iluminação e ergonomia). Uma boa organização desses recursos físicos com certeza também será uma importante ferramenta na redução de desperdícios na saúde. (MIQUELIN, 1992)

Segundo MIQUELIN (1992) , os aspectos relativos a avaliação de edifícios para a saúde notam-se problemas existentes relativos a questões projetuais onde os envolvidos com políticas de saúde deveriam avaliar os custos de construções, instalações e manutenção dos edifícios para determinar as metas de investimentos. Todo o planejamento hospitalar deve ter como premissa o atendimento de exigências humanas e condições ambientais pois o atendimento de diferentes interesses podem prejudicar a harmonia no ambiente hospitalar. Os itens abaixo representam os fatores relevantes para critérios de avaliação de estabelecimentos assistenciais de saúde:

- Fluxos e circulações
- Iluminação natural e artificial
- Distâncias entre a recuperação de cirurgias e salas de cirurgia ou parto
- Recepções mais organizadas
- Visibilidade de área de recuperação pós-operatória para o posto de enfermagem
- Possibilidade de expansão com a menor interferência possível com os serviços vizinhos, sistemas de circulação e serviços internos.

Em consequência do processo evolutivo da arquitetura hospitalar, surge a necessidade de atender a necessidades ligadas a humanização e ao conforto ambiental, levando em consideração que o paciente pode tornar-se um hóspede por

um tempo, assim o projeto arquitetônico voltado para estabelecimentos assistenciais de saúde deve atender aos critérios técnicos e compatíveis com a questão físico-funcional buscando sempre a satisfação, conforto e segurança do usuário .(BITENCOURT, 2008)

Devido a complexidade da edificação hospitalar no que tange a questão do custo para implantação é necessário a elaboração do Plano Diretor Hospitalar (PDH) com o objetivo de traçar diretrizes de expansão do EAS para aspectos físicos e toda a infra estrutura necessária. Pode ser elaborado para unidades existentes ou para novos projetos. O projeto também exige um nível de compreensão por parte do arquiteto das normatizações decorrentes da quantidade de diversas funções que o estabelecimento oferece. O projeto arquitetônico deve contemplar as relações entre estas diferentes unidades, assim como práticas e procedimentos. O arquiteto deverá conhecer as necessidades de infra-estrutura definindo o número e localização de tomadas, interruptores, pontos de oxigênio, ar comprimido (industrial e medicinal), oxido nitroso, vácuo, iluminação, exaustão e ar condicionado. Portanto deverão ser consideradas as relações entre diferentes unidades como fluxo de pacientes e acompanhantes da equipe médica e demais funcionários, dos alimentos do material contaminado, de cadáveres, etc. evitando contaminação provocada pelo cruzamento de materiais limpos e contaminados entre pacientes portadores de doenças infectocontagiosas e outros pacientes. (TOLEDO, 2006)

Problemas operacionais geram custos desnecessários, principalmente relacionados a grandes percursos e uma intensa dificuldade em atualização dos espaços em função de ampliações de determinados setores ou mesmo inovações tecnológicas, portanto o planejamento hospitalar é fruto do processo projetual do edifício que deve contemplar todas as necessidades funcionais e tecnológicas.

Com relação a volumetria do edifício hospitalar são apresentadas à seguir as tipologias Horizontal e Vertical estabelecendo as características de cada uma delas.

Hospital Horizontalizado ou Pavilhonar – Com relação as condições ambientais apresenta um gama maior de possibilidades de aplicação da arquitetura bioclimática e em consequência da redução de consumo de energia, possibilitando a utilização

de tipologias arquitetônicas de conforto ambiental como ventilação e iluminação naturais. Também deve ser compatível com o terreno, a localização, acessos, estacionamentos, áreas livres, zoneamento, etc. Como ponto negativo apresenta a problemática relacionada com as extensas áreas dentro de um mesmo pavimento gerando problemas relacionados as circulações e acessos. (POMPEU, 2010).

Hospital Verticalizado - Caracterizado por uma torre abrigando geralmente o setor de internação e centros cirúrgicos e no pavimento térreo e 1º pavimento abrigando os demais setores, entre eles atendimento ao paciente externo, ambulatórios, diagnósticos, administração e serviços. Possibilitando dois acessos em níveis diferenciados é de grande eficiência para separar os acessos de serviço e acessos principais. Esta tipologia apresenta uma boa opção principalmente para grandes centros urbanos onde a oferta de grandes terrenos é escassa, também graças aos avanços tecnológicos e o correto dimensionamento de tráfego dos elevadores comprova que a circulação vertical constitui um eficiente partido arquitetônico. (POMPEU, 2010)

Segundo MIQUELIN (1992), abaixo são apresentadas os esquemas de classificação de estratégias de planejamento hospitalar.

Vertical:

1. Torre Simples – Bloco ou Podium
2. Torre Complexa – Bloco
3. Torre Radial – Bloco
4. Laminas Articulas – Bloco
5. Monolito ou Monobloco Vertical

Figura 19: Esquema de classificação de estratégias de planejamento hospitalar

Fonte: MIQUELIN, 1992

Horizontal:

6. Lâminas independentes articuladas
7. Pente e Pavilhão
8. Pátio Extendido
9. Pátio Compacto
10. Monólito ou Monobloco Horizontal

Figura 20: Esquema de Classificação de estratégias de planejamento hospitalar.

Fonte: MIQUELIN, 1992

Quanto a quantidade de leitos o EAS pode ser classificado em pequeno, médio e grande porte segundo TOLEDO (2006), um hospital com capacidade para internação de mais de 200 leitos é considerado de grande porte, de 40 a 200 leitos de médio porte e menos de 40 leitos pequeno porte. Para um hospital com abrangência em torno de 180 a 200 leitos (considerando como parâmetro de 70,00 m² / leito), sendo que as tipologias das Unidades Hospitalares podem ser classificadas como:

- Hospital Geral
- Hospital de emergência
- Hospital Pediátrico ou Infantil
- Maternidade
- Hospital de Apoio
- Hospital Especializado
- Unidade Mista

Segundo a OMS (Organização Mundial da Saúde) os Edifícios de Assistência a Saúde são classificados em três níveis:

- **HOSPITAL NÍVEL 1** – Para Assistência Primária

UBS (Unidade Básica de Saúde) – Sem internação, sem atendimento de emergência.

- **HOSPITAL NÍVEL 2** – Para Assistência Secundária

Hospitais Gerais Distritais com internação, com atendimento de emergência, com as especialidades básicas.

- **HOSPITAL NÍVEL 3** – Para Assistência Terciária

Hospitais de Base com internação, com atendimento de emergência, com todas as especialidades de cirurgia.

NÍVEL 1	COMPLEXIDADE 1	Medicina Preventiva Tratamento Odontológico
	COMPLEXIDADE 2	Complexidade 1 Atendimento Ambulatorial sem internação
	COMPLEXIDADE 3	Complexidade 2 Cirurgias Ambulatoriais

NÍVEL 2	COMPLEXIDADE 1	NÍVEL 1 4 Especialidades básicas (Pediatria, Oftalmica, Clínica Médica Clínica Cirúrgica). Emergência Diagnóstico Simples (Raio-x e Laboratório)
	COMPLEXIDADE 2	Complexidade 1 UTI
	COMPLEXIDADE 3	Complexidade 2 Diagnósticos mais avançados (Ultrasson, Ecocardiogramas Tomografia).

NÍVEL 3	COMPLEXIDADE 1	NÍVEL 2 Quase todas as Especialidades
	COMPLEXIDADE 2	Complexidade 1 Unidades Especializadas
	COMPLEXIDADE 3	Complexidade 2 Transportes (Normalmente associado à Universidades)

Tabela 1: Classificação dos Edifícios Assistências de Saúde
segundo a OMS (Organização Mundial de Saúde)

3.2. Expansividade e Flexibilidade:

A partir do final da década de 50, as ciências médicas têm se desenvolvido com a maior intensidade e os avanços nas ciências médicas tem ocorrido nas áreas da cardiologia, diagnósticos de imagem de cirurgias gerais e análises clínicas. Sendo que todas estas mudanças fazem com que os hospitais alterem sua estrutura a nível de dimensões alterando as alvenarias e instalações. (MIQUELIN, 1992)

Segundo MIQUELIN (1992), no projeto do hospitalar o arquiteto pode considerar os fatores descritos abaixo para minimizar os aspectos negativos com relação a expansividade e flexibilidade:

- Adequação de uma única modulação em todas as áreas.
- Espaços padronizados
- Vários blocos independentes
- Possibilidade de manutenção e flexibilidade nos sistemas de instalações.
- Uso de paredes não estruturais como divisórias para áreas não assépticas
- As áreas mais complexas deverão estar próximas a áreas com um fator de complexidade reduzida (administração) para no caso de uma expansão utilizar esta área.

Segundo MIQUELIN (1992), alguns serviços de apoio logístico podem ser terceirizados, ou seja, não fazem parte do hospital, podem ser realizados externamente como em edifícios separados como lavanderia, esterilização ou serviços de nutrição. Com o aumento da complexidade dos hospitais nos últimos 100 anos os hospitais apresentam os seguintes dados com relação a expansão:

ÉPOCA	ÁREA BRUTA POR LEITO
Hospital Pavilhonar Nightingale	20 m ²
Entre as 2 Grandes Guerras	30 m ²
Atual	80 m ²
Hospitais Ensino	115 m ²

Tabela 2: Expansão dos Hospitais nos últimos 100 anos
Fonte: MIQUELIN, 1992

Figura 21: Evolução da das áreas do hospitais

Primeiro gráfico: crescimento das áreas de internação e diagnóstico e tratamento por leito.

Segundo gráfico: crescimento relativo das áreas de diagnósticos e tratamento em relação as áreas de internação.

Fonte Miquelin, 1992 pag. 198

As ampliações que se fazem necessárias em hospitais muitas vezes estão relacionadas com o avanço da tecnologia e não somente um aumento substancial na demanda do hospital. Outro fator determinante percebe-se também através da adequação de determinadas áreas a novas especialidades. Portanto, é imprescindível que tais mutações futuras sejam consideradas no processo projetual e posteriormente no planejamento hospitalar.

Em função desta dificuldade em realizar adequações eficientes muitos investimentos apresentam um caráter superficial visando apenas “melhorar a imagem do hospital”, tais recursos poderiam ser empregados em aplicações mais eficientes reduzindo desperdícios e custos desnecessários. (MIQUELIN, 1992)

A modulação constitui uma eficiente solução para futuras ampliações e alterações funcionais, sendo realizada através do alinhamento de pilares permitem a compatibilização entre a estrutura e instalações preservando a flexibilidade espacial. As instalações constituem um dos maiores problemas que impedem a flexibilidade do sistema sendo que quando estão localizadas nos pilares são mais eficientes. Outra boa opção também seria a instalação de sistema de forro falso, pois todas as instalações (elétrica, incêndios, ar condicionado, logística, etc...) podem passar pelo

forro possibilitando melhores acessos a manutenção e alterações arquitetônicas. (POMPEU, 2010)

Segundo GOES (2004), a planta livre, a modulação, o sistema de painéis têm possibilitado uma melhor flexibilidade na alteração de paredes e instalações. Os fatores que devem ser considerados na flexibilidade são:

- Adotar, se o número de pavimentos permitir, o elevador hidráulico que dispensa casa de máquinas e possibilita sua ampliação vertical. Eles podem atender até 10 pavimentos.
- Adotar o módulo técnico ou prumada de circulação e instalações verticais acopladas ao pavimento técnico, possibilitando a planta livre e facilidade de manutenção.

3.3. Contigüidade

Segundo MIQUELIN (1992) os fatores que determinam a Contigüidade¹⁰ de um edifício hospitalar são:

- Acessos externos, controles e recepções,
- Fluxos entre as unidades,
- Fluxos internos às unidades,
- Interferências da arquitetura com a diminuição dos riscos da infecção hospitalar,
- Custos operacionais devido a necessidade de alocação de departamentos com recursos humanos e materiais.
- Estratégias de distribuição de mantimentos.

¹⁰Contigüidade : Aspecto do planejamento Físico segundo a Anatomia do Hospital ou distribuição e implantação das unidades uma em relação as outras. MIQUELI, pag, 178.

3.4. Setorizações, Acessos e Circulações

As áreas destinadas a circulação nos ambientes hospitalares conforme a tipologia adotada pelo arquiteto (vertical ou horizontal) constitui importante veículo de interligação entre os diversos setores que compõem o edifício, a tabela abaixo demonstra a divisão estrutural em setores conforme POMPEU (2010) e posteriormente a disposição de tal estrutura através de um corte esquemático.

SETOR		UNIDADES
1	Setor do Paciente Externo	Unidade de ambulatório
		Unidade de emergência
		Unidade de promoção e vida
2	Setor de Recursos auxiliares de diagnóstico. Terapia e Reabilitação	Unidade laboratorial de patologia clínica
		Unidade de radiologia e imagenologia
		Unidade de banco de sangue
		Unidade de fisioterapia
3	Setor de Internação (Hotelaria)	Unidade de internação pediátrica
		Unidade de internação obstétrica
4	Setor de alta decisão	Unidade de Centro Cirúrgico - UCC
		Unidade de Tratamento Intensivo - UTI
		Unidade de Centro Obstetra - UCO
5	Setor de Informação, Administração e conforto pessoal de nível superior	Serviço de Arquivo Médico e Estatística
6	Setor de Processamento de Materiais	Serviço de Nutrição e Dietética - SND
		Serviço de Lavanderia e Costura - SLC
		Serviço de Esterilização de Materiais - SEM
		Serviço de Almoxarifado Ativo - SAA
7	Setor de coleta, Manutenção Suprimentos e Serviços Gerais	Serviço de IML
		Serviço de Transporte Interno
		Serviço de Transporte Externo

Tabela 3: Classificação hospitalar por setores

Fonte: Elaborado pela autora baseada em POMPEU, 2010

Figura 22: Corte Esquemático com divisão entre setores

Fonte: Desempenho elaborado pela autora com referência em POMPEU, 2010.

Os problemas relacionados com a má circulação de ar em áreas de espera, bem como a falta de ventilação natural e uso de ar condicionado a mistura de pacientes pode ser um fator de disseminação de doenças. A circulação apresenta um ambiente importante pois interliga vários setores sendo classificada entre: verticais (elevadores), inclinadas (rampas) ou horizontais (corredores). O que se percebe atualmente em unidades hospitalares é que os corredores que tem a funcionalidade de interligação horizontal em diversas áreas adquire um caráter de sala de espera. Tal situação deverá compor uma boa estrutura de ventilação natural, iluminação natural e conforto térmico para um bom funcionamento e conforto humano. Outro problema existente nos corredores de espera como falta de espaço, os auxiliares circulam como lixo contaminado, ambientes com má ventilação, ambientes abafados e aquecidos, tudo isto com pacientes com várias doenças. Isto significa um grande problema de qualidade do ar. As áreas comuns como as áreas de circulação por serem ambientes obrigatórios não apresentam um fator tão importante para os projetistas, sendo que ao valorizar tais ambientes conferindo-lhe a luz natural e que pode valorizar. A ausência de ventilação, de privacidade, de conforto térmico, acústico e visual devem ser evitados em áreas de espera visto que o paciente que procura o atendimento médico já apresenta características psicológicas abaladas e desconfortáveis sendo tal problema um fator agravante no quadro geral do paciente .(COSTI, 2002)

Segundo CAMPOS (1998), para estabelecer a tipologia de edifícios da saúde o arquiteto deve adequar as peculiaridades epidemiológicas, populacionais e geográficas da região onde o hospital será inserido, portanto o programa arquitetônico irá variar de caso a caso, conforme as atividades distintas. Em resumo, não existe uma listagem de ambientes pré definidos e sim uma listagem de ambientes que deve ser usada pela equipe de planejamento do EAS na medida em que está montando o programa do Hospital. Ressaltando que o arquiteto deve considerar as normatizações vigentes para definição do fluxograma do projeto hospitalar. A figura abaixo demonstra o diagrama que a Resolução RDC 50 – ANVISA determina para o Edifício Hospitalar.

Figura 23: Diagrama de Hospital geral Segundo a Norma RDC 50 -ANVISA

Fonte: RDC 50 - ANVISA

3.5. Instalações

Segundo MIQUELIN (1992), os sistemas de instalações em EAS se dividem em 3 itens principais: Instalações hidráulicas, instalações elétricas e instalações fluido mecânicas conforme especificação abaixo:

Instalações Hidráulicas:

- Água Fria
- Água Quente
- Drenagem de águas pluviais
- Sistemas de Prevenção e combate à Incêndios
- Esgotos Sanitários e Ventilação
- Gás Combustível

Instalações Elétricas:

- Suprimento (entrada) de energia em média tensão;
- Subestação Rebaixadora de média tensão;
- Distribuição de força em baixa tensão;
- Iluminação a tomadas de corrente interna;
- Iluminação Externa;
- Geração de energia de emergência;
- Para-Raios e luz de obstáculo;
- Terra de proteção
- Alarme de incêndio;
- Telefonia com central de PABX;
- Sistemas de Automação;
- Sonorização e TV a cabo;
- Sinalização de Enfermagem;
- Redes de Computação.

Instalações Fluido Mecânicas:

- Ar Comprimido;
- Vácuo
- Oxigênio;
- Protóxido de Azoto.

Instalações de Ar Condicionado e Ventilação Mecânica:

- Ar Condicionado com filtragem absoluta nas áreas assépticas;
- Ar condicionado por conforto;
- Ventilação e Exaustão mecânica na esterilização, lavanderia e cozinha.

“As instalações de um hospital contemporâneo são compostas por uma série impressionante de sistemas relacionado com energia elétrica, água, comunicações, fluídos, instalações mecânicas, esgoto, condicionamento artificial de ar e ventilação”.¹¹

Segundo MIQUELIN (1992) , os fatores que podem ser discutidos a fim de avaliar os sistemas de instalações de um hospitalar são:

- As centrais energéticas e de equipamentos compostas por cabines de transformação de energia elétrica, centrais de gases, de ar comprimido, vácuo, caldeiras, caixas d'água, centrais de equipamentos de ar condicionado devem estar posicionadas de maneira estratégica reduzindo o percurso de distribuição destes sistemas.
- As áreas com exigências de instalações semelhantes devem estar próximas viabilizando assim a sua distribuição.
- Facilidade de acesso aos sistemas para manutenção e quando houver devem ocorrer o mínimo de perturbação ao atendimento.
- A Adequação das estratégias de instalações a todas as exigências de assepsia.
- Atendimento a todas as normatizações vigentes.

“Principalmente da década de 60 em diante os sistemas de instalações tem ocupado espaço cada vez maior e exigidos investimentos também maiores dentro dos hospitais contemporâneos. As razões para esta expansão do volume e complexidade dos sistemas de instalações e seus respectivos investimentos estão relacionados a própria sofisticação e exigências crescentes de determinadas atividades de atendimento e diagnóstico”.¹²

¹¹ MIQUELIN, Lauro. Anatomia dos Edifícios Hospitalares. São Paulo: Cedas, 1994. pag, 201

¹² IDEM. pag, 202

3.6. Humanização

Todas as variantes ambientais (térmica, acústica, iluminação, cores e ergonomia) estão diretamente relacionados com a humanização hospitalar, contribuindo para a qualidade e conforto humano, porém a necessidade de atendimento a todas estas variantes somando ao atendimento de legislações e interesses diversos no momento de tomada de decisão podem gerar problemas futuros. Portanto o planejamento e projeto hospitalar deve contemplar todos estes fatores de maneira que a compilação de dados seja pautada no conforto dos futuros usuários.

No conceito da Humanização existe o termo chamado Espaços Lúdicos que segundo GOES (2004) é cada vez mais comum encontrar em congressos, seminários e simpósios, cuja discussão repousa em implantar tais espaços ou não. Porém a implantação de tais espaços requer uma série de exigências que se tornam inviáveis tendo em vista a realidade hospitalar brasileira. Diante destes fatores os custos de implantação e manutenção de tais ambientes seriam mais viáveis para grandes hospitais.

Como ações que vem sendo tomadas para ampliação do conceito de humanização no edifício hospitalar são: a presença de acompanhantes para menores e idosos, maior atenção as áreas de espera, adoção de tratamentos diferenciados em consultórios, salas de espera e enfermarias com relação a tipologias arquitetônicas e cores. Hospitais infantis, geriátricos e maternidades. (TOLEDO, 2006)

Mesmos em projetos de grandes mestres da arquitetura como é o caso das enfermarias de um hospital projetado por Le Corbusier¹³ em 1964/1965 na cidade de Veneza, houve a preocupação com a ventilação natural e conforto térmico através da existência de sheds, porém a visualização da área externa pelo paciente fica obstruída. (TOLEDO, 2006)

¹³ Le Corbusier

Disponível: www.wikipedia.com.br

Figura 24: Enfermarias projetadas por Le Corbusier em Hospital localizado em Veneza.

Fonte: Toledo, 2006

Atualmente o ambiente de espera agrega várias atividades, ou seja, pacientes e acompanhantes aguardam para atendimento de consultas para várias especialidades. Estes ambientes muitas vezes são insalubres com sistema de ventilação e iluminação inadequados. Os pacientes fruto de um sistema de saúde deficiente se dão por satisfeitos quando são atendidos, aguardam em qualquer local, na chuva, com áreas sem ventilação cruzada e sem privacidade. Em áreas de espera infra estrutura também é importante no que tange a infra estrutura que estará diretamente ligada a estas áreas como sanitários convencionais e para deficientes físicos, espaços para recreação infantil, bebedouro e televisão ou música para distração. Infelizmente o sistema de normatizações não contemplam exigências que proibam os corredores utilizados como espera. As várias atividades realizadas em tais ambientes interferem nas chamadas e agitam os funcionários e a angústia dos pacientes. (COSTI, 2002)

O conceito de Humanização deve agregar questões funcionais como a preocupação em atendimentos a exigências humanas, a boa adequação de variantes ambientais visando o conforto e bem estar dos usuários e questões subjetivas mas ligadas ao caráter cognitivo do usuários, como o trabalho de composição cromática dos espaços, incentivo a criar áreas verdes em circulações, áreas de atendimentos e internações.

“Por muito tempo predominou a idéia de se evitar, nos espaços interiores dos EAS, o uso de jardins. Este conceito se associa ao de assepsia. Entretanto, a assepsia dos espaços internos se dá pela rotina de manutenção e não pela presença de plantas. O exemplo mais contundente é o do Hospital do Aparelho Locomotor – Sarah Kubitschek, localizado em Brasília, onde se verificam as mais baixas taxas de infecção hospitalar apesar de densamente ajardinado”.¹⁴

Figura 25: Jardins Internos – Hospital Sarah Kubitschek Fortaleza com ventilação natural

Fonte: PERÉN, Jorge Isaac Monteiro. Ventilação e Iluminação naturais na obra de João Figueiras Lima “Lelé”

“O paisagismo do edifício contribui, como já visto, para o conforto térmico e visual. Na verdade ainda não se tem estudado com profundidade a influência da vegetação no acréscimo ou diminuição da infecção hospitalar. Hoje, a extinção de vegetação das áreas consideradas fechadas (centro cirúrgico, isolamento, UTI, recuperação anestésica etc.) é mais uma questão de prevenção do que, de fato, uma comprovação de que as plantas são incompatíveis com áreas fechadas”.¹⁵

¹⁴ Fonte: BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Assistência à Saúde. Série Saúde & Tecnologia — **Textos de Apoio à Programação Física dos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde** — Sistemas de Controle das Condições Ambientais de Conforto. -- Brasília, 1995.

¹⁵ Fonte: BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Assistência à Saúde. Série Saúde & Tecnologia — **Textos de Apoio à Programação Física dos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde** — Sistemas de Controle das Condições Ambientais de Conforto. -- Brasília, 1995

CAPÍTULO 4

CONFORTO AMBIENTAL

Este capítulo tem como objetivo abordar a contribuição das variantes ambientais (térmica, acústica e iluminação), com o conforto e segurança dos usuários do ambiente hospitalar, tal fator, constitui um dos objetivos desta dissertação.

“Ao contrário da sensação de desconforto, a sensação de conforto ambiental não é uma percepção facilmente mensurável. Resultado da harmonia de vários condicionantes – higratérmicos, acústicos, visuais, de qualidade do ar, entre outros ela propicia a integração do homem (usuário) ao seu meio, otimizando seu desempenho. (IIDA, 1990).

Apesar da grande capacidade de adaptação as condições ambientais que o ser humano possui, ele gasta mais energia quando estas condições ambientais (térmica, acústica e iluminação) são desfavoráveis. Outro fator relevante, é que estes fatores ambientais não podem ser motivo de estresse visto a condição de sofrimento de muitos pacientes (MIQUELIN,1994).

Os projetos arquitetônicos voltados para estabelecimentos assistenciais de saúde devem atender aos critérios técnicos e compatíveis com a questão físico-funcional buscando sempre a satisfação, conforto e segurança do usuário. O desenho do espaço, fatores estéticos, o paisagismo e o uso das cores, são aspectos ligados a conforto ambiental. (BITENCOURT, 2008)

Levando em consideração que todos estes aspectos devem ser considerados no momento do projeto, pois após a sua construção e ocupação, remediar os problemas existentes acarretará um custo muito maior.

Segundo GOES (2004), o ser humano tem a capacidade de adaptar-se a diferentes condições ambientais, porém se o ser humano realiza suas atividades com mais esforço físico devido a situações inadequadas, irá existir um gasto maior de energia na realização de suas tarefas. Outro fator relevante é que as condições de trabalho no ambiente hospitalar podem ser extressantes devido ao atendimento de pessoas com risco de morte ou sofrimento cujo fator ambiental pode estimular ou aliviar tais sensações.

Em consequência do processo evolutivo da arquitetura hospitalar, surge a necessidade de atender as necessidades ligadas a Humanização e ao conforto ambiental, levando em consideração que o paciente pode tornar-se um hóspede por um tempo. O desenho do espaço, a questão, o paisagismo e o uso das cores, todos são aspectos ligados a conforto ambiental. (BITENCOURT, 2008).

“Ao se estabelecer a qualidade do ambiente construído, devem-se considerar decisões projetuais que vão desde o impacto da implantação da edificação no terreno em função das condições de ventilação natural e da orientação solar; ao desenho e arranjo do mobiliário e a sua correspondente contribuição ergonômica, ou, até mesmo, as consequências da aplicação dos estudos cromáticos entre os elementos que melhor possam representar os conceitos de conforto, segurança e bem-estar.” (BITENCOURT, pag. 68)

4.1. Térmica

As exigências humanas de conforto térmico podem variar conforme a região devido a capacidade do ser humano de adaptação aas condições climáticas. O controle deve ocorrer através da manutenção das variantes ambientais de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do ar.

Segundo MIQUELIN (1992), os aspectos ligados ao conforto térmico que devem ser considerados no Edifício Hospitalar são:

- Orientação do edifício, ventos e vegetação existente.
- Dimensão e posicionamento de janelas e portas.
- Resistência térmica das paredes¹⁶, condutibilidade dos materiais como superfícies verticais e horizontais¹⁷.
- Posicionamento de fontes internas geradoras de calor.

A elaboração do projeto arquitetônico no caso de edifícios de assistência de saúde deve considerar questões importantes relacionadas ao conforto ambiental (térmica) evitando assim condições ambientais desfavoráveis como o excesso ou ausência de calor e renovação de ar. Estes problemas serão difíceis de solucionar após a ocupação. O condicionamento artificial representa um importante fator de desconforto térmico principalmente em áreas em que ele se faz necessário como em centros cirúrgicos. (BITENCOURT, 2008).

A energia térmica produzida pelo organismo humano advém de reações químicas internas, sendo a mais importante a combinação do carbono, introduzido no organismo sob a forma de alimentos, somando-se ao oxigênio proveniente do ar através da respiração. Esse processo de produção de energia fisiológica a partir de elementos combustíveis orgânicos se denomina metabolismo. A energia produzida nesse processo é, então, transformada em potencialidade de trabalho, consumindo 20% aproximadamente. A parcela restante, cerca de 80%, se transforma em calor que deve ser dissipado para que o organismo se mantenha em equilíbrio. (FROTA , 2000)

Quando as condições ambientais proporcionam perdas de calor do corpo, além das necessárias, para a manutenção da temperatura interna em equilíbrio constante, o organismo reage por meio de seus mecanismos naturais automáticos, com o

¹⁶ MIQUELIN, Lauro. Anatomia dos Edifícios Hospitalares. São Paulo: Cedas, 1994. pg 202

¹⁷ MIQUELIN, Lauro. Anatomia dos Edifícios Hospitalares. São Paulo: Cedas, 1994. pg 202

sistema nervoso simpático, procurando reduzir as perdas e aumentar as combustões internas. (FROTA, 2000)

O equilíbrio fisiológico em uma área hospitalar é resultante de fatores físicos objetivos (temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do ar) de fatores físicos pessoais (resistência térmica do vestuário, metabolismo e nível de atividade individual de cada pessoa), mas também de fatores subjetivos relacionados com a condição mental do indivíduo que podem ou não exprimir a satisfação no ambiente térmico. (BITTENCOURT, 2008).

Segundo MASCARÓ (1991), sob a ótica do conforto térmico, os movimentos de ar aceleram as trocas de calor das pessoas com o ambiente por convecção e por evaporação. Sua consideração em climas de tensão térmica positiva (quente-seco e quente-úmido) é fundamental para obtenção das condições de conforto. É também elemento de controle térmico dos ambientes e de salubridade. Nos espaços de maior permanência do EAS – Edifícios Assistenciais de Saúde (espera, registro e matrícula etc.) deve-se priorizar o dimensionamento das aberturas para a obtenção de ventilação e renovação de ar. Salienta que é indispensável conhecer e aplicar técnicas de projeto e cálculo de ventilação natural dos edifícios; com a dupla finalidade de oferecer conforto ao usuário e otimizar o uso da energia na edificação.

4.2. Acústica:

Segundo GOES (2004), a caótica urbanização das grandes cidades, as dimensões dos terrenos cada vez mais difíceis de serem encontrados condições ideais com relação a áreas livres, que são menores ou quase inexistentes, impedindo as soluções paisagísticas, que podem contribuir para a redução de ruído com relação a edifícios hospitalares.

A Figura 27 e a Figura 28 apresentam, através de medições realizadas na Alemanha e Londres, a existência de um grau elevado de oscilações com relação aos níveis de intensidade sonora em dB (decibéis) que também apresentam níveis mais elevados do que o estabelecido pelos padrões de conforto determinado pelas normas vigentes.

Figura 26: Níveis de ruído durante uma cirurgia oftalmológica num hospital alemão em Halle e os níveis de ruído geralmente aceitos como dentro dos padrões de conforto.

Fonte: MIQUELIN, 1992

Figura 27: Níveis de ruído durante 24 horas em uma unidade de Terapia Intensiva em Londres e os níveis de ruído geralmente aceitos como dentro dos padrões de conforto.

Fonte: MIQUELIN, 1992

Segundo MIQUELIN (1992), os aspectos básicos a serem considerados na questão de conforto acústico para hospitais são:

- Localização e orientação do edifício, em relação as fontes externas de ruído.
- Dimensão e posicionamento das janelas.
- Isolamento das paredes e características acústicas dos materiais.
- Posicionamento das fontes internas de ruído.

Conforme tabela abaixo a Norma NBR 10152 estabelece para as áreas hospitalares os níveis de intensidade sonora em decibéis ¹⁸ de 35dB a 55dB dependendo da área. Visando a atenuação de ruído¹⁹ o arquiteto dispõe de algumas ações que podem reduzir os níveis sonoros internamente como a especificação de esquadrias ou materiais com nível de atenuação de ruído reduzidas e utilização de barreiras acústicas que podem ser físicas como muros ou através de desníveis.

Locais	dB(A)
Hospitais	
Apartamentos, Enfermarias, Berçários, Centros cirúrgicos	35-45
Laboratórios, Áreas para uso do público	40-50
Serviços	45-55

Tabela 4: Intensidades Sonoras em decibéis
estabelecidas pela NBR 10152 para áreas hospitalares.

Fonte: NBR 10152

Vários blocos possibilitam que os edifícios mais próximos as vias funcionem como barreiras acústicas para os edifícios mais distantes da via. No caso do edifício hospitalar as áreas em que não existe a necessidade de assepsia e que as exigências quanto a níveis sonoros são menores poderão ficar mais próximos da via funcionando como barreira acústica para os blocos destinados aos apartamentos, enfermarias, berçários e centros cirúrgicos. Tal estratégia projetual também pode ser

¹⁸Decibéis: Unidade de medida que determina a intensidade sonora. (DE MARCO, 1982).

¹⁹Atenuação de ruído : Diminuição da energia ou pressão por unidade de área de uma onda sonora, que ocorre a medida que aumenta a distância com relação a fonte como resultado de absorção, dispersão ou difusão em três dimensões. (CHING, 1999 , pg. 244).

combinada com a vegetação densa que também constitui um atenuante sonoro. (MASCARÓ, 2005)

Figura 28: Uso combinado de massa construída e vegetação como barreira acústica.

Fonte: MASCARÓ, 0000

4.3. Iluminação Natural:

Segundo TOLEDO (2006), os hospitais verticais monoblocos, devido a sua configuração de iluminação artificial, condicionamento artificial e exaustão, deixam o indivíduo alheio a paisagem externa e para este tipo de hospital o relógio biológico dos pacientes e equipe médica deixa de existir porque o ciclo natural do dia e noite deixa ficar abalado, contando também com o fator de que os turnos são bem diferenciados. Em alguns hospitais as UTIs não possuíam janelas e pacientes ficavam expostos a muitos dias a iluminação artificial apresentavam sintomas de desorientação e depressão.

Os funcionários de hospitais, devido ao sistema de plantões, ficam por várias horas expostos a iluminação artificial sem contato com a luz natural. A exposição intensa a luz artificial pode por longos períodos causar problemas no sistema orgânico afetando o paciente ou funcionários causando a redução de produção, problemas cardiovasculares e transtorno gastro intestinal, assim como problemas cognitivos e emocionais. (COSTI, 2002)

O isolamento da iluminação natural deve existir, como é o caso de salas de cirurgia em que existe a necessidade de assepsia e controle da qualidade, pressão e temperatura do ar e níveis de iluminação. Nas unidades de imagenologia e traçados

gráficos, o controle da incidência de radiação direta também deve existir, visto que a iluminação natural pode interferir na leitura dos aparelhos. (TOLEDO, 2006)

Com relação a áreas de circulações internas o uso da luz e da cor fazem parte do conjunto de elementos de conforto, minimizando a angústia da espera do paciente, portanto tais áreas devem ser projetada prevendo este uso e esta atividade.

“O hospital é como um organismo vivo, funciona como uma planta: as circulações são os aízes por onde os usuários se deslocam. Assim como a seiva alimenta a planta e são elas que proporcionam a vida do hospital” ²⁰

4.4. Iluminação Artificial:

A tecnologia ligada a indústria da Iluminação tem realizado esforços no sentido de fabricar lâmpadas com o fluxo luminoso mais próximo da luz solar pois a luz natural contribui para o equilíbrio fisiológico e do sistema nervoso do paciente. Porém a exposição a luz artificial ultravioleta é importante para o organismo, pois penetra nos poros da pele e estimula a circulação produzindo a vitamina D, prevenindo o raquitismo, aumentando o metabolismo protéico, causando a queda de pressão sanguínea, reduzindo a fadiga, fornecendo um rápido impulso fisiológico e psicológico ao paciente e aos funcionários do hospital. Estes efeitos benéficos ocorrem com a utilização de lâmpadas fluorescentes que emitem fósforo. Porém alguns sistemas de iluminação não devem ser direcionadas para os olhos humanos ou a pele porque emitem radiações ópticas. São geralmente utilizados em interiores de duto de ar condicionado para matar microorganismo patogênicos ou tornar bactérias inativas. (COSTI, 2002).

Segundo COSTI, 2002 os efeitos negativos da luz que devem ser evitados em hospitais são:

1. Brilho excessivo da fonte de luz: Quando os ambientes são iluminados de maneira muito intensa a capacidade da visão humana de perceber a forma de objetos fica reduzida.

²⁰ COSTI, 2002, pag.36

2. Tamanho inadequado da fonte de luz: A luz em excesso causa o ofuscamento²¹, portanto para dimensionamento correto do ambiente é necessário realização de cálculo adequado para que a luz não tenha baixa iluminância²² e não gere o ofuscamento.
3. Posição inadequada da fonte de luz: A luz não deve ser direcionada para o campo de visão do paciente, por exemplo, as pessoas que estão na maca tem visão para o teto. Também o posicionamento da iluminação deve permitir uma flexibilidade prevendo alterações de lay out.
4. Contrastes excessivos entre luz e sombra: Não devem haver diferenças entre áreas adjacentes causando diferentes iluminâncias²³. Tais parâmetros devem obedecer a Norma Brasileira NBR 5413 com relação aos níveis de iluminâncias (Tabela 05).
5. Refletância de uma fonte de luz sobre uma superfície brilhante: Os revestimentos e mobiliários com acabamento brilhante devem ser evitados evitando a refletância da luz no ambiente hospitalar.

²¹Ofuscamento : Significa contraste excessivo de iluminâncias (VIANNA, 2201, pag. 279).

²²Iluminância : Também chamada de aclaramento, nível de iluminação ou nível de iluminamento, é a grandeza fotométrica mais importante da iluminação. (VIANNA, 2001. pag. 278). Faz parte de exigências da Norma Brasileira NBR 5413

²³IDEM

Com relação à sala de cirurgia, a Norma NBR 5413 – ABNT estabelece o limite máximo de 750 LUX para iluminância²⁴ considerando a iluminação geral da sala.

A Norma RDC 50 – ANVISA determina que na sala de cirurgia e na sala de parto – além da iluminação geral de teto com lâmpada fluorescente, exista a iluminação direta com foco cirúrgico. Existem várias configurações para este sistema, porém o mais convencional é que cada luminária possua 7 lâmpadas fluorescentes de 20 Watts cada, com consumo energético de 140 watts para cada luminária. Cada luminária com foco cirúrgico deve ter uma iluminância de 10.000LUX a 20.000LUX.

Figura 29: Day Hospital – RJ
Sala de cirurgia com sistema de iluminação com foco cirúrgico.

Disponível em http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/Id/Sa%FAde/artigos/iluminacao_em_hospitais_cuidados_fundamentais.pdf

4.5. Conclusão

²⁴IDEM

Este capítulo destaca a importância das variantes ambientais para o bem estar dos usuários do edifício hospitalar. Os aspectos desfavoráveis decorrentes do desconforto ambiental, podem influenciar no quadro dos pacientes. Porém, muitos elementos de tecnologias ativas se fazem necessários, conforme a tipologia do tratamento ou especificação técnica para alguns ambientes dentro do hospital.

Analisando a variante ambiental acústica, nota-se que a utilização de climatização artificial, muitas vezes, se faz necessária para redução do ruído urbano e controle da poluição externa, independente das exigências por áreas assépticas. Conclui-se que a escolha de tecnologias passivas como a ventilação natural, pode ser inadequada conforme o entorno em que o edifício hospitalar esteja inserido.

Com relação à iluminação natural e artificial, também percebe-se que o uso da iluminação artificial também se faz necessário para algumas atividades dentro do hospital, como em salas cirúrgicas, ou mesmo importância para o organismo, como é o caso da luz artificial ultravioleta que penetra nos poros da pele e estimula a circulação produzindo a vitamina D. Outro fator relevante, é que o uso de iluminação natural em alguns casos também pode contribuir para a humanização, importante fator ligado ao quadro psicológico do paciente.

Enfim, o estudo das variantes ambientais analisadas neste capítulo, permitiu um estudo aprofundado do conforto ambiental aplicado a arquitetura hospitalar, que apresenta um caráter diferenciado com relação a outros usos, contribuindo para a configuração de itens da simulação computacional.

CAPÍTULO 5

NORMAS TÉCNICAS

Este capítulo tem como objetivo destacar as principais normas que determinam fatores que devem ser exigidos no que tange a utilização de climatização artificial em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS). Serão definidos faixas de temperaturas que devem ser adotadas no verão e inverno, vazão do ar por pessoa e fatores relacionados a prevenção a infecção hospitalar.

5.1. Portaria GM/MS nº. 3.523/1998

Portaria GM/MS nº. 3.523, de 28 de agosto de 1998, estabelece procedimentos de verificação visual do estado de limpeza, remoção de sujidades por métodos físicos e manutenção do estado de integridade e eficiência dos componentes dos sistemas de climatização.

O ambiente climatizado cuja soma das capacidades dos equipamentos possui valor igual ou superior a 5,0 TRs devendo atender a Portaria GM/MS nº. 3.523 de 1998 e na RE/Anvisa nº. 9 de 2003, conforme citação abaixo:

" Os proprietários, locatários e prepostos, responsáveis por sistemas de climatização com capacidade acima de 5 TR (15.000 kcal/h = 60.000 Btu/h), deverão manter um responsável técnico habilitado, com as seguintes atribuições: a. implantar e manter disponível no imóvel um Plano de Manutenção, Operação e Controle - PMOC, adotado para o sistema de climatização. Este Plano deve conter a identificação do estabelecimento que possui ambientes climatizados, a descrição das atividades a serem desenvolvidas, a periodicidade das mesmas,..." ²⁵

Para os equipamentos com capacidade menor que 5,0 TRs não há necessidade de comprovação da manutenção dos equipamentos, porém devem ser limpos e receber manutenção conforme instruções do fabricante.

Conforme a Portaria nº. 3.523 de 1998 e na RE/Anvisa nº. 9 de 2003 a instalação de equipamentos de ar condicionado de janela, minisplits e ventiladores de teto ou portáteis não é apropriada porque os mesmos não possibilitam a renovação de ar exterior e a manutenção dos níveis de temperatura e qualidade do ar no ambiente interno.

Segundo o artigo quinto desta portaria, devem-se observar as determinações abaixo relacionadas:

- Utilizar, na limpeza dos componentes do sistema de climatização, produtos biodegradáveis registrados no Ministério da Saúde;
- A renovação do ar de interior dos ambientes climatizados deverá ser de no mínimo 27 m³/h/pessoa;
- No compartimento onde está instalada a caixa de mistura do ar de retorno e ar de renovação deverá ser de uso exclusivo do sistema de climatização. Não poderão conter no mesmo compartimento materiais, produtos ou utensílios;
- Realizar a verificação periódica das condições físicas dos filtros e mantê-los em condições de operação, substituindo-os se for necessário;

²⁵Art. 6º da Portaria GM/MS nº. 3.523 de 1998

- Descartar sujidades sólidas, retiradas do sistema de climatização após a limpeza, acondicionadas em sacos de material resistente e porosidade adequada, para evitar espalhamento de partículas inaláveis.
- Manter limpos os componentes do sistema de climatização, tais como: bandejas, serpentinas, umidificadores, ventiladores e dutos, evitando a multiplicação de agentes nocivos à saúde humana e manter a boa qualidade do ar interno;

A captação de ar externo deve ser livre de poluentes externos que possam colocar em riscos à saúde humana;

5.2. Resolução (RDC) nº 50/2002 – ANVISA

A ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária criada pela Lei nº. 9.782, de 26 de janeiro de 1999, tem como objetivo principal promover a proteção da saúde da população, por meio do controle sanitário da produção e da comercialização de produtos, serviços e ambientes submetidos à vigilância sanitária.

Para o Projeto de Estabelecimentos Assistenciais a Saúde a principal norma a ser seguida com relação ao sistema de climatização artificial deverá ser a Resolução (RDC) nº 50/2002, complementada por normas da Associação brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Outras normas consideradas são a Resolução (RE) nº 9/2003 e a Portaria (GM) do Ministério da Saúde nº 3.523/1998.

As normas nacionais tiveram início com a Portaria nº. 400, de 6 de dezembro de 1977. E esta Portaria foi revogada e substituída pela Portaria nº. 1.884, de 11 de novembro de 1994. Atualmente a norma em vigor é a Resolução da Diretoria Colegiada – RDC/Anvisa nº. 50, de 21 de fevereiro de 2002, que dispõe sobre o Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS).

Segundo BITENCOURT (2008), conforme a RDC 50, do Ministério da Saúde, é necessário, a elaboração de um programa básico de instalações de ar condicionado e ventilação mecânica, compatibilizando o estudo preliminar arquitetônico com as diretrizes adotadas no projeto arquitetônico, conforme os seguintes itens:

- Proposição das áreas a serem climatizadas (refrigeração, calefação, umidificação, pressurização, ventilação mecânica e câmara frigorífica);
- Descrição do sistema de climatização adotado, mencionando: filtros, água gelada, “self” a ar, etc;
- Previsão de consumo de água;
- Previsão do consumo de energia elétrica;
- Elaboração de perfil da carga térmica;
- Elaboração do estudo comparativo técnico e econômico das alternativas técnicas para o sistema;
- Localização da central de casa de máquinas em função dos sistemas propostos;
- Pré-localização do sistema de distribuição de energia elétrica, prumadas dos dutos e redes de água em quadros esquemáticos unifilares da alternativa proposta.

“Os ambientes de saúde são complexos e a qualidade do ar de muitos desses ambientes é diferenciada, exigindo requisitos específicos para que possamos atender as condições de segurança para a realização dos procedimentos, assim como as necessidades de seus usuários. Para tanto é importante que o sistema de climatização utilizado seja bem projetado, construído e mantido”, (REGINA BARCELLOS) ²⁶

²⁶Regina Maria Gonçalves Barcellos é coordenadora de Infra-estrutura em Serviços de Saúde da Anvisa,

5. 3. Resolução RE nº 9/2003 - ANVISA

O objetivo da Resolução nº 9 de 2003 - (ANVISA) é de estabelecer critérios que informem a população sobre a qualidade do ar interior em ambientes com ar condicionado de uso público e instruir os profissionais responsáveis pelo controle de qualidade do ar nos ambientes.

São recomendados os seguintes Padrões referenciais de Qualidade do Ar Interior em ambientes climatizados de uso público e coletivo:

- Para o verão, a faixa recomendável para as temperaturas de Bulbo Seco deverá variar de 23 °C a 26 °C;
- Para o inverno, a faixa recomendável para as temperaturas de Bulbo Seco deverá variar de 21 °C a 24 °C;
- No verão, a faixa recomendável de operação da Umidade Relativa deverá variar de 40 % a 65 % para ambientes internos, e no inverno, a faixa deverá variar de 35 % a 65%;
- A taxa de Renovação do Ar para ambientes climatizados será de no mínimo 27 m³/hora/pessoa, exceto para ambientes com alta rotatividade de pessoas que deverá ser de 17 m³/hora/pessoa.
- O valor máximo recomendável para contaminação microbiológica deve ser _ 750 unidades formadoras de colônias/m³ de fungos, para a relação I/E _ 1,5, onde I é a quantidade de fungos no ambiente interior e E é a quantidade de fungos no ambiente exterior;
- Os valores máximos recomendáveis para contaminação química são: 1000 ppm de dióxido de carbono, como indicador de renovação de ar externo; e 80 µg/m³ de aerodispersóides (aerossóis) totais no ar, como indicador do grau de pureza do ar e limpeza do ambiente climatizado;

5.4. ABNT NBR 7256/2005

Os sistemas de ar condicionado em hospitais devem, além de garantir o conforto térmico, ser responsáveis por manter a qualidade do ar adequada e reduzir os riscos biológicos e químicos transmissíveis pelo ar. O ar condicionado deve ser considerado com um fator complementar nas medidas de controle de infecção hospitalar. Se mal projetadas, instaladas sem critérios técnicos ou mantidas inadequadamente, as instalações de ar condicionado podem se tornar causa de contaminação hospitalar. Para evitar estes problemas, as instalações de ar condicionado devem apresentar sistemas de filtragem especiais e garantir níveis de pressão diferenciados em certos ambientes. Todas as áreas onde existem evidências de que a qualidade do ar pode promover agravos à saúde, devem apresentar sistemas com filtros do tipo HEPA (High Efficiency Particulate Air) que apresentam uma eficiência de 99,97% para partículas com tamanho de 0,3 µm. Basicamente as áreas que devem apresentar climatização especial são: - Salas de cirurgia; - Salas de exames e procedimentos invasivos; - Unidade de Terapia Intensiva (UTI); - Quarto de pacientes em isolamento; - Quarto de pacientes transplantados; - Laboratórios de bio-segurança e de manipulação de certos medicamentos.

CAPÍTULO 6

QUALIDADE DO AR EM EAS

O desafio da economia de energia tem impulsionado arquitetos e engenheiros a projetar edifícios eficientes com sistemas de ar condicionado automatizados, com controle de manutenção, porém a qualidade do ar deveria estar considerada em conjunto com estas ações sustentáveis, visto que constitui um importante fator e está diretamente relacionado com o conforto humano e controle de transmissão de infecções.

Segundo CARMO (1999), os contaminantes presentes no monóxido de carbono, dióxido de carbono, amônia, óxido de enxofre e nitrogênio que são produzidos dentro do edifício por materiais de construção baseados em solventes orgânicos, por materiais de limpeza, mofo, bolor, metabolismo humano e pelas atividades do homem, como cozinhar ou lavar e secar roupas, comprometem a saúde e o rendimento do trabalho dos usuários. Outro fator diretamente relacionado ao sistema de ar condicionado é a dos chamados “Edifícios Doentes” originados da manutenção inadequada de dutos, torres de resfriamento constituindo fontes de microorganismos responsáveis por uma série de sintomas como dor de cabeça, náuseas, irritação nos olhos, nariz e garganta e falta de concentração.

“Tais edifícios possuem problemas no seu ambiente interno. Como já citado anteriormente, a qualidade do ar desempenha papel importante neste processo. Contudo, as condições de conforto também devem ser levadas em consideração, já que calor ou frio excessivos, correntes de ar, umidade inadequada, vibrações, ruídos e luminosidade interagem entre si e colaboram para o aumento das queixas dos usuários.” (CARMO, 1999).

6.1. Abordagem Histórica

A medicina moderna científica nasceu no fim do século XVIII com o aparecimento da anatomia. Porém constitui uma medicina individual conhecendo apenas a relação médico e indivíduo. A medicina na idade média era do tipo individualista as novas tecnologias eram individuais e modestas. Inicialmente surge a medicina social na Alemanha no século XVIII bem antes da França e na Inglaterra. Foi importante a intervenção do Estado para esta situação. Na Alemanha foi desenvolvida uma prática médica preocupada com o nível da saúde da população ao passo que na França e Inglaterra a única preocupação relativa com a saúde foi determinar levantamentos de mortalidade e natalidade. A questão da normatização para garantir procedimentos médicos através de universidades e categorias médicas sobre epidemias e tipos de tratamentos também foram fatores relevantes. Percebe-se que houve, desde o final do século XVI e começo do século XVIII, uma estreita relação da saúde com o mercantilismo que consistia em conservar a produção da população ativa, a produção de cada indivíduo ativo com o objetivo de estabelecer fluxos comerciais que poderiam possibilitar a entrada do Estado maior da grande quantidade de dinheiro, não esquecendo a força dos exércitos que garantiam a segurança real. (FOUCALT, 1989).

Segundo FOUCALT (1989), Na Europa da metade do século XVIII existiu a necessidade de organização urbana de várias cidades européias. Diversas razões, entre elas a questão econômica, transformaram as cidades em grandes áreas industriais. O poder político começa a preocupar-se pela organização das cidades devido ao êxodo rural para as cidades. Surge o medo das grandes aglomerações causadas pelo excesso populacional como epidemias urbanas, proximidade com os

cemitérios cada vez mais numerosos, esgotos e segurança geral. A fim de dominar estes fenômenos médicos e políticos foram criadas diversas ações como divisão em bairros, aumento da segurança e ações de desinfecção. Um dos fatores importantes considerados na medicina social ou urbana consiste na preocupação com a circulação do ar e da água. Já no século XVIII acreditava-se que o ar tinha uma influência direta sobre o organismo por veicular miasmas ou porque as qualidades do ar frio, quente, seco ou úmido em demasia se comunicava com o indivíduo pois agia diretamente por ação mecânica, pressão direta sobre o corpo. O ar era considerado um fator patogênico. Mantendo a qualidade do ar nas cidades fazer com que o ar seja sadio. Portanto uma ação urbana era abrir longas avenidas no espaço urbano para manter o bom estado de saúde da população.

De acordo com ANTUNES (1991), a medicina urbana da França aparece pouco antes da Revolução Francesa com a preocupação de haver salubridade nas cidades. Na Assembléia Constituinte em 1790 foi a criação de comitês para a salubridade que era considerada como base material garantindo melhor saúde dos indivíduos.

A abordagem histórica descrita revela a importância da qualidade do ar e salubridade para o conforto humano. Esta preocupação existiu anteriormente a Idade Moderna, constituindo importante fator responsável pela salubridade, conforto térmico e saúde humana na redução de contágios de doenças e infecções.

Segundo BITENCOURT (2008), a concepção arquitetônica dos ambientes de saúde não tem a responsabilidade direta de controlar a questão de controle da infecção hospitalar e qualidade do ar, porém é provado cientificamente que os ambientes construtivos como elementos estruturais, os materiais de construção, as circulações podem influenciar nesta questão.

Tal afirmação também comprova que o arquiteto deve tratar a questão da qualidade do ar como uma das premissas no projeto arquitetônico de um EAS, para tecnologias passivas como ventilação e natural e ativas como o equipamento de ar condicionado.

6.2. Principais contaminantes em ambientes climatizados

Segundo ANDRADE (2000), em ambientes hospitalares o ar, a água e superfícies gerais podem ser agentes de transmissão de infecções hospitalares. Portanto praticamente todos os compartimentos com o sistema de climatização artificial instalado podem ser potenciais transmissores de infecções.

Os fungos, bactérias, algas, ácaros e amebas também chamados de contaminantes biológicos utilizam a matéria particulada (pólen, fragmentos de insetos, escamas de pele humana e pelos) para multiplicar-se. (AFONSO, 2004).

A eficiência do equipamento de climatização juntamente com a desinfecção²⁷ de superfícies gerais como equipamentos e mobiliários poderá servir como fator de redução de tais contaminações. Os profissionais da saúde também podem contribuir para a contaminação através da vestimenta e principalmente através das mãos. (NASCENTE, 2007).

Segundo CARMO (1999), os contaminantes dividem-se conforme listagem abaixo:

6.2.1. Contaminantes Químicos

Os contaminantes químicos são encontrados na queima de combustíveis orgânicos, fogões a gás, aquecedores não ventilados, tráfego de veículos, materiais de limpeza e processos industriais em que existe a combustão de combustíveis fósseis como carvão e óleo. Os principais contaminantes químicos encontrados na atmosfera são

- Monóxido de carbono
- Dióxido de carbono
- Óxido e dióxido de nitrogênio
- Dióxido de enxofre
- Amônia
- Formaldeído
- Compostos orgânicos voláteis

²⁷ A desinfecção pode ser realizada utilizando-se o desinfetante cloreto de benzalcônio a 0,5% diluído em água. (ANDRADE, 2000).

6.2.2. Contaminantes biológicos

A contaminação por agentes biológicos se dá por meio da alta umidade do ar, ventilação reduzida, sistemas de aquecimentos, sistemas de ar condicionado, torres de resfriamento, permitindo o crescimento de diversos microorganismos, sendo a umidade do ar o fator mais importante pois contribui para o aumento de ácaros e o crescimento de fungos.

Os sintomas encontrados nos “Edifícios doentes” está relacionada a contaminação por meio de microrganismos²⁸.

6.2.3. Materiais particulados

Os materiais particulados são encontrados no ar em forma líquida ou sólida constituindo a forma mais visível de poluição não exigindo grandes níveis tecnológicos para sua detecção. Este tipo de material pode ter origem interna (fogões, aquecedores de ambientes, cigarros) ou poluição externa. Os danos a saúde são relacionadas as vias respiratórias e pulmões.

6.2.4. Ocupantes do edifício

A fumaça de cigarro como a principal fonte interna e enquanto os fumantes expõem se à principal carga da fumaça, pessoas ao redor de fumantes (os fumantes passivos) estão sujeitos a quantidades de partículas inaláveis, monóxido de carbono, compostos orgânicos voláteis, óxidos de nitrogênio. O metabolismo humano por si só altera a qualidade do ar por diminuir a concentração de oxigênio e aumentar a de dióxido de carbono. Respiração, transpiração também são considerados contaminantes do ambiente.

²⁸Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos

6.3. Controle da Infecção Hospitalar

Segundo BITENCOURT (2008), o custo para a construção e instalação de um centro cirúrgico é alto devido a necessidade de controle e combate à infecção hospitalar, necessitando de áreas com pressões negativas e positivas para que não exista o contato entre paciente e fontes externas.

De acordo com KARMANN (2005), o ar condicionado tem uma relação importante com a prevenção de infecções hospitalares, porém é necessário que este seja dimensionado corretamente e realizadas as devidas manutenções para que seu funcionamento não tenha a função contrária a que foi idealizado.

“O sistema de ar-condicionado tanto pode contribuir para a higidez do local como, ao contrário, fomentar a sua colonização por patógenos” (KARMANN ²⁹)

“Os dutos de ar-condicionado requerem amplos espaços. Se isto não for considerado antecipadamente no projeto a instaladora acabará ‘aleijando’ o sistema, com graves conseqüências que perdurarão por toda a vida útil da instituição”, (KARMANN ³⁰)

²⁹ _____. Hospitais um antigo desafio. Artigo técnico. Revista Frio.
Disponível em: <http://www.revistadofrio.com.br/materia.asp?ID=39>

³⁰ Idem.

A questão da infecção hospitalar é estudada desde o século XVIII segundo BITENCOURT (2008):

“Através de uma observação sistemática de efeito comparativo entre os hospitais estudiosos como o inglês Howard³¹ e o francês Tenon³² levantaram através de diversas visitas a hospitais da Europa e relação entre o número de doentes, o número de leitos e a área útil dos hospitais, a extensão e a altura das salas, a cubagem do ar que cada doente dispõem e a taxa de mortalidade e de cura. Além de levantamentos quantitativos foram constatados também fenômenos patológicos e espaciais, ou seja, importantes dados foram relacionados a pacientes feridos e sua localização e cura, também a proximidades de pacientes com doenças contagiosas.” (BITENCOURT, 2008).

A Portaria do Ministério da Saúde GM n. 2616, de 12 de maio de 1998, no Anexo II, estabelece os seguintes conceitos para Infecção Hospitalar, conforme citação abaixo:

“(...) aquela adquirida após a admissão da paciente e que se manifesta durante a internação ou após alta, quando puder ser relacionada com a internação ou procedimentos hospitalares. (BRASIL, 23006ª, p.06).

Conforme a RDC 50 – ANVISA os dois componentes técnicos que contribuem para favorecer o controle de infecções hospitalares em estabelecimentos assistenciais de saúde:

- 1) Componentes de procedimentos em relação a pessoas, utensílios, roupas e resíduos – RSS;
- 2) Componentes arquitetônicos, referentes a uma série de elementos construtivos como: padrões de circulação, sistemas de transportes de

³¹ Rene Tenon (1724-1816) Médico, cirurgião e oftalmologista (ANTUNES, 1991).

³² A desinfecção pode ser realizada utilizando-se o desinfetante cloreto de benzalcônio a 0,5% diluído em água. (ANDRADE, 2000).

materiais, equipamentos e resíduos sólidos, sistemas de renovação e controles das correntes de ar, facilidades de limpeza das superfícies e materiais e instalações para controle de infecções (ANVISA, 2004, p. 111).

Os fatores importantes para controle da infecção hospitalar são a assepsia em alguns ambientes, roupas e equipamentos, criação de barreiras físicas e áreas de isolamento para pacientes infectados ou ainda para a proteção de pacientes imunodepressivos, proibição de implantação em zonas próximas a depósitos de lixo, detritos industriais ou poluentes. (TOLEDO, 2006).

Segundo TOLEDO (2006), conforme a RDC 50 (ANVISA, 2004 p. 122) as áreas de um EAS, quanto ao risco de infecção hospitalar, podem se ser classificadas em:

- Áreas Críticas: Ambientes onde existe o risco aumentado de transmissão de infecção , onde se realizam procedimentos de risco.
- Áreas Semi-críticas: São todos os ambientes ocupados por pacientes com doenças infecciosas de baixa transmissividade e doenças não infecciosas.
- Áreas não críticas: São todos os compartimentos que não apresentam ocupação por pacientes e que não são realizados procedimentos de risco.

CAPÍTULO 7

SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO

ARTIFICIAL EM EAS

A função do ar condicionado é controlar a temperatura, umidade, pureza e distribuição de ar para atender as necessidades humanas de conforto. O uso de ar condicionado se faz indispensável em algumas condições climáticas, como em hospitais onde é necessária a assepsia de alguns ambientes como UTI, neonatal, centro cirúrgico ³³, assim como em outros usos como o Central de Processamento de Dados (CPD) e também em ambientes comerciais com a função de estabelecer níveis de conforto térmico e isolamento do edifício da poluição sonora e do ar.

Segundo dados históricos os primeiros estudos de conservação de alimentos foram realizados em 1626 por Francis Bacon quando realizou estudos científicos conservando galinhas na neve. Em 1683 com a descoberta do microscópio foi possível estudar o estado de deteriorização dos alimentos através de bactérias, fungos e enzimas. Na época foi constatado que os organismos microscópicos multiplicavam-se em temperaturas elevadas, porém em temperaturas de 10 graus

³³Resolução RDC 50, 2002 – ANVISA.

ou menos controlavam o seu crescimento. Este fato contribuiu para a expansão do comércio de gelo natural da época. Em 1755 o professor universitário Willian Cullen, trabalhando em retirar o calor da água com éter, produz pela primeira vez o gelo artificial e em 1857 James Harrison constrói a primeira máquina de fazer gelo artificial (SILVA, 2003)

Os princípios básicos da refrigeração foram desenvolvidos por Carnot, na França, em 1824, ano em que a sua teoria termodinâmica foi publicada, porém só na década de 30 que os sistemas de condicionamento artificial foram colocados a disposição da humanidade (YAMANE, 1986)

Segundo LAMBERTS (1997), as estratégias bioclimáticas podem não responder as exigências de conforto térmico, em função disto o uso de tecnologias ativas como o ar condicionado se faz necessária. Porém com a adoção de alguns critérios na fase do projeto ou reforma o consumo energético da climatização poderá ser atenuado:

- 1 – Redução da Transmitância térmica das paredes, janelas e coberturas.
- 2 – Uso de proteções solares
- 3 – Uso de cores claras no exterior (reduz ganhos por radiação)
- 4 - Emprego da Ventilação cruzada sempre que possível.
- 5 – Evitar ambientes sem contato com o exterior, pois não podem explorar a luz e a ventilação naturais.
- 6 – Evitar brises que possam barrar a luz.
- 7 – Uso de vidros eficientes sem barrar a luz, não usar vidro fumê.

Conforme a Carta Bioclimática de algumas regiões o uso do ar condicionado é inevitável em função das condições climáticas e adequação das condições de conforto. Considera-se também que o uso de tecnologias ou recomendações da carta Bioclimática sejam seguidas buscando um menor consumo do equipamento. A adoção de tecnologias passivas estão diretamente relacionadas as questões

climáticas da região. A utilização da Carta Bioclimática (Figura 30) constitui uma ótima estratégia para uso de tecnologias passivas conforme os dados climáticos de cada região. LAMBERTS (1997).

Figura 30: Diretrizes construtivas para a Zona Bioclimática 3 – Cidade de Florianópolis
 Fonte: ABNT - Desempenho térmico de edificações - Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social. 2003

Para a utilização da climatização artificial também é importante considerar o partido arquitetônico. Em função do clima, é muitas vezes inevitável a utilização de sistemas artificiais de climatização como ventiladores, aquecedores e ar condicionado. Saber utilizar racionalmente os equipamentos, evitando o desperdício de energia, constitui uma estratégia importante para adequação do conceito de Sustentabilidade. Outro ponto importante é que exista uma compatibilidade entre o edifício e o sistema adotado, para tanto é necessário um conhecimento por parte do arquiteto dos sistemas existentes no mercado.

7.1. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

As seguir serão destacados os principais variantes que influenciam no dimensionamento do sistema de condicionamento artificial, estas variantes estão diretamente relacionadas com o projeto arquitetônico e variantes ambientais como é o caso do conforto térmico. Questões como tipo de revestimentos utilizados na envoltória do edifício, sistemas de iluminação artificial, ocupação e equipamentos

devem ser considerados no dimensionamento do sistema de ar condicionado pelo rebatimento que pode ocasionar no consumo de energia.

7.1.1. Calor

Conforme a ASHRAE ³⁴ a definição de bem estar está relacionada a fatores físicos pessoais (resistência térmica do vestuário, metabolismo e nível de atividade individual de cada pessoa) e a também de parâmetros subjetivos que se referem a condição mental que possam exprimir satisfação no ambiente térmico (temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do ar, temperatura radiante).

O organismo humano possui o sistema de termorregulação, que tem a função de comandar a redução dos ganhos ou o aumento das perdas de calor com o objetivo de manter a manutenção da temperatura interna do organismo humano constante. Quando o organismo humano perde calor sem recorrer ao mecanismo de termorregulação, assim existe o conforto térmico. (FROTA, 2001)

O sistema de Termorregulação do corpo humano estabelece que a sua fisiologia deva ser mantida a uma temperatura interna constante da ordem de 37 °C, com limites estreitos entre 36 °C e 37,2 °C. A temperatura de 32 °C é o limite inferior e 42 °C é o limite superior para sobrevivência (FROTA, 2000).

Segundo FROTA (2000), o metabolismo humano consiste na produção de energia fisiológica a partir de elementos combustíveis humanos. A energia produzida no processo de metabolismo é de 20% e os 80% restantes são transformadas em calor. Quando as condições ambientais causam perdas de calor do corpo além do necessário a temperatura interna perde o equilíbrio e o organismo reage através do sistema de Termorregulação.

Segundo STOEKER (1995), para um ambiente condicionado a pessoa que realiza um trabalho leve elimina o calor gerado internamente pelo corpo através da troca térmica chamada convecção (por meio do ar e ambiente) e pela troca térmica radiação (por meio de superfícies próximas e uma temperatura menor que a da

³⁴ American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers

superfície do corpo). Estas perdas de calor representam aproximadamente 30% do calor total eliminado o restante de 40% é eliminado pela respiração e transpiração. O principal mecanismo de liberação de calor ocorre com a evaporação de suor. Com relação ao projeto de um sistema de ar condicionado o objetivo principal é controlar os quatro parâmetros ambientais, ou seja, temperatura do ar, a temperatura das superfícies circundantes, a umidade e a velocidade do ar. Considerando uma pessoa com roupa apropriada, os valores abaixo representam a referência ideal:

- Temperatura operativa³⁵: 20 a 26 graus.
- Temperatura de ponto de orvalho: 2 a 17 graus
- Velocidade média do ar: Até 0,25 m/s

Segundo a ASHARE ³⁶, quando o usuário tem satisfação no ambiente em que se localiza podemos afirmar que existe uma situação de conforto térmico. Outra afirmação é que há conforto quando o balanço de todas as trocas de calor forem nulas e a temperatura da pele e a sudação estiverem dentro dos limites.

7.1.2. Atividades Físicas

Quanto maior a atividade física maior será o calor gerado por meio do metabolismo. O conforto térmico do homem também pode ser influenciado pelo tipo de vestimenta. A variável relativa a vestimenta é medida em “clo” do inglês clothing.

7.1.3. Vestimenta

A vestimenta tem um papel fundamental na construção de uma barreira limitadora das trocas de calor por convecção. Ao manter, por menos que seja, uma camada de ar parado, a vestimenta dificulta as trocas por convecção ou por condução do ar, estabelecendo um limitante natural da troca de energia e construindo um micro clima em torno de si ela passa , assim a reduzir o ganho de calor relativo a radiação

³⁵ A temperatura operativa é aproximadamente a média aritmética da temperatura de bulbo seco e da temperatura radiante média.

³⁶ American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers

emitida pelas fontes luminosas do ambiente, as perdas em condições de baixo teor de umidade e o efeito refrigerado do suor. (FANGER, 1972).

7.1.4. Cargas Térmicas

A fim de dimensionar o sistema de ar condicionado é necessário estudar os fatores responsáveis pela transferência de calor através da envoltória do edifício, ou seja, os materiais, a geometria do edifício, a orientação, fatores internos e fatores climáticos. Tais estudos tem como objetivo estimar através de trocas térmicas manter o nível de conforto térmico no ambiente.

Considerando todos os fatores de transmissão de calor chega-se a uma temperatura estimada e portanto sabe-se o quanto deve ser a temperatura do ar condicionado. Também vale ressaltar que a carga de consumo energético para chegar a uma temperatura ideal é calculada de acordo com as cargas térmicas da edificação também constituindo importante parâmetro de sustentabilidade.

A transmissão de calor ocorre por meio da diferença de temperatura por meio da envoltória do edifício. O fator de cálculo é chamado de Coeficiente Global de Transmissão Térmica (U) que envolve trocas térmicas superficiais (por convenção e radiação) e trocas térmicas através do material (por condução), considerando o fluxo em superfícies verticais e superfícies horizontais. (FROTA, 2000).

Transferência de energia solar através da envoltória do edifício, ou seja, por componentes opacos, paredes ou componentes translúcidos vidros. Perdas e ganhos de calor através da infiltração de ar externo na área climatizada. A penetração de carga térmica no recinto pode ocorrer através da renovação de ar no ambiente que será influenciada através do tipo de ocupação, das frestas em janelas e portas, portanto para condicionar um ambiente o ar deve ser resfriado e desumificado. A portaria 3.528/98 do Ministério da Saúde, estabelece uma taxa de 27m³/h por pessoa para renovação de ar. (SILVA, 2003)

Para os tipo de lâmpadas fluorescentes e incandescentes deve-se considerar apenas a potência. O ganho de calor é o sensível. No caso de lâmpadas

incandescentes deve ser o mesmo valor da potência e as lâmpadas fluorescentes a potência deve ser multiplicada por 1,25. (SILVA,2003).

7.2. Tipologias de Sistemas de Ar Condicionado

Climatizar um ambiente significa tratar o ar em um ambiente fechado controlando a temperatura, a umidade e ventilação do ar visando boas condições de conforto para os usuários.

O projeto de climatização deve contemplar uma série de etapas. Entre elas pode-se citar a base de cálculo que será responsável pelo dimensionamento do sistema como: temperatura, pressão, umidade relativa do ar, taxas de ocupação, iluminação, ar exterior, radiação solar, paredes, janelas , vidro.³⁷

O levantamento de ganhos de cargas internas e externas (iluminação, equipamentos, ocupação), infiltração de ar interno e externo.

Os sistemas podem ser divididos em zona única, ou seja, que atendem a um único recinto ou zonas múltiplas atendendo a vários ambientes por meio de um sistema de dutos.

Com o avanço dos sistemas múltiplos, atualmente existe o volume de ar variável (VAV) que é composto por sistemas automatizados mantendo condições de temperatura diferentes de acordo com a carga térmica de cada ambiente. Este sistema com certeza contribui para a redução do consumo energético de ar condicionado.

7.2.1. Sistema de Expansão Direta:

O ar que é climatizado entra em contato direto com o fluido refrigerante, também utilizado para pequenas instalações, sendo utilizado em edifícios de pequeno porte.

³⁷SILVA, JESUÉ GRACILIANO DA. Introdução a Tecnologia da Refrigeração e da Climatização. Artliber Editora. São Paulo, 2003.

A seguir são detalhadas as principais tipologias de sistemas de ar condicionado para sistemas de expansão direta.

- **Aparelho de Janela.**

O aparelho mais popular de climatização é o aparelho de janela, sistema onde o refrigerante contido numa serpentina, ao se evaporar, resfria diretamente o ar em contato com ela. É utilizado em edificações de pequeno porte e deve ser instalado na parte superior das paredes, pois o ar frio que será insuflado no ambiente que é mais denso irá se movimentar normalmente pelo ambiente. No período de inverno o aparelho de janela pode ser utilizado com a função de aquecimento (ciclo reverso) . Para que esta função seja acionada é necessário que o condensador opere como evaporador funcionando como bomba de aquecimento.

- **Self-Contained com condensação a Ar ou a Água.**

O Sistema Self Contained pode ser utilizado em vários tipos de usos como lojas, restaurantes, centros de computação bancos, residências e comércio. O equipamento deverá ter um compartimento apropriado e ter tomada de ar direta com o exterior do edifício. Outra característica deste sistema é que a distribuição do ar refrigerado pode ser através de dutos de distribuição de ar.

O Sistema Self Contained pode ser ter a condensação a ar, que funciona utilizando o ventilador centrífugo para movimentar o ar entre as aletas do condensador e liberar o calor do fluido refrigerante para o ambiente. O aparelho self é que refrigera o ar e insufla através da rede de dutos no ambiente, o condensador funciona como tomada de ar externo. O Sistema Self Contained tipo condensação a água terá a torre de resfriamento externa à edificação que tem a função de resfriar a água que sai do resfriador . A água passa por serpentinas de fluido refrigerante e resfria o ar que será insuflado no ambiente.

- **Aparelhos Split System.**

O aparelho tipo Split System representa atualmente um sistema mais prático e eficiente para utilização em residências e estabelecimentos comerciais como restaurantes e lojas. Seus componentes podem ser instalados em edificações já construídas sem a necessidade de instalação de dutos de distribuição ou reservar um compartimento exclusivo para locação da unidade condensadora, como é o caso do sistema self contained. A unidade condensadora pode ser instalada, por exemplo, em um terraço ou fixada na fachada do edifício e a unidade evaporadora também pode ser locada no piso ou teto ou embutida no forro de gesso como é o caso dos aparelhos tipo Cassete. A tubulação que interliga a unidade condensadora e a unidade evaporadora será uma tubulação com isolamento térmico que vai transportar o ar refrigerado. Outro ponto importante para instalação de um sistema Split System é que junto a unidade evaporadora deverá ser previsto um ponto de energia e um ponto para dreno que deverá interligar esta tubulação a captação de água.

7.2.2. Sistemas de Expansão Indireta:

O sistemas de expansão indireta é utilizado em edifícios de grande porte como Hospitais, Shopping Centers e Hipermercados, sendo formado por três circuitos:

- Circuito do ar – “fan coil”, onde o ar é resfriado;
- Circuito frigorífico “chiller”, onde é produzida a água gelada;
- Torre de resfriamento, onde é retirado o calor da água de condensação do “chiller”.

O resfriamento o ar se dá através da distribuição de água gelada no edifício que é bombeada do *chiller* até às serpentinas dos *fan coils*. Esta água gelada percorre as tubulações do circuito a uma temperatura de 4 °C a 13 °C. A distribuição do ar resfriado é realizada através de dutos.

Figura 31: Esquema de um Sistema de Expansão Indireta

Fonte: Apostila da Disciplina de Sistemas Prediais para Conforto Térmico – PCC5020
 Profa. Dra. Brenda Chaves Leite – POLI - USP

- **Sistemas VAV:**

O significado da sigla VAV, significa Volume de Ar Variável, ou seja, estes sistemas abrigam controles de frequência acionados por ventiladores. Tais sistemas podem ser utilizados em edifícios que necessitam de uso de temperaturas diferentes, devido as fachadas e horários de funcionamento. A vantagem de utilização deste sistema está na redução de carga de refrigeração devido a redução de volumes de ar resfriado, redução de carga térmica e controle individual da temperatura. (PENA,2002)

Figura 32: Esquema geral para sistema de Expansão Indireta tipo V.A.V. para um ambiente e para dois ambientes.
Fonte: SILVA, 2003

7.3. Conservação de energia em sistemas de ar condicionado

Até o século XX o arquiteto de certo modo se via obrigado a considerar as condições climáticas de uma determinada região para que o conforto fosse alcançado, constituído o que podemos chamar de Arquitetura Vernacular ou Bioclimática.

Após a Revolução Industrial, muitas adequações naturais foram substituídas por sistemas mecânicos de aquecimento e refrigeração, porém em 1973 o embargo do petróleo causou o aumento dos preços da energia e em consequência florescia a consciência de que era preciso conter o consumo energético nas edificações. Outro fator determinante seria a questão da Sustentabilidade, visto que o planeta sofre atualmente uma degradação mundial e o desequilíbrio climático em função do aquecimento global causado pelos altos índices de emissões de gases intensificando o efeito estufa. Estas adaptações ou substituição das tecnologias bioclimáticas causaram o fenômeno do Edifício Estufa, ou seja, mega estruturas de vidro e concreto com sofisticados sistemas de ar condicionado. Os sistemas de iluminação e climatização artificial foram largamente utilizados até que na década de 70 este cenário agravou-se com o aumento das populações nos centros urbanos e a crise do petróleo. A geração de energia passa por 3 fases distintas até chegar a edificação: geração, transmissão e consumo. Portanto as perdas de energia serão geradas conforme for maior o desempenho destas 3 fases. (LAMBERTS, 1997)

Todo este panorama leva a Arquitetura a repensar sobre a questão da adequação do projeto arquitetônico a Arquitetura Bioclimática, buscando tecnologias passivas na adequação de condições de conforto na edificação. Sempre considerando que a questão do aquecimento, resfriamento e iluminação estão interligadas afetando os usuários, o projeto arquitetônico e a energia utilizada pelos sistemas elétricos e mecânicos.

Segundo LAMBERTS (1997), a atuação do arquiteto na questão de eficiência energética na edificação abrange principalmente os setores residencial, comercial e público. As edificações representam 42% do consumo de energia no país. A racionalização da energia pode ser realizada através da redução do consumo na iluminação, no condicionamento de ar e no aquecimento de água, buscando a interligação dos sistemas naturais e artificiais sempre optando pelas tecnologias passivas. Arquitetura Bioclimática contempla diversos elementos favoráveis ao uso racional da energia podendo citar o uso da ventilação natural, resfriamento evaporativo e umificação, massa térmica, aquecimento solar passivo, uso da cor, sistemas de aberturas, uso da vegetação como sombreamento e uso da iluminação.

Nas estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) existe uma grande quantidade de calor gerado no interior do edifícios em função da grande densidade de equipamentos, usuários e sistemas de iluminação. O uso da iluminação natural também representa expressivo recurso para a redução do consumo energético, porém o uso de iluminação para que haja eficiência não dever ser a ampliação das aberturas, porque isso poderia acarretar ganhos térmicos, ou seja, o ideal seria explorar a luz com recursos arquitetônicos criativos como brises light shelf, átrios, dutos de iluminação com espelhos, persianas reflexivas, paredes transparentes, poços de luz, telhados com shed, refletores externos, clarabóias e outros.

- **Eficiência dos Sistemas:**

Os sistemas de ar condicionado tipo expansão indireta são indicados para grandes áreas à serem climatizadas, constituindo o sistema mais eficiente conforme demonstra a figura 34. Este sistema é composto pelo Fan-Coil que tem a função de resfriar o ar através do sistema de água gelada, o Chiller que vai refrigerar a água

que vai até o fan-coil e as Torres de Resfriamento que tem a função de retirar a carga térmica da água que sai do Fan-coil.

Figura 33: Consumo energético proporcional para de vários sistemas

Fonte: Apostila da Disciplina Sistemas de Ar Condicionado.
Prof.Dr. Racine Prado – POLI - USP

7.3.1. Estratégias para redução de consumo de energia

Segundo PENA (2005), o estudo para redução do consumo energético em sistemas de ar condicionado deve ser planejado no projeto visando o uso de equipamentos do sistema mais eficiente, facilidade no que tange a questão de manutenção, certificações quanto as instalações e fornecimento. As medidas de redução e de consumo de energia podem ser classificadas em Custo Zero e Baixo Custo e Alto Custo. A seguir cada medida será detalhada.

Medidas com Custo Zero:

- Ajustes de registros (dampers) de tomada de ar exterior
- Desligamento De Luzes
- Vazamento em Dutos
- Desligamento de Sistemas de Exaustão

- Limpeza de Filtros
- Ajustes de Termostatos
- Ajustes de Vazão de Ar
- Manutenção Programada
- Seminário de Conservação de Energia

Medidas com Custo Baixo:

- Redução de Infiltração de Ar Externo.
- Recálculo de Ocupação de Pessoal - Ar Exterior – Rebalanceamento
- Isolamento Térmico em Dutos
- Isolamento de Tubos
- Desligamento de Sistemas X Instalações de Sistemas Dedicados.
- Desligamento de Bombas de Circulação (BAG e BAC) e Torres de Resfriamento
- Segregação para Área de Fumantes
- Recalibrar Controles
- Instalar Barreiras ou Isolar Equipamentos
- Reduzir Perdas em Circuitos de Água (Fase de Projeto ou .Retrofit.)
- Proteção de Vidros . Cortinas, Filmes, Brises, Telas

Medidas com Custo Alto ou Retrofits:

1. Impacto da Eficientização da Iluminação sobre o Sistema de Ar Condicionado:

Com a redução da dissipação térmica do sistema de iluminação instalado, a carga térmica do espaço será menor e em consequência o consumo do ar condicionado irá cair.

Outro fator é que com a especificação de sistemas de iluminação mais eficientes haverá uma redução direta do consumo de energia.

2. Controle do Ar Exterior (Ventilação) pelo uso de Sensores de CO₂:

Quanto maior o número de pessoas no local maior será a concentração de CO₂, portanto se houver um controle da quantidade de CO₂ em cada

ambiente é possível utilizar um set point baseado na concentração de CO₂, assim a carga térmica do sistema será reduzida. Vale a pena ressaltar que as taxas de ventilação também deverão suprir exigências quanto a outros contaminantes como fumo, gases, detergentes, tintas, etc.

3. Isolamento Térmico em Coberturas:

A carga térmica interna do ambiente, responsável pelo dimensionamento do sistema, será em função da penetração de calor através da envoltória como cobertura e paredes. Se houver a proteção da radiação solar pela cobertura através da especificação de materiais que tenham baixa transmitância térmica, a carga térmica interna será menor.

4. Uso de Motores Eficientes:

Os motores do sistema de ar condicionado foram projetados para converter uma quantia de energia elétrica em trabalho, se os motores forem bem dimensionados e eficientes, o consumo do sistema será menor.

O presente trabalho tem como objetivo abordar a utilização de sistemas de climatização artificial em estabelecimentos assistenciais à saúde (EAS), abordando as particularidades inerentes a estes edifícios que necessitam de condições especiais de assepsia, evitando assim a possibilidade de transmissão de infecções. Para que estes sistemas sejam corretamente dimensionados, deverão ser considerados parâmetros relativos ao sistema de filtragem, controle de fluxos de ar, renovação de ar exterior e controle de temperaturas através de termostatos.

“Os setores com condicionamento para fins de conforto, como salas administrativas, quartos de internação, etc., devem ser atendidos pelos parâmetros básicos de projeto definidos na ABNT NBR 6401. Os setores destinados à assepsia e conforto, tais como salas de cirurgias, UTI, berçário, nutrição parenteral, etc., devem atender às exigências da ABNT NBR 7256.” ³⁸

³⁸A RDC/Anvisa nº. 50 de 2002 adota como complementares as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e estabelece no item 7.5.1 - Ar condicionado (AC):

A questão de análise microbiológica também será abordada, por constituir importante fator ligado a qualidade do ar e controle da infecção hospitalar destacando os principais contaminantes que podem ser disseminados nos ambientes por diversos fatores, entre eles a falta de manutenção do sistema de climatização artificial.

A eficiência energética em EAS, também será considerada, visto que o objetivo da dissertação é analisar o consumo energético de sistemas de climatização em edifícios da saúde. Para este capítulo, inicialmente será tratada a redução de consumo de energia com abordagem geral e posteriormente a visualização de tais estratégias através de dois casos - Hospital Albert Einstein em São Paulo e Hospital Sarah Rio - onde ambos foram idealizados considerando questões de eficiência energética e outras estratégias de sustentabilidade aplicada ao projeto arquitetônico.

Um dos problemas encontrados em instalações de sistemas de climatização em EAS é a instalação indevida de equipamentos de ar e acessórios gerando uma demanda de manutenções e altos custos. Outro fator relevante é que a compatibilização do projeto do sistema de climatização não contempla a interferência do sistema de climatização com o projeto arquitetônico e demais projetos de instalações. Todos estes fatores irão gerar custos desnecessários, alto consumo de energia e manutenções. Portanto o projeto deve ser bem dimensionado.

A elaboração do projeto arquitetônico, no caso de edifícios de assistência a saúde, deve considerar questões importantes relacionadas ao conforto ambiental (térmica) evitando assim condições ambientais desfavoráveis como o excesso ou ausência de calor e renovação de ar. Estes problemas serão difíceis de solucionar após a ocupação. O condicionamento artificial representa um importante fator de desconforto térmico principalmente em áreas em que ele se faz necessário como em centros cirúrgicos (BITENCOURT, 2008).

7.4. Sistemas de Climatização em EAS (Estabelecimentos Assistenciais de Saúde)

Como definição para sistemas de climatização tipo Expansão Indireta, pode-se considerar a instalação de equipamentos de refrigeração (Self-contained, Fan-coil ou Unidade Resfriadora de Água-Chiller) em conjunto com a rede de dutos e tubulações. Para sistemas de climatização tipo expansão direta considera-se a utilização de equipamentos de ar condicionado de janela ou splits.

Conforme a Portaria nº. 3.523 de 1998 e na RE/Anvisa nº. 9 de 2003 descrita neste trabalho no capítulo 4 (Normas Técnicas), a instalação de equipamentos de expansão direta como minisplits e aparelhos de janela não é permitida em EAS, podendo até ser responsável pela contaminação e transmissão de infecções. Portanto o sistema que será considerado neste capítulo será o de expansão indireta.

7.4.1. Sistemas de Climatização em Centros Cirúrgicos

Segundo BITENCOURT (2008), os centros Cirúrgicos abrigam várias atividades distintas resultando na necessidade de serem mantidas temperaturas distintas. Para tal exigência o Centro Cirúrgico deve estar provido de aparelhos que utilizem controle automático do sistema de condicionamento de ar. Este controle de automação é realizado através de componentes que permitem ligar ou desligar o sistema de ar condicionado descritos a seguir:

- Detecção – Através de Termômetros e Higrômetros é verificada a temperatura e a umidade relativa do ar;
- Controle – Conforme recepção dos valores codificados, as informações são comparadas com valores desejados encaminhando a transmissão de sinal de correção aos mecanismos de operação;
- Operação – Recepção do sinal de correção e envio para o controle para efetivação do nível desejado e aplicação no equipamento.

Um dos fatores responsáveis pelo aumento no custo de implantação de áreas destinadas a centros cirúrgicos se refere ao controle da infecção hospitalar, portanto os sistemas de ar condicionado são projetados de maneira que garantam as

diferenças de pressão que permitam a movimentação das áreas limpas para as sujas e não o contrário.

Segundo MIQUELIN (1992), para manter uma oxigenação adequada para 10 pessoas, dentro de uma sala cirúrgica, serão necessárias 28 metros cúbicos de ar por hora; se a sala tiver 6,20 por 6,20 e 3,20 metros de altura (123 metros cúbicos), será necessário renovar menos de um quinto do volume de ar da sala a cada hora. Uma troca de ar do ambiente por hora reduz o nível de contaminação do ar em cerca de 63%, duas trocas de ar por hora em 86% e dez trocas de ar por hora, em 99% de 15 a 20 trocas de ar são suficientes para a redução de riscos de infecção, garantindo o conforto, pressurização da sala cirúrgica e, ainda, manter sob controle a presença de microorganismos aeróbicos numa sala de 40 metros quadrados abrigando uma equipe médica de cirurgia. Atualmente os recentes sistemas de ar condicionado de fluxo unidirecional ou laminar tem utilizado até 700 trocas de ar por hora em zonas específicas da sala cirúrgica.

7.4.2. Tecnologias de distribuição de ar em centros cirúrgicos

Os sistemas de distribuição de ar podem ser divididos em três grupos, conforme os padrões de circulação de ar.

- **Fluxo Turbulento:**

O ar limpo é insuflado na mesma proporção que o ar contaminado é exaurido. O ar contaminado é diluído com o ar limpo, e a qualidade do ar é uniforme, em relação a partículas por metro cúbico.

Figura 34: Sistema de Ar Condicionado com Fluxo Turbulento
Fonte: MIQUELIN, 1992

- **Fluxo Exponencial:**

O ar limpo é insuflado pelo teto e exaurido pela zona mais baixa da sala. Diminuindo assim a possibilidade de contaminação, pois diminui a chance de transporte de partículas em suspensão das zonas abaixo da cintura para a altura do campo cirúrgico. Para este padrão o ideal é que o ar deve ser insuflado com um pequeno desvio em relação ao prumo da sala em direção as grelhas de retorno, fazendo com que o ar se mova radialmente para longe da mesa cirúrgica, criando um padrão exponencial de circulação de ar.

- **Fluxo Unidirecional ou Laminar:**

O ar é insuflado pelo teto ou por uma das paredes da sala numa única direção. As unidades unidirecionais insuflam o ar (200 a 700 trocas por hora) a uma velocidade uniforme, em lâminas paralelas. Usualmente, 99% das partículas maiores que 0,3 microns são filtradas do ar de insuflação através de filtros Hepa ³⁹. O objetivo de todas as variantes desta família de ventilação é manter o campo cirúrgico estéril e livre de partículas em suspensão.

³⁹ High Efficiency Particles Filter

Figura 35: Sistema de Ar Condicionado com Fluxo Laminar pelo teto

Fonte: MIQUELIN, 1992

Figura 36: Sistema de Ar Condicionado com Fluxo Laminar pela parede

Fonte: MIQUELIN, 1992

7.5. CONCLUSÃO

O estudo da climatização artificial aplicada a arquitetura hospitalar descrita neste capítulo, teve como objetivo traçar um maior aprofundamento no assunto passando pela parte histórica, estudos de tipologias de sistemas de climatização artificial e recomendações na questão energética.

Direcionar os aspectos ligados a configuração do sistema de climatização nas simulações através do software Energy Plus, também foi um dos objetivos deste capítulo. Percebe-se que, vários fatores relacionados com o processo projetual podem influenciar no desempenho energético e térmico em ambientes hospitalares que possuem climatização artificial.

CAPÍTULO 8

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EAS

8.1. Sustentabilidade na Arquitetura Hospitalar

Diante do cenário ambiental mundial relativo ao aquecimento global e emissões de CO₂ todos os setores tem desenvolvido estratégias para redução de consumo energético em suas atividades.

O setor da assistência médica também vem contribuindo com tais medidas tendo em vista dois fatores determinantes que são primeiramente o aumento significativo da população com mais de 60 anos, chegando a afirmar que até 2050 esta população vai triplicar de 700 milhões para 2 bilhões.⁴⁰

Portanto, com o aumento da população maior de 60 anos existirá uma carência mundial em serviços assistenciais à saúde , ou seja, com o aumento da demanda vai aumentar o consumo de energia. Outro fator relevante seria que com o passar dos anos e avanços da tecnologia, muitas adaptações foram sendo executadas sem

⁴⁰World Population Aging, 2009. United Nations Departamento f Economic and Social Affairs. Nova York.

planejamento prévio do projeto, gerando portanto desperdícios energéticos que conforme estatísticas tem aumentado 36% desde 1995 como demonstra a figura 38.

As questões estéticas relacionadas com o conceito de humanização e questões de conforto ambiental também devem ser consideradas premissas nas medidas para redução de consumo de energia, ou seja, sempre que possível, os ambientes devem priorizar a natureza, a boa iluminação de preferência natural, boa ventilação e conforto térmico.

Segundo GOES (2004), evitar o consumo exagerado de energia é uma premissa para qualquer projeto, porém em um hospital tal preocupação se torna ainda maior em função da complexidade das instalações. Portanto como recomendações, o fator da térmica entra como item importante na redução de carga térmica do sistema de ar condicionado, portanto os fatores básicos a serem tratados sobre conforto térmico são:

- Orientação do edifício com relação ao sol.
- Ventos dominantes e massa de vegetação.
- Dimensão e posição das aberturas – entrada e saída de ar – proteção.
- Resistência térmica das paredes – espessura, condutibilidade dos materiais.
- Resistência Térmica da cobertura.
- Posicionamento das fontes internas de geração de calor.

Segundo BITENCOURT (2011), os principais fatores para que tornam a rede hospitalar uma dos maiores consumidores de energia, estão descritos a seguir:

- Funcionamento ao longo das 24 horas diárias;
- Alto tráfego de pessoas circulantes;
- Diversas áreas de trabalho com consumos energéticos diferenciados;
- Complexidade das instalações;
- Necessidade de dispor de sistemas de reserva de equipamentos para a demanda energética.

Ainda, segundo BITENCOURT (2011), algumas avaliações que poderão contribuir para a concepção projetual de um hospital sustentável são:

- Exclusividade funcional
- Iluminação e condições naturais;
- Simplicidade funcional do projeto;
- Previsão de substituição das partes;
- Máxima durabilidade;
- Materiais de construção saudáveis ou ecológicos;
- Qualidade da construção;
- Otimização da vida e do fim da vida dos produtos;
- Acesso a fontes de energia renováveis.

O bom desempenho energético irá fornecer melhorias no que tange a qualidade de vida do usuário ou paciente fornecendo mais conforto, segurança e bem estar.

Figura 37: Tendências da Energia para o setor de assistência médica na Europa (Figura 1) e EUA (Figura 2).

Disponível em: <http://www2.schneider-electric.com/documents/support/white-papers/998-3765_Healthcare-energy-efficiency-for-hospital_Portuguese.pdf>

Acesso em: maio 2010

Conforme levantamento realizado pela Schneider Electric ⁴¹ para redução de 30% do consumo de energia seriam necessárias as seguintes medidas:

- Sistemas de automação nos edifícios assistenciais a saúde.
- Inversores de frequência, controle de movimento e controle dos motores.

⁴¹ A Schneider Electric é especialista global em gerenciamento de energia, com operações em mais de 100 países.

- Correção do fator potência, filtros.
- Otimização e atualização dos sistemas HVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado).
- Uso de iluminação natural.
- Reforma no sistema de iluminação artificial especificando lâmpadas mais eficientes e instalação de sensores de presença.
- Economia e reuso de água.
- Rastreamento de Carbono.
- Uso de energias renováveis.

Vale a pena ressaltar que o sistema de automação engloba os seguintes itens:

- Otimização dos sistemas de iluminação no setor de internação configurando o acendimento ou o desligamento de luzes conforme o fluxo de leitos.
- Para o sistema de Ar Condicionado, a automação irá monitorar os ambientes em que é necessária a assepsia e no caso do centro cirúrgico, as salas que não estiverem sendo utilizadas terão a temperatura mais elevada mantendo o mínimo para a troca de ar, temperatura e umidade relativa conforme exigências de normas vigentes.

A redução de consumo de energia em hospitais vai agregar um retorno financeiro a instituição como verifica-se nos dois exemplos colocado à seguir:

Segundo JOHANSEN (2010), três hospitais no sul da Suécia alcançaram uma redução no consumo energético de mais de 1 milhão de Euros por ano e reduziram as emissões de CO₂ em mais de 4.724.191 toneladas, graças a um abrangente contrato de desempenho de energia.

“Ao mesmo tempo em que alcançamos uma significativa economia de energia, nós agregamos valor para os nossos clientes e para nossa própria organização.”⁴²

⁴²JOHANSEN, Robert, Administrador Chefe, Region Fastigheter. Disponível em: <http://www2.schneider-electric.com/documents/support/white-papers/998-3765_Healthcare-energy-efficiency-for-hospital_Portuguese.pdf>

Segundo KAISER (2010), após uma análise completa do consumo de energia e os planos de melhoria da eficiência energética o Kittitas Valley Community Hospital atingiu uma economia de custos de energia de mais de 125.138 de Euros.

“Nós não apenas estamos consumindo muito menos energia do que antes, mas também fomos capazes de transformar estas economias em melhores equipamentos e instalações. Isto permite que os pacientes, nosso pessoal e os visitantes tenham mais conforto e respirem um ar mais limpo e mais saudável no hospital.”⁴³

8.1.1. Certificação Leed

Segundo BENITE (2010), para Edifícios da área médico-hospitalar o USGBC⁴⁴ estabelece como metas para obtenção da certificação Leed⁴⁵ a porcentagem de desempenho para reduções conforme descrito abaixo:

- 20-40% de economia de no consumo de água potável
- 50-100% de economia de água potável para irrigação
- 12-48% de economia no consumo de energia
- 50-75% de todo resíduo gerado na obra desviado de aterros
- 10-30% de todo material empregado é de origem reciclada
- 10-40% de todo material adquirido é de origem local
- 50-95% de toda madeira certificada pelo FSC (Forest Stewardship Council)
- 25% de redução da vazão e volume de água lançada na rede pública durante as chuvas.

⁴³KAISER, Randy , Diretor das instalações, Kittitas Valley Community Hospital.Disponível em:
<http://www2.schneider-electric.com/documents/support/white-papers/998-3765_Healthcare-energy-efficiency-for-hospital_Portuguese.pdf>

⁴⁴ US Green Building Council

⁴⁵ Leadership in Energy and Environmental Design

8.2. A aplicação do Conceito de Sustentabilidade na Arquitetura Hospitalar

A seguir serão analisados dois hospitais em que o Conceito de Sustentabilidade foi abordado no projeto arquitetônico: Hospital da rede Sarah Kubitchek Rio de Janeiro e as duas unidades do Hospital Israelita Albert Einstein em São Paulo.

O objetivo desta investigação é relacionar as diversas aplicações da Arquitetura Bioclimática com a questão energética e redução de carga térmica no interior da edificação. Com a redução da carga térmica interna o dimensionamento do sistema de climatização artificial será alterado, reduzindo assim o consumo total de energia.

O critério para escolha dos estudos de caso permeia as questões climáticas e tecnológicas. Outro fator relevante seria relacionado à questão do partido arquitetônico, ou seja, os hospitais da rede Sarah são pavilhonares ou com implantação horizontal e as unidades do Hospital Albert Einstein são de tipologia verticalizada.

Os casos analisados apresentam realidades urbanas diferenciadas, ou seja, o Hospital Einstein encontra-se em uma área da cidade de São Paulo com maior adensamento, com isso as soluções ligadas a Sustentabilidade foram tratadas no âmbito da tecnologia aplicada a Hospitais verticalizados como o uso de vidros refletivos, tetos-verdes, captação de águas pluviais e sistema de ar condicionado eficiente. Já o projeto do Hospital Sarah Rio, por se tratar de um hospital de tipologia horizontal, possibilita a utilizações de tecnologias passivas como a ventilação natural e resfriamento evaporativo e iluminação natural.

8.2.1. Hospital Albert Einstein – Unidade Morumbi – São Paulo

Localizado no Bairro do Morumbi, o Complexo Hospitalar Albert Einstein, composto inicialmente por 3 blocos conforme mostra a figura 39, é inaugurado em 2009 o Pavilhão Vicky e Joseph Safra, destinado a abrigar procedimentos ambulatoriais. O projeto é do arquiteto Arthur Brito, diretor da Kahn do Brasil.

Figura 38: Implantação Geral – Hospital Albert Einstein
Fonte: MEDEIROS, 2009.

O Pavilhão Vicky e Joseph Safra obteve a certificação Leed ⁴⁶ e tornou-se o maior edifício com o nível de certificação GOLD no mundo, voltado para a assistência à saúde. Com a metragem aproximada de 70.000 m², o pavilhão possui 200 consultórios médicos, centro de diagnósticos, centro cirúrgico, serviços de endoscopia e oftalmologia.

⁴⁶ Leadership in Energy and Environmental Design

Figura 39: Pavilhão Vicky e Joseph Safra – Fachadas
Fonte: MEDEIROS, 2009

Segundo MEDEIROS (2010), a fachada é composta por vidros de alto desempenho low-e, fixados com silicone estrutural, muitos duplos e insulados com micropersiana interna, e revestimento de porcelanato encaixilhado, constituindo o sistema de ventilação. Tal sistema de esquadrias pode reduzir em 14% o consumo de energia do sistema de ar condicionado. Outra aplicação para redução de consumo de energia do sistema de ar condicionado foi unificar a central de água gelada com equipamentos eficientes e ganho de escala. O conceito de Sustentabilidade é aplicado no edifício através de outros focos como tetos verdes que assim como as fachadas eficientes contribuem para a redução de carga térmica no interior dos ambientes conforme demonstra a figuras 40.

Figura 40: Telhados Verdes do Pavilhão Vicky e Joseph Safra
Disponível em: <http://ecotelhado.blog.br/?tag=ecotelhado-em-hospitais>
Acesso em: maio 2010

A economia de água também é aplicada através do gerenciamento da descarga de águas pluviais, a utilização de reservatórios de retardo e a presença de jardins na cobertura do pavilhão apresentam uma redução de 30% do volume de água da chuva enviado para a rede pública. O empreendimento também possui o sistema de reuso de água, madeira certificada, tintas, vernizes e carpetes que não emitem odores voláteis.

Com o objetivo de manter a qualidade do ar o Pavilhão possui o monitoramento do nível de CO₂ e otimização do sistema HVAC.

8.2.2. Hospital Sarah Kubitchek – Rio de Janeiro

Segundo LUKIANTCHUKI (2010), um dos principais destaques na obra de João Figueiras Lima “Lelé” seria a criação de soluções diferenciadas de conforto que englobam a integração de espaços funcionais, econômicos e ambientais, reduzindo assim o consumo energético e tornando-os espaços mais agradáveis e humanizados.

Figura 41: Hospital Sarah Rio de Janeiro – Vista aérea e sheds

Fonte: MELENDEZ, 2009

Inaugurado em 2009 o Hospital Sarah Rio (figura 42), é o mais atual da rede com soluções tecnológicas mais avançadas, resultado do aperfeiçoamento de toda a rede de hospitais conforme o próprio Lelé afirma:

“A gente tem sempre que se apoiar em experiências anteriores para aprimorar as novas. Então, essa convivência com o projeto é importante, porque é a prova dos nove. Você não pode abandonar a sua criação, não, você tem uma responsabilidade com o seu projeto como se fosse um filho que você cria. É fundamental que você acompanhe a vida dele. Isso na Rede Sarah para mim é bem característico, e todo mundo me cobra. Depois que você tem uma vivência, como eu tenho aqui na Rede Sarah, de todos os setores, da convivência do dia a dia, inclusive a manutenção dos hospitais somos nós que fazemos, então a gente tem uma vivência integral dos espaços hospitalares e aí o projeto fica fácil. Não há muito que discutir, e sim aprimorar, corrigir os erros anteriores e ir em frente.”(João Figueiras Lima)⁴⁷

O primeiro ponto a ser abordado na tipologia arquitetônica dos projetos da Rede Sarah, seriam os sheds, em que Lelé utiliza a funcionalidade do shed possibilitando o uso da iluminação e ventilação naturais sem perder a questão estética quando ele contrapõe com a questão formal. O uso da ventilação natural reduz o consumo do ar condicionado e o uso da iluminação natural reduz o consumo da iluminação artificial.

Segundo PERÉN (2006), a maior parte dos ambientes do hospital Sarah Rio são climatizados artificialmente em decorrência das altas temperaturas inerentes ao clima quente e úmido da Cidade do Rio de Janeiro atingindo mais de 40 graus no verão. Nas épocas do ano em que as temperaturas são mais amenas são utilizados sistemas de ventilação natural ou ventilação natural forçada. Estes fatores configuram uma tipologia híbrida pois existe a alteração de sistemas de climatização que podem ser alterados conforme a época do ano. Para isso foram desenvolvidos

⁴⁷ PERÉN, Jorge Isaac Monteiro. Ventilação e Iluminação naturais na obra de João Figueiras Lima “Lelé” : Estudo do hospitais da rede Sarah Kubitschek Fortaleza e Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado. São Carlos. FAU USP. São Carlos, 2006.

pelo CTRS⁴⁸ sistemas de automação que facilitam a flexibilidade entre os sistemas, ou seja, alteração do sistema artificial para o natural. Para a flexibilidade do sistema foram projetadas grandes coberturas com alturas variadas de pé-direito totalmente desvinculadas das divisões dos ambientes (Figura 42), o forro é formado por placas basculantes que permitem a ventilação e iluminação natural nos ambientes nos períodos com temperaturas mais amenas e nos períodos mais quentes os forros basculantes fecham e são acionados o sistemas de ar condicionado onde o fan-coil resfria o ar que é insuflado dentro dos ambientes.

Figura 42: Corte com estrutura de sheds, arco móvel automatizado e forro composto por painéis basculantes. Fonte: PERÉN, 2009

⁴⁸ Centro de Tecnologia do Rede Sarah.

Figura 43: Croqui do arquiteto com visualização do sistema híbrido de climatização natural e artificial.
Fonte: PERÉN, 2006

O próprio arquiteto afirma sobre este sistema:

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 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 consegue 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 está 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 que seja uma solução inteligente, nem lógica, você usar o ar condicionado com 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. (João Figueiras Lima). ⁴⁹

Segundo LUKIANYCHUKI (2010), no hospital Sarah Rio as galerias estão no andar técnico, conforme demonstra a figura 44 a tomada de ar ocorre através de placas perfuradas que estão na fachada do edifício para captação dos ventos dominantes e insuflando-os nos ambientes internos. O ar externo passa por dispositivos de aspersão da água que estão localizados em espelhos d'água na área externa do hospital aumentando a umidade relativa e penetrando no interior do edifício retirando o calor latente e reduzindo a temperatura e ampliando as condições de conforto.

Figura 44: Sistema Resfriamento evaporativo
Fonte: MELENDEZ, 2009

⁴⁹ PERÉN, Jorge Isaac Monteiro. Ventilação e Iluminação naturais na obra de João Figueiras Lima “Lelé” : Estudo do hospitais da rede Sarah Kubitschek Fortaleza e Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado. São Carlos. FAU USP. São Carlos, 2006.

CAPÍTULO 9

O MÉTODO

9.1. O OBJETO CONCRETO DE ESTUDO

O edifício onde funciona o Ambulatório de Especialidades Médicas Dr. Joracy Cruz – Suzano, foi escolhido como Estudo de Caso para a simulação computacional, que tem como objetivo de fazer uma análise entre consumo energético e conforto térmico para áreas climatizadas e não climatizadas caracterizando um sistema híbrido em relação a tecnologias passivas e ativas de climatização. A simulação utilizando o Software Energy Plus versão 7.0, prevê várias configurações arquitetônicas visando a análise de conforto térmico e consumo energético.

- **Critérios para escolha do objeto concreto de estudo**

Inaugurado em 2009, o Ambulatório de Especialidades Médicas Dr. Joracy Cruz foi escolhido como modelo para a Simulação Computacional porque contempla os serviços básicos de atendimento emergencial e ambulatoriais (caracterizando como um EAS) e por conter a área direcionada para pequenas cirurgias, ou seja, um centro cirúrgico. Outro fator relevante para escolha, está relacionado com a preocupação dos arquitetos em especificarem dispositivos de proteção solar brise-soleil, que tenha a função de isolamento térmico e conseqüentemente na redução de consumo de energia.

“ Se, por um lado escancaramos o interior do prédio com vidro, na face oeste o vazado aguça a curiosidade – e ainda cumpre a função de isolamento térmico ” ⁵⁰

- **Delimitação da área de estudo**

O modelo à ser simulado localiza-se na Cidade de Suzano, com endereço a Rua Kasuo Kajiwara, 33 – Suzano – SP e seu entorno é delimitado pela Rua Regina Cabalau Mendonça e Rua Cinco conforme apresenta a Figura 46.

Figura 45: Delimitação da Área de Estudo
Fonte: Google Earth. Acesso Junho 2012

⁵⁰ GEROLLA, Giovanni. Revista AU – Março de 2011 – p 31.

Figura 46: Ambulatório de Especialidades Médica
Dr. Joracy Cruz – Suzano – SP
Fachada Norte
Fonte: GEROLLA, 2011

- **Dados técnicos da edificação**

- Projeto: Elvis Vieira e Ricardo Hatiw Lu.
- Local: Rua Kasuo Kajiwara, 33 – Suzano – SP
- Área do Terreno: 5.133,31 m²
- Área construída: 1.016,86m²
- Estrutura: 10 consultórios clínicos; salas para pequenas cirurgias, observação, mamografia, eletrocardiografia, ultrassonografia; setores de esterilização e expurgo; auditório no anexo externo, para reuniões, cursos e eventos, com capacidade para 100 pessoas; banheiros nas duas laterais dos blocos e acessibilidade para pessoas com deficiência. Jardim no entorno dos dois blocos, estacionamento para funcionários pela Rua Kazuo Kajiwara, vagas para visitantes e na parte externa estacionamento de ambulância.
- Corpo clínico: 20 profissionais médicos
- Especialidades: cardiologia, vascular, oftalmologia, urologia, dermatologia, gastroenterologia.

- **Centro Cirúrgico**

Como descrito anteriormente, o ambulatório apresenta um centro cirúrgico com área de 200,00 m². Para que seja mantida a assepsia deste compartimento, ele não possui esquadrias e funciona com um sistema de ar condicionado Split System tipo expansão direta.

Na arquitetura hospitalar, a assepsia em áreas cirúrgicas faz com que seja necessária a utilização de sistemas de climatização artificial, porém se através de sua volumetria, revestimentos, orientação forem favoráveis, a redução de carga térmica com certeza também irão contribuir para uma maior eficiência do sistema. (LAMBERTS, 1997)

- **Ambulatórios**

As áreas dos ambulatórios atualmente não apresentam sistema de condicionamento artificial, tendo como isolamento térmico as áreas dos corredores com brise-soleil, conforme demonstra a figura 47.

Os elementos construtivos brises-soleil se localizam nas fachadas Leste e Oeste conforme demonstram as figuras 48 e 49.

Figura 47: Vistas Internas

Fonte: GEROLLA, 2011

Figura 48: Ambulatório – Fachada Leste

Fonte: GEROLLA, 2011

Figura 49: Ambulatório – Fachada Oeste

Fonte: GEROLLA, 2011

• Arquitetura

Figura 50: Planta baixa Pav. Térreo e Superior – Corte Transversal A.A.

Fonte: Desenho desenvolvido pela autora em programa Auto CAD

9.2. O ÍNDICE DE CONFORTO

A simulação prevê a configuração de sistemas híbridos, ou seja, o edifício possui o condicionamento artificial para áreas assépticas (centro cirúrgico) e utiliza tecnologias passivas nas demais áreas (ambulatórios, circulações, recepção, etc.).

Para aplicação de índices de conforto térmico procurou-se um embasamento em normas que estabeleçam parâmetros relacionados com EAS (Estabelecimentos Assistenciais de Saúde), portanto a Norma RDC 50 – ANVISA cita a norma Ashrae 55-2004 como referência de conforto térmico.

Avaliação das condições de conforto térmico para áreas não climatizadas:

O gráfico 01, demonstra os índices de conforto térmico estabelecidos pela versão 55-2004 da Ashrae “Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy” considerando 90% e 80% dos usuários estariam satisfeitos.

Gráfico 1: Índice de conforto proposto pela ASHRAE 55-2004
Fonte: ASHRAE 55, 2004

9.3. DADOS CLIMÁTICOS

Para coleta de dados climáticos da cidade de São Paulo foi adotado o software Climáticos 4.2. elaborado pelo Laboratório de Conforto Ambiental da Faculdade de Arquitetura da Universidade de São Paulo, sob orientação da Profa. Dra. Márcia P. Alucci. A tabela 5 apresenta no software Climáticos os dados de temperatura, pressão atmosférica, precipitação, evaporação, insolação, umidade relativa e nebulosidade da cidade de São Paulo.

cidade	Lat (s)	Long. (W.Gr.w.)		Alt. (m)									
São Paulo	23,3	46,37		792,06									
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Pressão Atmos (hPa)	923,5	924,2	924,9	926,2	927,4	928,7	929,4	928,3	927,2	925,4	923,8	923,2	926
Temperatura Média (°C)	22,1	22,4	21,7	19,7	17,6	16,5	15,8	17,1	17,8	19	20,3	21,1	19,3
Temperatura Máxima (°C)	27,3	28	27,2	25,1	23	21,8	21,8	23,3	23,9	24,8	25,9	26,3	24,9
Temperatura Mínima (°C)	18,7	18,8	18,2	16,3	13,8	12,4	11,7	12,8	13,9	15,3	16,6	17,7	15,5
Temp Máx Absoluta (°C)	34,2	34,7	33,5	31,4	29,7	28,6	29,3	33	35,2	34,5	35,3	33,5	35,3
Temp Mín Absoluta (°C)	11,9	12,4	12,1	6,8	2,2	1,2	1,5	3,4	3,5	7	7	10,3	1,2
Precipitação Total (mm)	238,7	217,4	159,8	75,8	73,6	55,7	44,1	38,9	80,5	123,6	145,8	200,9	1454,8
Precip-Máx em 24h (mm)	103,5	121,8	90,8	57,9	71,8	74	70,8	42,3	62,6	63,7	82,8	151,8	151,8
Evaporação Total (mm)	99,9	86,9	88,4	80,7	79,8	78,2	91,1	104,8	100	99,9	101,4	96,9	1107,9
Umidade Relativa (%)	80	79	80	80	79	78	77	74	77	79	78	80	78
Insolação Total (horas)	148,6	144,5	144,6	140	152,4	145,2	164,4	156,5	125,8	135,6	144,7	130,4	1732,7
Nebulosidade (0-10)	8,1	7,5	7,7	7,4	6,6	6,2	6,1	6,2	7,2	7,7	7,7	8,2	7,2
Fonte: Normais Climatológicas (1961-1990), Brasília, 1992 Ministério da Agricultura e Reforma Agrária Secretaria Nacional de Irrigação Departamento Nacional de Meteorologia													

Tabela 5: Tabela dos dados climáticos de São Paulo

Fonte: Climáticos 4.2

Gráfico 2: Temperaturas Médias Anuais para Cidade de São Paulo

Fonte de dados: Climáticus. 4.2

Visando uma análise comparativa, os dados fornecidos pelo software Climáticus foram confrontados com os dados de INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, conforme apresenta o gráfico 3, demonstrando dados similares para as duas fontes de pesquisa.

Gráfico 3: Temperaturas Médias para Cidade de São Paulo

Fonte: INMET

9.4. O SOFTWARE ENERGY PLUS

Para as simulações térmicas e energéticas foi utilizado o Programa Energy Plus versão 7.0. Este software foi concebido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE) no fim da década de 70 impulsionados pela crise energética desta mesma década. O Energy Plus é um software de simulação energética configurado para modelar edifícios com todas as formas associadas ao fluxo de energia, ou seja, condicionamento de ar (para aquecimento e resfriamento), iluminação, ventilação e qualquer outra forma existente de consumo energético.

O Energy Plus é capaz de calcular as cargas térmicas de aquecimento e resfriamento necessários para que se tenha conforto térmico dentro de uma faixa determinada no programa, ou seja, são estabelecidas pelo projetista temperaturas internas de set point.

A integração entre cargas térmicas, os sistemas de climatização e os equipamentos utilizados constitui outro ponto forte do Energy Plus. Os impactos causados pelo tipo de sistema e equipamentos escolhidos são considerados diretamente na resposta térmica do edifício, ao invés de se calcular a carga térmica primeiro para depois simular o tipo de sistema e o equipamentos. Isto permite ao projetista analisar a influência sobre o conforto térmico quando se sub-dimensiona um componente do sistema.

O software analisa o consumo de energia aplicando metodologias de cálculo para os componentes do edifício. Tais metodologias se baseiam na norma ASHRAE 55: 2004.

CAPÍTULO 10

SIMULAÇÃO E DISCUSSÃO

10.1. DADOS DE ENTRADA

Com o objetivo de estudar o desempenho térmico e energético do objeto concreto de estudo, os elementos de tecnologia passivos teto verde e o dispositivo de proteção solar brise-soleil, foram escolhidos como elementos variantes nas simulações.

- **Teto verde**

O teto verde foi escolhido como elemento construtivo de tecnologia passiva, em função da capacidade de redução de carga térmica e consumo de energia. Outro fator relevante no uso da vegetação em hospitais seria a humanização. Além disso, pode proporcionar uma paisagem mais agradável para o paciente.

“Segundo Zanettini, a cobertura verde mostra-se interessante sob vários aspectos. Ela favorece o desempenho térmico dos edifícios, melhorando o conforto interno, diminuindo a temperatura através do resfriamento evaporativo e aumentando a umidade do ar em dias quentes de verão, o que representa significativa economia de energia em sistemas de refrigeração”. (LEAL, 2009).

- **Dispositivo de proteção solar brise-soleil**

A escolha do uso do elemento de proteção solar brise-soleil como critério de variação nas simulações, está relacionado à existência deste dispositivo no edifício à ser simulado. Surge então a possibilidade de analisar a eficiência deste elemento na questão térmica e energética combinado com o teto verde.

Os parâmetros descritos a seguir foram considerados em todos os modelos simulados, pois constituíram fatores inerentes as condições físicas e ambientais da edificação.

- **Dados climáticos**

Os dados climáticos da cidade de São Paulo inseridos no Software Energy Plus, conforme apresenta o gráfico 4, foram obtidos no site do Departamento de Energia dos Estados Unidos disponível no site:

http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data3.cfm/region=3_south_america_wmo_region_3/country= BRA/cname=Brazil

Gráfico 4: Dados Climáticos da Cidade de São Paulo – SP
Fonte: Energy Plus

- **Carga térmica de ocupação**

Densidade: 1 pessoa / 5,00 m³ - com nível de atividade = 1,3 met ou 130W por pessoa⁵¹

- **Período de ocupação**

Foi considerado período de ocupação de 24 horas, devido ao hospital prestar serviços de pronto atendimento.

- **Sistema de Climatização Artificial**

A edificação foi dividida em 5 Zonas Térmicas e para a Zona 1 que corresponde ao centro cirúrgico foi considerado um sistema de climatização artificial de Expansão Direta tipo Self Contained ⁵².

- **Materiais**

A tabela 6 apresenta algumas configurações construtivas inseridas nas simulações computacionais, o Anexo B complementa estas informações com telas de visualização para as 4 simulação realizadas.

⁵¹ 1 met = 58,15 W/m² (PIRRÓ, 2005).

⁵² Sistema Self Contaned – Sistema de Condicionamento Artificial tipo Expansão Indireta (SILVA,2003).

ELEMENTO	MATERIAL
Janelas	Nas áreas dos ambulatorios, circulações e sanitários
	Vidro transparente com espessura de 6mm
	$U = 5,73 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
	$Str = 0,64$
Laje	Laje de concreto com espessura de 15cm (2000 kg/m^3)
	$U = 1,28 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
Paredes	Painel de concreto com espessura de 15cm (1800 kg/m^3)
	$U = 3,15 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

Tabela 6: Parâmetros fixos de simulação

- **Ventilação mecânica**

Em todas as zonas climatizadas foram utilizadas ventilação mecânica com uma taxa de renovação de ar de 27 m^3 por pessoa. A zona climatizada (centro cirúrgico) não possui esquadrias por ser uma área com condições assépticas, conforme determinação da Norma RDC 50 Anvisa, portanto quando as temperaturas internas estiverem em temperatura de conforto, e o equipamento desligado, somente será utilizado o consumo de energia para garantir a ventilação mecânica.

- **Cargas dos equipamentos**

A tabela a seguir apresenta as cargas térmicas de equipamentos e sistema de iluminação.

TABELA - CONSUMO ENERGÉTICO - EQUIPAMENTOS				
EQUIPAMENTOS	QUANT	DIAS POR MÊS	MINUTOS POR DIA	CONSUMO KW/H
COMPUTADORES - 300W	30	30	480	2160
MONITOR 15" - 22W	30	30	480	158
ESTABILIZADOR - 350 W	30	30	480	2520
IMPRESSORA JATO DE TINTA 50W	20	30	60	30
APARELHO ULTRASOM 1500W	1	30	120	90
APARELHO RAO X HOSPITALAR PEQUENO - 30000W	1	30	180	5400
AUTOCLAVE HOSPITALAR 200L - 8000W	1	30	180	480
APARELHO DE TOMOGRAFIA PEQUENO - 30000W	1	15	60	450
APARELHO DE MAMOGRAFIA 2500W	1	30	180	225
1 MICROONDAS - 1400W	1	30	30	21
1 REFRIGERADOR - 100W	1	30	360	18
2 CHUVEIROS ELÉTRICOS 2400W	2	30	30	192
TOTAL				11744
TABELA - CONSUMO ENERGÉTICO - ILUMINAÇÃO				
LUMINÁRIA	QUANT	DIAS POR MÊS	MINUTOS POR DIA	CONSUMO KW/H
LUMINÁRIA COM 2 LÂMPADAS FLUORESCENTES TUBULARES 20 WATTS CADA = 40W	76	30	720	1094
2 LUMINÁRIAS COM 7 LÂMPADAS FLUORESCENTES-FOCO CIRÚRGICO DE 32 WATTS CADA	2	30	360	80,64
TOTAL - EQUIP + ILUMINAÇÃO				12.918

Tabela 7: Consumo energético de equipamentos e iluminação
Fonte: elaborado pela autora

- **Divisão de Zonas Térmicas Térmicas:** As figuras 51 e 52 apresentam a divisão em zonas térmicas configurada no software de simulação computacional Energy Plus.

Figura 51: Divisão em Zonas Térmicas – Pav. Térreo
Fonte: Geometria fornecida pelo Energy Plus

Figura 52: Divisão em Zonas Térmicas – Pav. Superior
Fonte: Geometria fornecida pelo Energy Plus

A tabela 8, apresenta a divisão em zonas térmicas com metragem quadrada.

Na configuração de sistemas híbridos a zona 1 composta pelo centro cirúrgico , apresenta climatização artificial (metragem de 200,00 m²), as demais zonas apresentam sistemas passivos de condicionamento térmico (metragem de 817,00 m²), conforme demonstra a tabela 9:

	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5
Metragem (m²)	200	460	108	168	81
metragem total = 1017,00m²					

Tabela 8: Metragem quadrada de cada zona térmica
Fonte: Elaborado pela autora

- **Geometria**

O edifício foi lançado em sua totalidade no programa Energy Plus através da inserção de dados geométricos conforme apresenta a figura 53. O edifício possui a área construída de 1017,00 m² que foram divididos em 5 zonas térmicas.

Figura 53: Modelagem do Edifício – Vista para Fachada Leste
Fonte: Geometria fornecida pelo Energy Plus

Figura 54: Modelagem do Edifício – Vista para Fachada Oeste
Fonte: Geometria fornecida pelo Energy Plus

A figura 55, através de geometria fornecida pelo Energy Plus, demonstra que todas as simulações contemplaram a divisão de todos os compartimentos constantes na geometria do edifício, portanto o fator de inércia térmica foi considerado em todos os resultados.

Figura 55: Modelagem do Edifício – Visualização de todos os compartimentos externos
Fonte: Geometria fornecida pelo Energy Plus

10.2. SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Foram realizadas 4 simulações computacionais com o Programa Energy Plus versão 7.0 e cada simulação recebeu a nomenclatura de “Modelo” que serão descritas nos itens à seguir.

- **SIMULAÇÃO 1 – Edifício sem teto-verde com brise-soleil**

A Simulação para o modelo 1 considerou o edifício com sua configuração atual, ou seja, ele possui dispositivos de proteção solar brise-soleil, a cobertura é composta por uma laje impermeabilizada, conforme propriedades dos materiais que estão descritas na tabela 7. A figura 56 apresenta a perspectiva tridimensional fornecida pelo Energy Plus conforme geometria inserida no software.

Figura 56: Simulação 1 – Edifício sem teto-verde, com brises
Fonte: Geometria fornecida pelo Energy Plus

- **SIMULAÇÃO 1 - Resultados – Simulação Térmica**

Os resultados gerados pela simulação térmica com o Energy Plus serão apresentados à seguir.

As tabelas e gráficos demonstram as temperaturas externas de bulbo seco, temperaturas internas operativas para cada zona térmica (no total 5 zonas), para os dias típicos de Verão e Inverno (Design Days).

Date	Time	Outdoor Dry Bulb Temperature [C](Hourly)	ZONA 1:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)	ZONA 2:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)	ZONA 3:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)	ZONA 4:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)	ZONA 5:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)
22/dez	01:00:00	27,23	21	20,69	20,77	20,25	21,83
22/dez	02:00:00	26,82	21	20,56	20,33	19,75	21,47
22/dez	03:00:00	26,46	21	20,18	20,12	19,31	21,25
22/dez	04:00:00	26,18	21	19,83	19,78	18,93	21,07
22/dez	05:00:00	26,03	21	19,47	19,41	18,54	20,6
22/dez	06:00:00	26,11	21	19,35	19,51	18,34	20,42
22/dez	07:00:00	26,43	21	20,04	20,44	18,92	20,65
22/dez	08:00:00	27,05	21	20,89	21,34	19,76	21,19
22/dez	09:00:00	28,01	21	22,12	22,15	20,83	22,05
22/dez	10:00:00	29,19	21	23,61	23,17	22,21	23,6
22/dez	11:00:00	30,53	21	24,79	24,41	23,79	25,35
22/dez	12:00:00	31,89	21	25,71	25,59	25,21	26,89
22/dez	13:00:00	33,01	21	26,44	26,35	26,25	27,93
22/dez	14:00:00	33,81	21	26,91	26,76	26,76	28,51
22/dez	15:00:00	34,21	21	26,72	26,58	26,62	28,38
22/dez	16:00:00	34,14	21	26,26	26,14	26,26	27,96
22/dez	17:00:00	33,69	21	25,48	25,42	25,44	27,17
22/dez	18:00:00	32,91	21	24,46	24,46	24,36	26,12
22/dez	19:00:00	31,88	21	23,47	23,51	23,33	25,08
22/dez	20:00:00	30,81	21	22,75	22,81	22,27	24,33
22/dez	21:00:00	29,83	21	22,15	22,21	21,68	23,68
22/dez	22:00:00	28,97	21	21,81	21,85	21,21	23,04
22/dez	23:00:00	28,24	21	21,41	21,44	20,91	22,51
22/dez	24:00:00	27,68	21	21,06	21,09	20,61	22,31

Tabela 9: Simulação 1 – Temperaturas Summer Design Day

Legenda: Azul = Desconforto frio/ Branco=Conforto / Amarelo=Desconforto Calor

Gráfico 5: Simulação 1 – Temperaturas Summer Design Day

Date	Time	Outdoor Dry Bulb Temperature [C](Hourly)	ZONA 1:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)	ZONA 2:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)	ZONA 3:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)	ZONA 4:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)	ZONA 5:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)
22/jun	01:00:00	19,93	21	20,49	20,58	19,85	22,07
22/jun	02:00:00	16,52	21	20,01	20,06	19,23	21,35
22/jun	03:00:00	16,16	21	19,56	19,59	18,71	20,96
22/jun	04:00:00	15,88	21	19,15	19,16	18,26	20,92
22/jun	05:00:00	15,73	21	18,71	18,69	17,77	20,25
22/jun	06:00:00	15,81	21	18,36	18,34	17,39	19,81
22/jun	07:00:00	16,13	21	18,07	18,08	17,05	19,37
22/jun	08:00:00	16,75	21	18,27	18,41	17,47	19,32
22/jun	09:00:00	17,71	21	19,35	19,57	18,16	19,87
22/jun	10:00:00	18,89	21	20,45	20,48	19,41	20,99
22/jun	11:00:00	20,23	21	21,87	21,42	20,84	22,44
22/jun	12:00:00	21,59	21	23,06	22,66	22,23	24,08
22/jun	13:00:00	22,71	21	24,34	23,92	23,69	25,73
22/jun	14:00:00	23,51	21	25,48	25,01	24,96	27,18
22/jun	15:00:00	23,91	21	26,24	25,73	26,31	28,35
22/jun	16:00:00	23,84	21	26,54	26,08	27,31	29,05
22/jun	17:00:00	23,39	21	26,01	25,79	26,83	28,66
22/jun	18:00:00	22,61	21	25,02	25,01	25,39	27,54
22/jun	19:00:00	21,58	21	23,92	24,01	24,11	26,33
22/jun	20:00:00	20,51	21	23,04	23,17	23,12	25,37
22/jun	21:00:00	19,53	21	22,31	22,44	22,18	24,55
22/jun	22:00:00	18,67	21	21,69	21,83	21,54	23,89
22/jun	23:00:00	17,94	21	21,46	21,57	20,98	23,18
22/jun	24:00:00	17,38	21	20,79	20,85	20,61	22,68

Tabela 10: Simulação 1- Temperaturas Winter Design Day
 Legenda: Azul = Desconforto frio/ Branco=Conforto / Amarelo=Desconforto Cal

Gráfico 6: Simulação 1 – Temperaturas Winter Design Day

SIMULAÇÃO 1 – Resultados Simulação Energética

Os resultados gerados pela simulação energética com o Energy Plus serão apresentados à seguir.

As tabelas e gráficos demonstram o consumo de energia anual para a simulação 1 considerando as seguintes cargas:

- Purchased Air: Heating Rate (kWh) – Carga de energia necessária para aquecimento.
- Purchased Air: Cooling Rate (kWh) – Carga de energia necessária para resfriamento.

SIMULAÇÃO 1 - ZONA 1		
CONSUMO AR CONDICIONADO		
Month	PURCHASED AIR: Heating Rate [kW](Hourly)	PURCHASED AIR: Sensible Cooling Rate [kW](Hourly)
Jan	0	4143,82
Feb	0	3587,27
Mar	0	3662,26
Apr	0	3098,88
May	0	2286,97
Jun	0,8	1870,95
Jul	17,91	2077,36
Aug	12,35	2046,09
Sep	0,0023	2281,36
Out	0	3181,18
Nov	0	3374,13
Dec	0	3905,43

Tabela 11: Simulação 1 – Consumo Anual

Gráfico 7: Simulação 1 – Consumo anual

- **SIMULAÇÃO 2 – Edifício sem teto-verde sem brise-soleil**

Com o objetivo de analisar a eficiência dispositivo de proteção solar brise-soleil, que o edifício possui atualmente, na simulação 2 o brise-soleil não foi considerado e a cobertura continuou como na simulação anterior, ou seja, laje impermeabilizada. A figura 57 apresenta a perspectiva tridimensional fornecida pelo Energy Plus, conforme configuração inserida no software.

Figura 57: Simulação 2 – Edifício sem teto-verde, sem brises
Fonte: Geometria fornecida pelo Energy Plus

• SIMULAÇÃO 2 – Resultados da Simulação Térmica

Os resultados gerados pela simulação térmica com o Energy Plus serão apresentados à seguir.

As tabelas e gráficos demonstram as temperaturas externas de bulbo seco, temperaturas internas operativas para cada zona térmica (no total 5 zonas), para os dias típicos de Verão e Inverno (Design Days).

Date	Time	Outdoor Dry Bulb Temperature [C](Hourly)	ZONA 1:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)	ZONA 2:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)	ZONA 3:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)	ZONA 4:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)	ZONA 5:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)
22/dez	01:00:00	27,23	21	20,7	20,83	20,29	22,01
22/dez	02:00:00	26,82	21	20,48	20,66	19,79	21,36
22/dez	03:00:00	26,46	21	20,21	20,23	19,34	20,99
22/dez	04:00:00	26,18	21	19,88	19,86	18,96	21,03
22/dez	05:00:00	26,03	21	19,51	19,47	18,56	20,57
22/dez	06:00:00	26,11	21	19,38	19,57	18,36	20,44
22/dez	07:00:00	26,43	21	20,07	20,79	18,94	20,78
22/dez	08:00:00	27,05	21	20,91	21,84	19,83	21,09
22/dez	09:00:00	28,01	21	22,22	23,19	20,92	22,12
22/dez	10:00:00	29,19	21	23,65	24,28	22,31	23,68
22/dez	11:00:00	30,53	21	24,84	25,13	23,91	25,45
22/dez	12:00:00	31,89	21	25,79	26,14	25,36	27,05
22/dez	13:00:00	33,01	21	26,53	26,83	26,44	28,12
22/dez	14:00:00	33,81	21	27,03	27,19	27,04	28,75
22/dez	15:00:00	34,21	21	26,87	26,99	27,05	28,71
22/dez	16:00:00	34,14	21	26,41	26,49	26,68	28,26
22/dez	17:00:00	33,69	21	25,61	25,73	25,76	27,42
22/dez	18:00:00	32,91	21	24,58	24,73	24,61	26,32
22/dez	19:00:00	31,88	21	23,58	23,73	23,51	25,25
22/dez	20:00:00	30,81	21	22,85	23,01	22,41	24,47
22/dez	21:00:00	29,83	21	22,24	22,37	21,78	23,79
22/dez	22:00:00	28,97	21	21,76	21,81	21,54	23,15
22/dez	23:00:00	28,24	21	21,41	21,52	21,09	22,61
22/dez	24:00:00	27,68	21	21,07	21,22	20,74	22,35

Tabela 12: Simulação 2 – Summer Design Day

Legenda: Azul = Desconforto frio/ Branco=Conforto / Amarelo=Desconforto Calor

Gráfico 8: Simulação 2 – Summer Design Day

Date	Time	Outdoor Dry Bulb Temperature [C](Hourly)	ZONA 1: Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)	ZONA 2: Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)	ZONA 3: Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)	ZONA 4: Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)	ZONA 5: Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)
22/jun	01:00:00	19,93	21	20,55	20,6	19,92	22,13
22/jun	02:00:00	16,52	21	20,06	20,08	19,29	21,39
22/jun	03:00:00	16,16	21	19,61	19,6	18,76	21,11
22/jun	04:00:00	15,88	21	19,19	19,17	18,29	20,94
22/jun	05:00:00	15,73	21	18,74	18,7	17,79	20,27
22/jun	06:00:00	15,81	21	18,4	18,33	17,41	19,81
22/jun	07:00:00	16,13	21	18,1	18,07	17,06	19,37
22/jun	08:00:00	16,75	21	18,31	18,48	17,49	19,35
22/jun	09:00:00	17,71	21	19,38	19,9	18,22	19,93
22/jun	10:00:00	18,89	21	20,54	20,88	19,46	21,01
22/jun	11:00:00	20,23	21	21,95	21,96	20,89	22,51
22/jun	12:00:00	21,59	21	23,12	22,98	22,29	24,15
22/jun	13:00:00	22,71	21	24,39	24,16	23,75	25,79
22/jun	14:00:00	23,51	21	25,62	25,22	25,38	27,4
22/jun	15:00:00	23,91	21	26,47	25,92	27,11	28,73
22/jun	16:00:00	23,84	21	26,75	26,23	28,01	29,36
22/jun	17:00:00	23,39	21	26,18	25,93	27,33	28,89
22/jun	18:00:00	22,61	21	25,15	25,11	25,71	27,71
22/jun	19:00:00	21,58	21	24,03	24,08	24,32	26,44
22/jun	20:00:00	20,51	21	23,13	23,22	23,29	25,47
22/jun	21:00:00	19,53	21	22,38	22,49	22,11	24,64
22/jun	22:00:00	18,67	21	21,76	21,86	21,72	23,96
22/jun	23:00:00	17,94	21	21,53	21,61	21,06	23,26
22/jun	24:00:00	17,38	21	20,82	20,89	20,69	22,74

Tabela 13: Simulação 2 – Winter Design Day

Legenda: Azul = Desconforto frio/ Branco=Conforto / Amarelo=Desconforto Calor

Tabela 14: Simulação 2 – Winter Design Day

- **SIMULAÇÃO 2 – Resultados Simulação Energética**

Os resultados gerados pela simulação energética com o Energy Plus serão apresentados à seguir.

- Purchased Air: Heating Rate (kWh) – Carga de energia necessária para aquecimento.
- Purchased Air: Cooling Rate (kWh) – Carga de energia necessária para resfriamento.

SIMULAÇÃO 2 - ZONA 1		
CONSUMO AR CONDICIONADO		
Month	PURCHASED AIR: Heating Rate [kW](Hourly)	PURCHASED AIR: Sensible Cooling Rate [kW](Hourly)
Jan	0	6275,89
Feb	0	5292,34
Mar	0	5162,25
Apr	23,188	4164,96
May	101,2	2708,97
Jun	176,71	2104,85
Jul	213,56	2361,6
Aug	255,07	2618,85
Sep	81,39	2847,14
Out	4,48	4424,75
Nov	0,41	4737,56
Dec	0,64	5699,41

Tabela 15: Simulação 2 – Consumo anual

Gráfico 9: Simulação 2 – Consumo anual

- **SIMULAÇÃO 3 – Edifício com teto-verde sem brise-soleil**

A configuração da simulação 3 recebeu teto-verde na cobertura das áreas do pavimento térreo que englobam as zonas térmicas 1, 2, 3 e 4 e também foi considerado teto-verde na cobertura do pavimento superior composto pela zona térmica 5. O teto-verde vai ocupar 50% da zona térmica 1 composta pelo centro cirúrgico, visto que o pavimento superior composto pelo setor administrativo (zona térmica 5) sobrepõe 50% da zona térmica 1. A figura 58 demonstra através de perspectiva tridimensional fornecida pelo Energy Plus como o edifício foi considerado nesta simulação.

Figura 58: Simulação 3 – Edifício com teto-verde, sem brises
Fonte: Geometria fornecida pelo Energy Plus

• SIMULAÇÃO 3 – Resultados da Simulação Térmica

Os resultados gerados pela simulação térmica com o Energy Plus serão apresentados à seguir.

As tabelas e gráficos demonstram as temperaturas externas de bulbo seco, temperaturas internas operativas para cada zona térmica (no total 5 zonas), para os dias típicos de verão e inverno (Design Days).

Date	Time	Outdoor Dry Bulb Temperature [C](Hourly)	ZONA 1:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)	ZONA 2:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)	ZONA 3:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)	ZONA 4:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)	ZONA 5:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)
22/dez	01:00:00	27,23	21	20,96	20,99	20,61	22,75
22/dez	02:00:00	26,82	21	20,86	20,86	20,25	22,51
22/dez	03:00:00	26,46	21	20,72	20,73	19,99	22,17
22/dez	04:00:00	26,18	21	20,56	20,56	19,81	22,02
22/dez	05:00:00	26,03	21	20,41	20,56	19,53	21,75
22/dez	06:00:00	26,1	21	20,41	20,9	19,55	21,94
22/dez	07:00:00	26,43	21	21,37	21,38	20,41	22,32
22/dez	08:00:00	27,05	21	22,35	23,04	20,95	22,74
22/dez	09:00:00	28,01	21	23,68	24,18	21,62	23,33
22/dez	10:00:00	29,19	21	24,53	25,19	22,69	24,53
22/dez	11:00:00	30,53	21	24,81	25,02	23,75	25,69
22/dez	12:00:00	31,89	21	24,82	25,29	24,57	26,64
22/dez	13:00:00	33,01	21	25,08	25,46	25,28	27,28
22/dez	14:00:00	33,81	21	25,36	25,51	25,59	27,62
22/dez	15:00:00	34,21	21	25,16	25,25	25,61	27,58
22/dez	16:00:00	34,14	21	24,73	24,81	25,23	27,19
22/dez	17:00:00	33,69	21	24,08	24,25	24,29	26,48
22/dez	18:00:00	32,91	21	23,27	23,48	23,24	25,58
22/dez	19:00:00	31,88	21	22,57	22,79	22,44	24,83
22/dez	20:00:00	30,81	21	22,18	22,37	21,86	24,4
22/dez	21:00:00	29,83	21	21,86	22,02	21,49	24,03
22/dez	22:00:00	28,97	21	21,71	21,85	21,12	23,57
22/dez	23:00:00	28,24	21	21,57	21,66	20,94	23,22
22/dez	24:00:00	27,68	21	21,33	21,41	20,87	22,96

Tabela 16: Simulação 3 – Temperaturas Summer Day

Legenda: Azul = Desconforto frio/ Branco=Conforto / Amarelo=Desconforto Calor

Gráfico 10: Simulação 3 – Temperaturas Summer Day

Date	Time	Outdoor Dry Bulb Temperature [C](Hourly)	ZONA 1:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)	ZONA 2:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)	ZONA 3:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)	ZONA 4:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)	ZONA 5:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)
22/jun	01:00:00	19,93	21	20,85	20,93	20,48	23,03
22/jun	02:00:00	16,52	21	20,68	20,79	20,05	22,61
22/jun	03:00:00	16,16	21	20,59	20,81	19,78	22,42
22/jun	04:00:00	15,88	21	20,62	20,59	19,51	22,12
22/jun	05:00:00	15,73	21	20,36	20,27	19,18	21,84
22/jun	06:00:00	15,81	21	20,16	20,04	18,95	21,61
22/jun	07:00:00	16,13	21	20,04	20,01	18,77	21,26
22/jun	08:00:00	16,75	21	20,41	20,62	19,61	21,57
22/jun	09:00:00	17,71	21	21,34	21,87	20,46	22,11
22/jun	10:00:00	18,89	21	22,17	22,69	20,96	22,62
22/jun	11:00:00	20,23	21	23,14	23,02	21,85	23,82
22/jun	12:00:00	21,59	21	23,51	23,26	22,67	24,9
22/jun	13:00:00	22,71	21	24,09	23,76	23,51	25,86
22/jun	14:00:00	23,51	21	24,89	24,31	24,91	27,07
22/jun	15:00:00	23,91	21	25,48	24,71	26,9	28,36
22/jun	16:00:00	23,84	21	25,59	24,91	27,87	28,99
22/jun	17:00:00	23,39	21	24,85	24,63	26,65	28,34
22/jun	18:00:00	22,61	21	23,93	24,01	24,62	27,11
22/jun	19:00:00	21,58	21	23,12	23,3	23,42	26,18
22/jun	20:00:00	20,51	21	22,52	22,73	22,67	25,24
22/jun	21:00:00	19,53	21	22,04	22,24	21,87	25,01
22/jun	22:00:00	18,67	21	21,69	21,87	21,47	24,57
22/jun	23:00:00	17,94	21	21,52	21,53	21,15	24,06
22/jun	24:00:00	17,38	21	21,28	21,31	20,92	23,43

Tabela 17: Simulação 3 – Temperaturas Winter Design Day

Legenda: Azul = Desconforto frio/ Branco=Conforto / Amarelo=Desconforto Calor

Gráfico 11: Simulação 3 – Temperaturas Winter Design Day

- **SIMULAÇÃO 3 – Resultados Simulação Energética**

Os resultados gerados pela simulação energética com o Energy Plus serão apresentados à seguir.

- Purchased Air: Heating Rate (kWh) – Carga de energia necessária para aquecimento.
- Purchased Air: Cooling Rate (kWh) – Carga de energia necessária para resfriamento.

Gráfico 12: Simulação 3 – Consumo anual

- **SIMULAÇÃO 4 – Edifício com teto-verde com brise-soleil**

A simulação 4 configura todos os aplicativos para tecnologias passivas que foram configurados na simulação, ou seja, teto-verde para todas as coberturas e a existência de brise-soleil nas fachadas leste e oeste conforme configuração original do edifício. A figura 59 demonstra através de perspectiva tridimensional fornecida pelo Energy Plus, como o edifício foi considerado nesta simulação.

Figura 59: Simulação 4 – Edifício com teto - verde, com brises
Fonte: Geometria fornecida pelo Energy Plus

- **SIMULAÇÃO 4 – Resultados da Simulação Térmica**

Os resultados gerados pela simulação térmica com o Energy Plus serão apresentados à seguir.

As tabelas e gráficos demonstram as temperaturas externas de bulbo seco, temperaturas internas operativas para cada zona térmica (no total 5 zonas), para os dias típicos de Verão e Inverno (Design Days).

Date	Time	Outdoor Dry Bulb Temperature [C](Hourly)	ZONA 1:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)	ZONA 2:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)	ZONA 3:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)	ZONA 4:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)	ZONA 5:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)
22/dez	01:00:00	27,23	21	20,91	20,96	20,52	22,55
22/dez	02:00:00	26,82	21	20,71	20,91	20,19	22,32
22/dez	03:00:00	26,46	21	20,46	20,66	19,94	21,92
22/dez	04:00:00	26,18	21	20,55	20,51	19,75	21,69
22/dez	05:00:00	26,03	21	20,47	20,51	19,49	21,68
22/dez	06:00:00	26,11	21	20,42	20,78	19,51	21,83
22/dez	07:00:00	26,43	21	21,27	22,03	20,37	22,14
22/dez	08:00:00	27,05	21	22,42	22,94	20,92	22,59
22/dez	09:00:00	28,01	21	23,59	23,45	21,51	23,13
22/dez	10:00:00	29,19	21	24,45	23,55	22,52	24,31
22/dez	11:00:00	30,53	21	24,69	24,06	23,52	25,43
22/dez	12:00:00	31,89	21	24,68	24,62	24,31	26,34
22/dez	13:00:00	33,01	21	24,93	24,87	24,95	26,92
22/dez	14:00:00	33,81	21	25,15	24,96	25,07	27,16
22/dez	15:00:00	34,21	21	24,91	24,69	24,84	26,98
22/dez	16:00:00	34,14	21	24,49	24,32	24,55	26,65
22/dez	17:00:00	33,69	21	23,88	23,82	23,84	26,08
22/dez	18:00:00	32,91	21	23,09	23,14	22,95	25,28
22/dez	19:00:00	31,88	21	22,42	22,51	22,23	24,61
22/dez	20:00:00	30,81	21	22,04	22,13	21,65	24,19
22/dez	21:00:00	29,83	21	21,73	21,81	21,42	23,85
22/dez	22:00:00	28,97	21	21,44	21,51	20,98	23,41
22/dez	23:00:00	28,24	21	21,35	21,35	20,88	23,06
22/dez	24:00:00	27,68	21	21,35	21,12	20,71	22,82

Tabela 18: Simulação 4 – Temperaturas Summer Design Day

Legenda: Azul = Desconforto frio/ Branco=Conforto / Amarelo=Desconforto Calor

Gráfico 13: Simulação 4 – Temperaturas Summer Design Day

Date	Time	Outdoor Dry Bulb Temperature [C](Hourly)	ZONA 1:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)	ZONA 2:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)	ZONA 3:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)	ZONA 4:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)	ZONA 5:Zone Mean Air Temperature [C](Hourly)
22/jun	01:00:00	19,93	21	20,85	20,91	20,39	22,91
22/jun	02:00:00	16,52	21	20,64	20,66	19,98	22,62
22/jun	03:00:00	16,16	21	20,58	20,55	19,7	22,29
22/jun	04:00:00	15,88	21	20,56	20,55	19,47	21,88
22/jun	05:00:00	15,73	21	20,3	20,25	19,15	21,68
22/jun	06:00:00	15,81	21	20,11	20,04	18,94	21,71
22/jun	07:00:00	16,13	21	19,99	19,99	18,75	21,16
22/jun	08:00:00	16,75	21	20,35	20,48	19,56	21,45
22/jun	09:00:00	17,71	21	21,33	21,47	20,32	22,02
22/jun	10:00:00	18,89	21	22,15	21,75	20,94	22,44
22/jun	11:00:00	20,23	21	23,08	22,27	21,77	23,72
22/jun	12:00:00	21,59	21	23,43	22,87	22,55	24,77
22/jun	13:00:00	22,71	21	24,01	23,47	23,39	25,73
22/jun	14:00:00	23,51	21	24,67	24,07	24,17	26,7
22/jun	15:00:00	23,91	21	25,13	24,47	25,64	27,74
22/jun	16:00:00	23,84	21	25,26	24,68	26,74	28,43
22/jun	17:00:00	23,39	21	24,63	24,45	26,02	28,01
22/jun	18:00:00	22,61	21	23,76	23,87	24,27	26,91
22/jun	19:00:00	21,58	21	22,98	23,2	23,2	26,03
22/jun	20:00:00	20,51	21	22,4	22,65	22,49	25,4
22/jun	21:00:00	19,53	21	21,93	22,17	21,53	24,87
22/jun	22:00:00	18,67	21	21,58	21,81	21,34	24,45
22/jun	23:00:00	17,94	21	21,61	21,48	20,93	23,95
22/jun	24:00:00	17,38	21	21,22	21,32	20,75	23,34

Tabela 19: Simulação 4 – Temperaturas Winter Design Day

Legenda: Azul = Desconforto frio/ Branco=Conforto / Amarelo=Desconforto Calor

Gráfico 14: Simulação 4 – Temperaturas Winter Design Day

- **SIMULAÇÃO 4 – Resultados Simulação Energética**

Os resultados gerados pela simulação energética com o Energy Plus serão apresentados à seguir.

- Purchased Air: Heating Rate (kWh) – Carga de energia necessária para aquecimento.
- Purchased Air: Cooling Rate (kWh) – Carga de energia necessária para resfriamento.

SIMULAÇÃO 4 - ZONA 1		
CONSUMO AR CONDICIONADO		
Month	PURCHASED AIR: Heating Rate [kW](Hourly)	PURCHASED AIR: Sensible Cooling Rate [kW](Hourly)
Jan	0	3585,34
Feb	0	3033,89
Mar	0	2851,04
Apr	0,91	2292,68
May	3,93	1513,18
Jun	12,08	1206,16
Jul	27,04	1316,86
Aug	22,82	1440,52
Sep	4,25	1492,65
Out	0,62	2334,07
Nov	0	2415,06
Dec	0	3095,33

Tabela 20: Simulação 4 - Consumo anual

Gráfico 15: Simulação 4 – Consumo anual

10.3. DISCUSSÃO – Simulação Térmica

Foi utilizado o parâmetro da Norma Ashrae 55-2004 para análise das temperaturas das zonas térmicas 2, 3, 4, e 5, considerando 80% dos usuários em conforto. As temperaturas consideradas para análise comparativa foram as médias de verão e Inverno coletadas no banco climático do software Climáticus.

Para a Zona térmica 1, que apresenta climatização artificial, considera-se que já estejam em conforto devido a configuração do sistema obedecer aos parâmetros estabelecidos pela Resolução RE nº 9/2003 – ANVISA (descritos no Capítulo 5).

A tabela 21 e os gráficos 16 e 17 apresentam a seguir resultados dos índices de conforto para as temperaturas operativas de todos os modelos para o dia típico de Verão e Inverno.

VERÃO - PARÂMETROS DE CONFORTO			
	DESCONFORTO POR FRIO	CONFORTO	DESCONFORTO POR CALOR
MODELO 1	28%	70%	2%
MODELO 2	29%	67%	4%
MODELO 3	20%	77%	3%
MODELO 4	20%	80%	0%
INVERNO - PARÂMETROS DE CONFORTO			
	DESCONFORTO POR FRIO	CONFORTO	DESCONFORTO POR CALOR
MODELO 1	15%	79%	6%
MODELO 2	15%	77%	8%
MODELO 3	2%	93%	5%
MODELO 4	2%	95%	3%

Tabela 21: Parâmetros de Conforto – Inverno e Verão
 Conforme Parâmetros estabelecidos pela ASHRAE 55-2004

Verão

No verão, nas simulações 1 e 2, o teto-verde não foi considerado. O dispositivo de proteção solar brise-soleil aparece na simulação 1 e não é considerado na simulação 2. Os resultados apresentam valores de temperaturas semelhantes, porém, como era esperado, a simulação 1 apresenta uma eficiência de conforto de 3% a mais que a simulação 2, que não possuía nenhum elemento passivo.

A simulações 1 e 2, apresentam valores de desconforto por frio na faixa de 28% e 29%, porém os horários de desconforto ocorrem da 1:00h a 7:00h quando realmente as temperaturas são mais baixas. Nas simulações 3 e 4 os valores referentes ao desconforto por frio apresentam uma redução 20%. Isso se explica devido a eficiência do teto-verde. As porcentagens referentes ao desconforto por calor em todas as simulações não foram expressivas.

Nota-se que na simulação 4, que apresenta todas as tecnologias passivas configuradas, os níveis de conforto são mais elevados, na faixa de 77% a 80%, conforme apresentado nos gráficos 16 e 17.

Inverno

No inverno, nota-se que os índices de desconforto por frio apresentam valores reduzidos, em consequência as porcentagem de usuários em conforto apresentam valores mais elevados. Para as simulações 1 e 2 os índices de desconforto por frio ficam na faixa de 15% e as simulações 3 e 4 na faixa de 2%.

As simulações 3 e 4 apresentam valores mais expressivos com relação ao conforto térmico, na faixa de 93% a 95%, comprovando a eficiência do teto-verde, presente em ambas simulações.

Como previsto, a simulação 2 apresenta a menor porcentagem de usuários em conforto 77%, devido a inexistência de elementos passivos.

Gráfico 16: Parâmetros de Conforto –Verão

Gráfico 17: Parâmetros de Conforto - Inverno

10.4. DISCUSSÃO – Simulação Energética

Em todas as simulações, os dados de saída referentes à carga energética destinada aos equipamentos gerais, equipamentos hospitalares e sistemas de iluminação permaneceram iguais, pois foram mantidas as mesmas configurações em todas as simulações. A tabela 7 demonstra os dados de entrada com todas as potências em watts dos equipamentos e sistemas existentes levantados no local. As tabelas 22 e 23 demonstram os dados de saída válidos para as 4 simulações, relativos a carga energética anual dos computadores, equipamentos e sistema de iluminação.

CONSUMO ANUAL - Computer + Equip (Kwh)						
Date/Time	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	TOTAL
01/01/2002	3522,18	2933,74	1123,58	1441,18	775,27	9795,95
01/02/2002	3181,32	2649,83	1014,85	1301,71	700,24	8847,95
01/03/2002	3522,18	2933,74	1123,58	1441,18	775,27	9795,95
01/04/2002	3408,56	2839,11	1087,34	1394,69	750,26	9479,96
01/05/2002	3522,18	2933,74	1123,58	1441,18	775,27	9795,95
01/06/2002	3408,56	2839,11	1087,34	1394,69	750,26	9479,96
01/07/2002	3522,18	2933,74	1123,58	1441,18	775,27	9795,95
01/08/2002	3522,18	2933,74	1123,58	1441,18	775,27	9795,95
01/09/2002	3408,56	2839,11	1087,34	1394,69	750,26	9479,96
01/10/2002	3522,18	2933,74	1123,58	1441,18	775,27	9795,95
01/11/2002	3408,56	2839,11	1087,34	1394,69	750,26	9479,96
01/12/2002	3522,18	2933,74	1123,58	1441,18	775,27	9795,95

Tabela 22: Consumo Energético Anual de Computadores + Equipamentos

CONSUMO ANUAL - General Lighting (Kwh)						
Date/Time	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	TOTAL
01/01/2002	1408,87	2650,97	893,76	620,96	568,53	6143,09
01/02/2002	1272,53	2394,43	807,27	560,87	513,51	5548,61
01/03/2002	1408,87	2650,97	893,76	620,96	568,53	6143,09
01/04/2002	1363,42	2565,46	864,93	600,93	550,19	5944,93
01/05/2002	1408,87	2650,97	893,76	620,96	568,53	6143,09
01/06/2002	1363,42	2565,46	864,93	600,93	550,19	5944,93
01/07/2002	1408,87	2650,97	893,76	620,96	568,53	6143,09
01/08/2002	1408,87	2650,97	893,76	620,96	568,53	6143,09
01/09/2002	1363,42	2565,46	864,93	600,93	550,19	5944,93
01/10/2002	1408,87	2650,97	893,76	620,96	568,53	6143,09
01/11/2002	1363,42	2565,46	864,93	600,93	550,19	5944,93
01/12/2002	1408,87	2650,97	893,76	620,96	568,53	6143,09

Tabela 23: Consumo Energético de Sistema de Iluminação

O foco da simulação foi direcionado para a redução de consumo de energético através da interferência de sistemas passivos no sistema de climatização artificial configurado.

Foi considerado para zona Térmica 1, composta pelo centro cirúrgico, um sistema de climatização artificial de expansão direta tipo self contained e para as demais zonas térmicas foi considerado o sistema de condicionamento térmico passivo, sem a existência de climatização artificial. Portanto, os parâmetros relativos ao consumo energético analisados a seguir, são relativos a zona térmica 1.

Em todas as simulações as cargas de energia necessárias para resfriamento (Purchased Air: Sensible Cooling Rate) apresentaram valores mais expressivos no período de verão entre novembro e fevereiro e as cargas de energia necessárias para aquecimento (Purchased Air: Heating Rate) apresentaram valores mais elevados no período de inverno entre junho e agosto com valores mais elevados na simulação 2, que não possui nenhum dispositivo de tecnologia passiva.

Fazendo uma análise comparativa entre os valores totais de consumo energético necessário para resfriamento (sensible cooling rate), apresentados na tabela 24, entre a simulação 1 (com teto verde e sem brise-soleil) e simulação 2 (sem teto verde e sem brise-soleil) nota-se que, a simulação 2 apresenta 26,21% a mais de consumo de energia. Comparando também, a simulação 2 (sem teto verde e sem brise-soleil) com a simulação 4 (com teto verde e com brise-soleil), nota-se que a simulação 2 apresenta 54,91% a mais de consumo energético.

Comparando a energia necessária para aquecimento (heating rate), considerando os valores totais apresentados na tabela 25, nota-se que a simulação 2 (sem brise-soleil e sem teto verde) apresenta 91,63% a mais de consumo que a simulação 4 (com teto verde e brise-soleil).

Um dado relevante com relação as simulações 4 e 5, que possuem o teto-verde, é que o pavimento superior (zona térmica 5) está sobre o centro cirúrgico (zona térmica 1) ocupando aproximadamente 50% de sua projeção. Portanto, a eficiência energética devido ao teto-verde poderia ser maior caso não houvesse a existência do pavimento superior.

PURCHASED AIR: Sensible Cooling Rate				
[kW](Hourly)				
Month	SIMULAÇÃO 1	SIMULAÇÃO 2	SIMULAÇÃO 3	SIMULAÇÃO 4
Jan	4143,82	6275,89	3725,15	3585,34
Feb	3587,27	5292,34	3143,31	3033,89
Mar	3662,26	5162,25	2967,65	2851,04
Apr	3098,88	4164,96	2362,73	2292,68
May	2286,97	2708,97	1554,3	1513,18
Jun	1870,95	2104,85	1233,57	1206,16
Jul	2077,36	2361,6	1349,87	1316,86
Aug	2046,09	2618,85	1487	1440,52
Sep	2281,36	2847,14	1544,35	1492,65
Out	3181,18	4424,75	2421,77	2334,07
Nov	3374,13	4737,56	2522,96	2415,06
Dec	3905,43	5699,41	3209,3	3095,33
TOTAL	35515,7	48398,57	27521,96	26576,78

Tabela 24: Consumo anual para Sensible Cooling Rate (Resfriamento)

Gráfico 18: Consumo anual para Sensible Cooling Rate (Resfriamento)

PURCHASED AIR: Heating Rate [kW](Hourly)				
Month	SIMULAÇÃO 1	SIMULAÇÃO 2	SIMULAÇÃO 3	SIMULAÇÃO 4
Jan	0	0	0	0
Feb	0	0	0	0
Mar	0	0	0	0
Apr	0	23,188	0,92	0,91
May	0	101,2	3,5	3,93
Jun	0,8	176,71	12,36	12,08
Jul	17,91	213,56	21,9	27,04
Aug	12,35	255,07	19,65	22,82
Sep	0,0023	81,39	4,26	4,25
Out	0	4,48	0,2	0,62
Nov	0	0,41	0	0
Dec	0	0,64	0	0
TOTAL	31,0623	856,648	62,79	71,65

Tabela 25: Consumo anual para Heating Rate (Aquecimento)

Gráfico 19: Consumo anual para Heating Rate (Aquecimento)

CAPÍTULO 11

CONCLUSÃO

Visando um maior entendimento sobre o tema “Arquitetura Hospitalar”, o presente trabalho desenvolveu uma pesquisa abordando a parte histórica destes edifícios, a parte dos recursos físicos, a análise da qualidade do ar e estudo sobre os sistemas de climatização artificial em EAS. O foco de tal investigação foi abordar toda a compilação de dados inerentes ao edifício hospitalar, com o objetivo de analisar a eficiência de elementos de tecnologias passivas visando o conforto térmico e redução no consumo energético. A conclusão do estudo bibliográfico destaca que desde os primórdios a existência da iluminação e da ventilação naturais foi importantes fatores no combate à infecção hospitalar e outras doenças, na qualidade do ar interior, também relacionado com o conceito de humanização.

Devido o aumento populacional, novas tecnologias e avanços nas ciências médicas, o aumento da demanda por edifícios hospitalares, tem apresentado um crescimento constante. Fato este, comprova a importante contribuição desta dissertação no tocante a questões abordadas no projeto de arquitetura dos edifícios hospitalares, visando a maior eficiência energética do sistema de condicionamento artificial para ambientes assépticos.

Para que os objetivos fossem alcançados a ferramenta de simulação computacional Energy Plus foi de suma importância na questão da avaliação do desempenho térmico e energético do edifício, cujos dados de saída permitiram estimar as temperaturas diárias para os dias típicos de verão e inverno, paralelamente com parâmetros relativos ao consumo de energia mensal de todos os modelos propostos.

O uso do software Energy Plus, apesar das simulações complexas e trabalhosas, permitiu a inserção de dados inerentes ao processo projetual do edifício hospitalar, como a geometria do edifício, configuração de todos os materiais internos e externos e principalmente, a possibilidade de configuração do sistema de climatização artificial, o grande vilão no que se refere à questão energética.

O resultado geral das simulações térmicas, comparados aos parâmetros da Ashrae 55-2004, demonstraram que os resultados das simulações 3 e 4 representaram condições de conforto mais elevadas, tanto para o inverno quanto para o verão, comprovando que, no caso deste edifício, os modelos que possuíram configurações arquitetônicas com tecnologias passivas (dispositivos de proteção solar brise-soleil e teto-verde) apresentaram resultados mais eficientes.

Fazendo uma análise comparativa entre os dados obtidos nas simulações térmicas, observando a tabela 21, nota-se que no verão as maiores porcentagens de conforto térmico foram para as simulações 3 e 4, ficando na faixa de 77% a 80% respectivamente, e para inverno as maiores porcentagens de conforto térmico também foram para as simulações 3 e 4, ficando na faixa de 93% a 95% respectivamente. Portanto, no desempenho térmico, os resultados mais eficientes ficaram por conta da simulação que configura o teto verde e o dispositivo de proteção solar brise-soleil.

Conforme os dados de saída relativos a simulação térmica, tanto no inverno quanto no verão, os modelos apresentaram porcentagens de desconforto por frio que variaram de 2% a 28%. Este desconforto é apontado nos períodos de madrugada, portanto pode ser solucionado através de vestimentas ou cobertas. Outro fator importante, é que provavelmente estes resultados ocorreram porque a norma Ashrae 55-2004 foi elaborada para edifícios de escritórios em que o uso é diurno, sendo o

horário de atividade para hospitais de 24 horas, o critério da norma apontou para desconforto no inverno e verão.

Como esperado, devido ao clima da cidade de São Paulo, o consumo energético necessário para resfriamento (sensible cooling rate) foi maior que o consumo energético necessário para aquecimento (heating rate).

Com relação ao resfriamento, o maior consumo anual foi da simulação 2 que não possuía nenhum dispositivo de tecnologia passiva, com valores de 54% a mais que a simulação 4 (com teto verde e com brise-soleil). Conclui-se que na questão energética as simulações que possuíam o teto verde (3 e 4) obtiveram resultados mais eficientes, porém a existência do dispositivo de proteção solar também contribuiu para a redução de consumo, ou seja, comparando o consumo energético anual para resfriamento da simulação 1 (com brise-soleil e sem teto verde) e a simulação 2 (sem brise-soleil e sem teto verde), nota-se uma eficiência de 26% da simulação 1 a mais que a simulação 2.

Com relação ao aquecimento, o maior consumo energético também foi da simulação 2 (sem teto verde e sem brise-soleil), que apresentou uma porcentagem de 95% a mais de consumo que a simulação 1 (sem teto verde e com brise-soleil). Um dado interessante, é que as simulações que possuíam teto verde também apresentaram valores elevados de consumo energético com relação ao aquecimento, neste caso, o teto verde contribuiu para redução de carga térmica no centro cirúrgico, sendo necessário um maior consumo do sistema de ar condicionado para manter o ambiente na temperatura de conforto.

Assim, as tecnologias passivas, ainda que combinadas com o sistema de climatização artificial, podem contribuir para a redução de consumo de energia e para o conforto térmico, auxiliando no combate a infecção hospitalar, mantendo a qualidade do ar interior e o conforto humano. Fica a cargo e responsabilidade dos arquitetos e consultores, considerar estas questões, nos primeiros esboços do projeto de arquitetura e projetos complementares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Instalações Centrais de Ar Condicionado para Conforto – Parâmetros Básicos de Projeto (NRB 6401). Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 1980.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA RDC 50 de 21 de fevereiro de 2002. Brasília: 2002.

ANTUNES, J. L. Hospital: instituição e história social. São Paulo: Letras & Letras, 1991.

_____. ASHRAE Standard 55-2004 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. ANSI/ASHRAE: Atlanta, 2004.

BITENCOURT, Fabio. Arquitetura: Ambiente de nascer. Reflexões e recomendações projetuais de arquitetura e conforto ambiental. Rio de Janeiro: Rio Books. 2008.

CAMPOS, Juarez de Queiroz, PEINADO, Maciel. Fundamentos da Arquitetura Hospitalar. São Paulo: Editora Jotacê, 1998.

CHING, Francis D. K. Dicionário Visual da Arquitetura São Paulo: Martins Fontes, 1999.

CISNEROS, Zuniga. Manual de Historia de los Hospitalares. Caracas: Revista de La Sociedad Venezolana de Historia de La Medicina. 1954.

CORBELLA, Oscar, YANNAS, Simos. Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos. Rio de Janeiro: Revan, 2003.

COSTI, M. A influência da luz e da cor em salas de espera e corredores hospitalares. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2002.

DE MARCO, Conrado Silva. Elementos da Acústica Arquitetônica. São Paulo: Studio Nobel, 1982.

FANGER. P. O. (1972). Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering. McGraw-Hill. New York, USA.

FOUCAULT, Michel. Microfísica do Poder. Rio de Janeiro: Editora Graal, 1989.

FROTA, Anésia Barros. Manual de Conforto Térmico. São Paulo: Studio Nobel, 2000.

GEROLLA, Giovanny. Saúde na Praça. Edifício público de consultórios se destaca pelos elementos vazados e por estar aberto ao espaço da praça, sem muros. Revista AU 204. Março de 2011.

GÓES, Ronald de. Manual prático de Arquitetura hospitalar. São Paulo: Edgar Blucher, 2004.

IIDA, Itiro. Ergonomia: Projeto e Produção. São Paulo: Edgard Blucher, 1990.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; RUTTKAY P. Eficiência Energética na Arquitetura. São Paulo: PW, 1997.

LEAL, Ledy Valporto. Verde sobe dos jardins para a cobertura. São Paulo. Revista Finestra. Out/Nov/Dez de 2009.

LEITE, Brenda Chaves Coelho. Sistemas de Ar Condicionado em Insuflamento pelo Piso em Ambientes de Escritórios: Avaliação do Conforto Térmico e Condições de Operação. São Paulo, 2003. Tese de Doutorado.

MASCARÓ, Lúcia. Energia na edificação estratégia para minimizar o consumo. São Paulo: Projeto. 1991.

MASCARÓ, Lúcia. Vegetação Urbana. Porto Alegre: Mais Quatro Editora, 2005.

MELENDEZ, Adilson. Hospital, São Paulo. Volumetria variada e emprego de cores destacam pavilhão. Revista Projeto Design 355. Setembro de 2009.

MELLO, Henrique Bandeira de; WALDETARO, Oscar; NADALUTTI, Roberto. Projeto de normas disciplinadoras das construções hospitalares. Rio de Janeiro: MS/Divisão de Organização Hospitalar, 1965.

MIQUELIN, L. C. Anatomia dos edifícios hospitalares. São Paulo: Editora CEDAS, 1992.

PENA, Sérgio Meireles. Sistemas de Ar Condicionado e Refrigeração. São Paulo: PROCEL, 2002.

PERÉN, Jorge Isaac Monteiro. Ventilação e Iluminação naturais na obra de João Figueiras Lima “Lelé” : Estudo do hospitais da rede Sarah Kubitschek Fortaleza e Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado. São Carlos. FAU USP. São Carlos, 2006.

PIRRÓ, Lucia. O impacto das envolventes verticais no desempenho energético de edifícios de escritórios. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

POMPEU, Carlos Eduardo. Apostila do Curso de Arquitetura Hospitalar. São Paulo: FUPAN, 2010

SANTOS, Mauro; BURSZTYN, Ivani. Saúde e Arquitetura, Caminhos para a Humanização dos Ambientes Hospitalares. Rio de Janeiro: Senac Rio, 2004.

SILVA, JESUÉ GRACILIANO DA. Introdução à Tecnologia da Refrigeração e da Climatização. São Paulo: Artliber Editora, 2003.

STOECKER, WILBERT T.; JONES, JEROLD W. Refrigeração e Ar Condicionado. São Paulo: McGraw-Hill, 1985.

RIVERO, R. Acondicionamento Térmico natural: Arquitetura e Clima. Porto Alegre: Editora UFSC. 1985.

TOLEDO, Luiz Carlos. Feitos para curar: Arquitetura hospitalar e processo projetual no Brasil. Rio de Janeiro: ABDEH, 2006.

TOMPSON, John D., GOLDIN, Grace. The Hospital: A Social and Architectural History. Yale University Press, 1975.

VIANNA, Nelson Solano & GONÇALVES, Joana Carla Soares. Iluminação e Arquitetura. São Paulo: Virturs S/C Ltda, 2001.

VISCONTI, Maria Giselda Cardoso. A Avaliação pós-ocupação 0 Caso INCOR I – acessos, entradas e circulações. São Paulo: NUTAU, 1998.

YAMANE, Eitaro et SAITO, Heizo. Tecnologia do condicionado de ar. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 1986.

ENDEREÇOS ELETRÔNICOS:

LUKIANCHUKI , Marieli Azoia; SOUZA, Gisela Barcellos de . Humanização da arquitetura hospitalar:. Entre ensaios de definições e materializações híbridas. *Arquitextos*, São Paulo, 10.118, Vitruvius, mar 2008. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/10.118/3372>>.

BENITE, Anderson. Tendências da construção sustentável em áreas hospitalares. Disponível em: <http://www.cte.com.br/site/artigos_ler.php?id_artigo=3055>.

BONASTRA, Quim, JORI, Gerard. El uso de Google Earth para el estudio de la Arquitectura Hospitalaria. 2009. Disponível em: <<http://www.ub.edu/geocrit/aracne/aracne-123.htm>>.

CARMO, Adriano Trotta, PRADO, Racine T. Araujo -- Qualidade do ar interno. (Texto técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/23) São Paulo : EPUSP, 1999. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Racine%20-%20IAQ.pdf>>

Day Hospital – RJ. Sala de cirurgia com sistema de iluminação com foco cirúrgico. Disponível em <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Sa%FAde/artigos/iluminacao_em_hospitais_cuidados_fundamentais.pdf>.

_____. Hospitais um antigo desafio. Artigo técnico. Revista Frio. Disponível em: <<http://www.revistadofrio.com.br/materia.asp?ID=39>>.

World Population Aging, 2009. United Nations Departamento f Economic and Social Affairs. Nova York. Disponível em: <<http://www.un.org/esa/population/>>

Dados climáticos da Cidade de São Paulo. Disponível em: <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data3.cfm/region=3_south_america_wmo_region_3/country=BRA/cname=Brazil>

Tendências da Energia para o setor de assistência médica na Europa e EUA. Disponível em: <http://www2.schneider-electric.com/documents/support/white-papers/998-3765_Healthcare-energy-efficiency-for-hospital_Portuguese.pdf>.

JOHANSEN, Robert, Administrador Chefe, Region Fastigheter. Disponível em: <http://www2.schneider-electric.com/documents/support/white-papers/998-3765_Healthcare-energy-efficiency-for-hospital_Portuguese.pdf>

KAISER, Randy , Diretor das instalações, Kittitas Valley Community Hospital. Disponível em: <http://www2.schneider-electric.com/documents/support/white-papers/998-3765_Healthcare-energy-efficiency-for-hospital_Portuguese.pdf>

Telhados Verdes do Pavilhão Vicky e Joseph Safra. Disponível em:
<<http://ecotelhado.blog.br/?tag=ecotelhado-em-hospitais>>.

APÊNDICE A

No Apêndice A serão apresentadas tabelas que foram geradas nas 4 simulações computacionais para cada zona térmica com vários parâmetros anuais de temperatura do ar, temperatura radiante, temperatura operativa, temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar.

SIMULAÇÃO 1 – SEM TETO VERDE E COM BRISE-SOLEIL

SIMULAÇÃO 2 – SEM TETO VERDE E SEM BRISE-SOLEIL

EnergyPlus

Comfort - 1 Pavimento, Zone 5
1 Jan - 31 Dec, Monthly

Evaluation

Air Temperature (°C)	26,29	25,90	25,25	24,69	22,84	22,30	22,59	22,58	23,10	24,15	25,07	25,68
Radiant Temperature (°C)	26,91	26,20	25,54	24,48	21,88	20,97	21,47	21,79	22,57	24,29	25,65	26,38
Operative Temperature (°C)	26,60	26,05	25,40	24,59	22,36	21,63	22,03	22,19	22,84	24,22	25,36	26,03
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	23,40	23,12	21,86	20,52	18,00	16,90	17,43	17,18	17,60	19,62	20,87	22,26
Relative Humidity (%)	62,18	64,69	63,30	61,62	60,81	60,61	58,75	54,76	57,91	63,35	59,21	60,86

SIMULAÇÃO 3 – COM TETO VERDE E SEM BRISE-SOLEIL

EnergyPlus

Comfort - Terreo, Zone 1
1 Jan - 31 Dec, Monthly

Evaluation

Air Temperature (°C)	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00
Radiant Temperature (°C)	20,41	20,16	19,95	19,49	18,61	18,21	18,42	18,50	18,80	19,39	19,87	20,23
Operative Temperature (°C)	20,70	20,58	20,47	20,24	19,81	19,61	19,71	19,75	19,90	20,19	20,43	20,61
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	23,00	23,00	21,00	20,00	18,00	16,00	17,00	17,00	17,00	19,00	20,00	22,00
Relative Humidity (%)	55,19	55,69	55,20	54,49	53,69	53,43	53,02	51,97	52,92	54,80	53,86	54,63

EnergyPlus

Comfort - Terreo, Zone 4
1 Jan - 31 Dec, Monthly

Evaluation

EnergyPlus

Comfort - 1 Pavimento, Zone 5
1 Jan - 31 Dec, Monthly

Evaluation

SIMULAÇÃO 4 – COM TETO VERDE, E COM BRISE-SOLEIL

APÊNDICE B

No Apêndice B serão apresentadas telas com a visualização das configurações de materiais para as 4 Simulações, estas informações completam a configuração de dados de entrada descrita no item 10.1.

SIMULAÇÃO 1 – SEM TETO VERDE COM BRISE-SOLEIL

Construction Template	
Template	Reference, Medium weight
Construction	
External walls	Parede de Concreto
Flat roof	Laje de Concreto
Pitched roof (occupied)	Reference Pitched roof, Medium weight
Semi-Exposed	
Semi-exposed walls	Parede de Concreto
Semi-exposed ceiling	Laje de Concreto
Semi-exposed floor	Reference Semi-exposed floor, Medium weight
Floors	
Ground floor	Piso Ceramico
External floor	Reference External floor, Medium weight
Internal floor	Parede de Concreto
Sub-Surfaces	
Walls	100mm concrete slab
Internal	100mm concrete slab
Roof	100mm concrete slab
External door	Wooden door
Internal Thermal Mass	
Construction	100mm concrete slab
Exposed area (m2)	0,00
Adjacency	
Adjacency	1-Auto
Surface Convection	
Heating Design	>>
Cooling Design	>>
Simulation	>>
Airtightness	
☒ Model infiltration	

SIMULAÇÃO 2 – SEM TETO VERDE E SEM BRISE-SOLEIL

Construction Template		⌵
Template	Reference, Medium weight	
Construction		⌵
External walls	Parede de Concreto	
Flat roof	Laje de Concreto	
Pitched roof (occupied)	Reference Pitched roof, Medium weight	
Semi-Exposed		⌵
Semi-exposed walls	Parede de Concreto	
Semi-exposed ceiling	Laje de Concreto	
Semi-exposed floor	Reference Semi-exposed floor, Medium weight	
Floors		⌵
Ground floor	Piso Ceramico	
External floor	Reference External floor, Medium weight	
Internal floor	Parede de Concreto	
Sub-Surfaces		⌵
Walls	100mm concrete slab	
Internal	100mm concrete slab	
Roof	100mm concrete slab	
External door	Wooden door	
Internal Thermal Mass		⌵
Construction	100mm concrete slab	
Exposed area (m2)	0,00	
Adjacency		⌵
Adjacency	1-Auto	⌵
Surface Convection		⌵
Heating Design		⌵
Cooling Design		⌵
Simulation		⌵
Airtightness		⌵
☒ Model infiltration		⌵

SIMULAÇÃO 3 – COM TETO VERDE E SEM BRISE-SOLEIL

Construction Template		⌵
Template	Reference, Medium weight	
Construction		⌵
External walls	Parede de Concreto	
Flat roof	Telhado Verde	
Pitched roof (occupied)	Reference Pitched roof, Medium weight	
Semi-Exposed		⌵
Semi-exposed walls	Parede de Concreto	
Semi-exposed ceiling	Telhado Verde	
Semi-exposed floor	Reference Semi-exposed floor, Medium weight	
Floors		⌵
Ground floor	Piso Ceramico	
External floor	Reference External floor, Medium weight	
Internal floor	Parede de Concreto	
Sub-Surfaces		⌵
Walls	100mm concrete slab	
Internal	100mm concrete slab	
Roof	100mm concrete slab	
External door	Wooden door	
Internal Thermal Mass		⌵
Construction	100mm concrete slab	
Exposed area (m2)	0,00	
Adjacency		⌵
Adjacency	1-Auto	⌵
Surface Convection		⌵
Heating Design	⌵	
Cooling Design	⌵	
Simulation	⌵	
Airtightness		⌵
☒ Model infiltration		

SIMULAÇÃO 4 – COM TETO VERDE COM BRISE-SOLEIL

Construction Template		⏏
Template	Reference, Medium weight	
Construction		⏏
External walls	Parede de Concreto	
Flat roof	Telhado Verde	
Pitched roof (occupied)	Reference Pitched roof, Medium weight	
Semi-Exposed		⏏
Semi-exposed walls	Parede de Concreto	
Semi-exposed ceiling	Telhado Verde	
Semi-exposed floor	Reference Semi-exposed floor, Medium weight	
Floors		⏏
Ground floor	Piso Ceramico	
External floor	Reference External floor, Medium weight	
Internal floor	Parede de Concreto	
Sub-Surfaces		⏏
Walls	100mm concrete slab	
Internal	100mm concrete slab	
Roof	100mm concrete slab	
External door	Wooden door	
Internal Thermal Mass		⏏
Construction	100mm concrete slab	
Exposed area (m2)	0.00	
Adjacency		⏏
Adjacency	1-Auto	▼
Surface Convection		⏏
Heating Design		⏏
Inside convection algorithm	1-Detailed	▼
Outside convection algorithm	6-DOE-2	▼
Cooling Design		⏏
Simulation		⏏