

PROJETO DE GRADUAÇÃO

**APRIMORAMENTO DO SISTEMA DE
CLIMATIZAÇÃO DE UM BLOCO CIRÚRGICO
MODULAR**

Por,
João Gabriel Gomes de Oliveira

Brasília, 29 de fevereiro de 2016

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECANICA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia Mecânica

PROJETO DE GRADUAÇÃO

APRIMORAMENTO DO SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO DE UM BLOCO CIRÚRGICO MODULAR

POR,

João Gabriel Gomes de Oliveira

Relatório submetido como requisito parcial para obtenção
do grau de Engenheiro Mecânico.

Banca Examinadora

Prof. João Manoel Dias Pimenta, UnB/ ENM
(Orientador)

Prof. Antônio F. Parentes Fortes, UnB/ ENM

Prof. Mário Benjamin B. Siqueira, UnB/ ENM

Brasília, 29 de fevereiro de 2016

Dedicatória(s)

Dedico este trabalho, bem como as minhas demais conquistas a minha avó Antônia Fernanda Castro da Silva (in memoriam) e as minhas mães Maria Aparecida Gomes da Silva e Sueli Pereira dos Santos, que me apoiaram e me incentivaram tornando possível que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

João Gabriel Gomes de Oliveira

Agradecimentos

Quero agradecer a Deus pela força e coragem durante toda esta longa caminhada.

A Universidade de Brasília, seu corpo docente, direção, administração e aos professores que me proporcionaram o conhecimento para minha formação profissional.

Ao Professor João Manoel Dias Pimenta pela oportunidade e colaboração na elaboração deste trabalho.

Agradeço a minha mãe Maria Aparecida Gomes da Silva que me deu apoio, incentivo nas horas difíceis, de desânimo e cansaço.

Ao meu irmão Andrey Giovanni Gomes de Oliveira por estar presente e me ajudar em todos os momentos da minha vida.

A toda minha família, amigos e colegas pelo apoio e incentivo incondicional.

João Gabriel Gomes de Oliveira

O bloco cirúrgico em estudo foi projetado por uma equipe multidisciplinar da *Universitat Politècnica de Catalunya* (UPC) em Barcelona – ES durante um quadrimestre. Esta equipe era formada por três professores e cinco estudantes de diferentes áreas: Design Industrial, Engenharia Elétrica e Engenharia Mecânica. A unidade cirúrgica é composta pelo centro cirúrgico, vestiário e área pré/pós-operatória e é destinado a qualquer região que tenha sofrido um desastre natural ou em outras situações como em áreas com baixo nível de infraestrutura, desertos, áreas rurais e acampamentos de exércitos. Essa unidade possui todos os aspectos necessários para seu funcionamento, desde os equipamentos até as instalações elétrica e mecânica incluindo climatização possibilitando a realização de cirurgias convencionais e de urgência. A carga térmica do bloco cirúrgico foi calculada com base em tabelas simplificadas para o cálculo geral de resfriamento em residências considerando apenas o ganho de calor de ocupantes, aparelhos elétricos e do piso da unidade cirúrgica. Essa carga foi recalculada para obter resultados mais precisos utilizando o método da CLTD/CLF que é indicado para pequeno número de zonas, como é o caso da aplicação em questão. O método mostrou-se adequado por considerar além dos ganhos de calores mencionados anteriormente, os ganhos por: infiltração, ventilação, paredes, teto e iluminação. A partir da nova carga térmica calculada foi possível aprimorar o sistema de climatização e selecionar adequadamente todos os equipamentos necessários para manter os níveis de temperatura, pressão, umidificação e filtragem de ar apropriada dentro do bloco cirúrgico, a fim de combater a transmissão aérea de doenças e permitir melhores condições de conforto e segurança para a equipe médica e para os pacientes.

Palavras-chave: bloco cirúrgico, carga de resfriamento, climatização, CLTD.

ABSTRACT

The studied surgery block was designed by a multidisciplinary group of *Universitat Politècnica de Catalunya* (UPC) in Barcelona throughout a semester. This group was consisted of three professors and five students from different fields: Industrial Design, Electrical Engineering and Mechanical Engineering. The surgery unit has a surgery center, a dressing room and a pre/post operation area. The goal is to ship this unit to any place that has faced a natural disaster or to other situations that might require it such as low infrastructure areas, desert, country areas and army camps. The surgery unit has the entire necessary apparatus for its own operation, from medical equipment to the electrical and mechanical installations including climatization system, which allows performance of conventional and emergency surgeries. The thermal load of the surgery block was calculated based on simplified tables for the general calculation of cooling in households considering only the heat gain of occupants, electrical devices and the surgery unit floor. Then, this load was recalculated in order to obtain more accurate results using CLTD/CLF method, which is recommended for small number of zones, such as the application in question. This method was suitable because apart from considering the heat gains mentioned above it also took into account gains by infiltration, ventilation, walls, ceilings and lighting. Based on the new load charge value it was possible to develop the climatization system and select all the equipments necessary to maintaining temperature levels, pressure, humidity and air filtration inside the surgery block. Overall, the controlling of the conditioning system not only prevents air transmission of diseases, but also allows better security and comfort conditions to the patient and the medical team.

Keywords: Surgery blocks, cooling load, climatization CLTD.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. TEMA EM ESTUDO	15
1.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
1.3. OBJETIVO	18
1.4. METODOLOGIA.....	19
1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO	20
2. REVISÃO TEÓRICA	21
2.1. PROCEDIMENTOS DE CÁLCULO DE CARGA DE RESFRIAMENTO E AQUECIMENTO NÃO RESIDENCIAL.....	21
2.1.1. Princípios de carga de refrigeração	21
2.1.2. Considerações iniciais de projeto.....	23
2.1.3. Conceitos de cálculo de fontes de calor e ganho de calor.....	24
2.1.4. Ganho de calor através de superfícies interiores.....	27
2.1.5. Ganho de calor por ventilação e infiltração	27
2.2. MÉTODO CLTD/SCL/CLF	28
2.2.1. Cargas externas.....	29
2.2.2. Cargas internas	29
2.3. ISOLAMENTO TÉRMICO	29
2.3.1. Estruturas dos isolantes	30
2.3.2. Propriedades	31
2.4. AR CONDICIONADO	31
2.4.1. Princípios de funcionamento	32
2.4.2. Tipos de compressores	32
2.4.3. Tipos de ar-condicionado	33
2.4.4. Filtros	36
2.5. SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO DE CENTROS CIRÚRGICOS	37
2.5.1. Filtração.....	38
2.5.2. Pressurização	38
2.5.3. Temperatura, umidade e nível de ruído.....	39
2.5.4. Difusão de ar.....	39
2.5.5. Renovação e velocidade do ar.....	39
3. BLOCO CIRÚRGICO MODULAR	40
3.1. APRESENTAÇÃO DO PROJETO BLOCO CIRÚRGICO MODULAR	40
3.2. APLICAÇÃO DO BLOCO CIRÚRGICO	40
3.2.1. Clima tropical	40
3.2.2. Clima desértico	41
3.2.3. Desastre natural	42
3.3. CENTRO CIRÚRGICO	43
3.3.1. Tipos de centros cirúrgicos	43
3.3.2. Composição física do Centro Cirúrgico	44
3.3.3. Equipamentos da sala de operação.....	45
3.4. CONTAINER	46
3.4.1. Dimensões do container.....	46
3.4.2. Tipo de container	47
3.5. TRANSPORTE	47
3.5.1. Marítimo	47
3.5.2. Terrestre.....	48
3.5.3. Aéreo	48
3.6. ESTUDO DE USUÁRIO	48
3.6.1. Visita ao hospital Regional da Santa Maria.....	49
3.6.2. Seleção da proposta para o bloco cirúrgico modular	50
3.6.3. Distribuição do interior dos containers	51
3.6.4. Imagem gráfica	52
3.7. SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO DO BLOCO CIRÚRGICO	54
3.7.1. Isolamento térmico	54
3.7.2. Seleção do tipo de isolamento térmico	54
3.7.3. Recobrimento exterior dos containers	54
3.7.4. Seleção do aparelho de ar condicionado.....	55

3.8.	BASE DE APOIO DOS CONTAINERS.....	55
3.9.	RECOBRIMENTO DO INTERIOR DOS CONTAINERS	57
3.9.1.	Paredes	57
3.9.2.	Teto	57
3.9.3.	Perfil metálico para instalação do cartão gesso	57
3.9.4.	Portas.....	58
3.9.5.	Pintura interior	58
3.9.6.	Piso.....	58
3.10.	INSTALAÇÃO ELETRICA.....	59
3.10.1.	Quadro de comando <i>by-pass</i>	59
3.10.2.	Grupo eletrogêneo	59
3.10.3.	Baterias	60
3.10.4.	Inversor/regulador	61
3.10.5.	Iluminação	62
3.10.6.	Instalação da iluminação de emergência	63
3.11.	DIMENSIONAMENTO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS	63
3.11.1.	Estimativa do consumo mensal do bloco cirúrgico	64
3.11.2.	Capacidade instalada dos geradores fotovoltaicos para atender a demanda do bloco cirúrgico	65
3.11.3.	Área útil dos containers	66
3.11.4.	Módulos fotovoltaicos	66
3.11.5.	Área necessária para instalação dos painéis fotovoltaicos	67
3.11.6.	Orçamento dos painéis	68
3.12.	COMPARAÇÃO ENTRE O CC CONVENCIONAL E MODULAR	68
4.	CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA	71
4.1.	CARGA DE RESFRIAMENTO PARA O BLOCO CIRÚRGICO PROJETATO	71
4.1.1.	Dados climáticos para clima tropical	71
4.1.2.	Dados climáticos para clima desértico	72
4.1.3.	Cálculo dos coeficientes globais U de transferência de calor.....	73
4.1.4.	CLTD's.....	75
4.1.5.	Seleção das CLF's.....	76
4.1.6.	Resumo do cálculo da carga de resfriamento	76
4.2.	MODIFICAÇÕES PROPOSTAS PARA O BLOCO CIRÚRGICO	81
4.2.1.	Isolamento térmico	81
4.2.2.	Cálculo dos novos coeficientes globais U de transferência de calor.....	82
4.2.3.	Sombreamento	82
4.2.4.	Suporte e varão	83
4.2.5.	Lona.....	84
4.3.	CARGA DE RESFRIAMENTO PARA O BLOCO CIRÚRGICO MODIFICADO	84
5.	PROJETO DO SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO.....	86
5.1.	SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR.....	86
5.2.	AR-CONDICIONADO.....	87
5.2.1.	Unidade interna para clima tropical	88
5.2.2.	Unidade interna para clima desértico	88
5.2.3.	Unidade externa clima tropical.....	88
5.2.4.	Unidade externa clima desértico	89
5.3.	VENTILADOR	89
5.4.	CAIXA DE MISTURA	90
5.4.1.	Damper	91
5.5.	DIAGRAMAS UNIFILARES	91
5.6.	DIFUSOR LINEAR.....	93
5.6.1.	Cálculo da perda de carga	93
5.7.	DIFUSOR RADIAL	95
5.8.	DUTOS FLEXÍVEIS	96
5.8.1.	Cálculo da perda de carga para o centro cirúrgico	97
5.8.2.	Cálculo da perda de carga área pré/pós-operatória.....	98
5.9.	DUTO RETO	100
5.9.1.	Cálculo da perda de carga	101
5.10.	Grelha na situação de exaustão.....	104
5.10.1.	Dimensionamento	105
5.11.	Grelha na situação de retorno	106
5.12.	FILTRO HEPA	106
5.13.	INDICADOR DE TEMPERATURA E UMIDADE	107

6. MANUAIS.....	108
6.1. MANUAL DE FABRICAÇÃO	108
6.1.1. Caixa de mistura	108
6.1.2. Duto reto	109
6.2. MANUAL DE MONTAGEM DO SOMBREAMENTO	110
6.3. MANUAL DE MANUTENÇÃO	110
6.3.1. Dutos retos e flexíveis	111
6.4. RECOMENDAÇÕES BÁSICAS PARA OPERAÇÃO.....	111
7. CONCLUSÕES	112
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114
ANEXOS.....	121

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Crânico pré-histórico trepanado (Tubino & Alves, 2009).....	16
Figura 1.2 Teatro de cirurgia do museu de Peterborough (Romani, 2013).....	17
Figura 1.3 Hospital de campanha (Governo da Paraíba, 2015).	18
Figura 2.1 Taxas distintas de transferência de calor inter-relacionadas (ASHRAE, 2001 – com adaptações).....	22
Figura 2. 2 Transferência de calor em um sólido.	30
Figura 2. 3 Ciclo de compressão a vapor (ADIAS).	32
Figura 2. 4 Ar-condicionado janela (CLIMARIO).	35
Figura 2. 5 Ar-condicionado <i>roof top</i> (FORATO, 2012).	35
Figura 2. 6 Ar-condicionado <i>self contained</i> (FORATO, 2012).	35
Figura 2. 7 Ar-condicionado <i>fan coil</i> . (FORATO, 2012).....	36
Figura 2.8 Sistema de condicionamento de ar para centros cirúrgicos.	37
Figura 3.1 Mapa mundo clima tropical (Koppen World Map, 2011).....	41
Figura 3.2 Mapa mundo clima desértico (Koppen World Map, 2011).....	41
Figura 3.3 Localização do Nepal no mapa (G1, 2015).....	42
Figura 3.4 Casa derrubada por causa do terremoto (G1, 2015).....	43
Figura 3.5 Atendimento das vítimas da catástrofe (BBC, 2015).....	43
Figura 3.6 Container <i>dry van</i> de 6 metros de comprimento (Cw Estruturas Metálicas).....	47
Figura 3.7 Visita ao centro cirúrgico da clínica Cyclops.....	49
Figura 3. 8 Visita ao CC do Hospital Regional de Santa Maria.....	50
Figura 3.9 Vista superior da disposição dos containers (ADAM, AGULLÓ, <i>et al.</i> , 2015).....	50
Figura 3.10 Planta da distribuição interior do bloco cirúrgico (ADAM, AGULLÓ, <i>et al.</i> , 2015).....	51
Figura 3.11 Logotipo do bloco cirúrgico (ADAM, AGULLÓ, <i>et al.</i> , 2015).....	52
Figura 3.12 Imagem gráfica do bloco cirúrgico (ADAM, AGULLÓ, <i>et al.</i> , 2015).....	53
Figura 3.13 Vista isométrica interna do bloco cirúrgico.....	53
Figura 3.14 Isolamento refletivo (AISLATERMIC).....	54
Figura 3.15 Pintura cerâmica (TH COAT).....	55
Figura 3.16 Ar condicionado tipo Split (LG).....	55
Figura 3. 17 Sapata metálica regulável.....	56
Figura 3. 18 Container com apoios metálicos.....	56
Figura 3. 19 Sapata metálica PPRC (BRICO MARKT).....	57
Figura 3.20 Perfil metálico.....	57
Figura 3.21 Pintura antibacterial (SHERWIN).....	58
Figura 3. 22 Quadro de comando bypass (EATON).....	59
Figura 3. 23 Grupo eletrogêneo (HYUNDAI).....	60
Figura 3. 24 Bateria lítio-íon (VICTRONENERGY).....	61
Figura 3. 25 Sistema Inversor/Regulador/Carregador (VICTRONENERGY).....	62
Figura 3.26 Luminária para zona pré/pós-operatória (PHILIPS).....	62
Figura 3.27 Luminária para o CC (PHILIPS).....	63
Figura 3.28 Luminária de emergência (ENERGIA BELÉM).....	63
Figura 3. 29 Casa container com painéis fotovoltaicos (ZOMER, 2009).....	64
Figura 4.1 Paredes externas.....	74
Figura 4.2 Laje da cobertura.	74
Figura 4.3 Laje do piso.....	75
Figura 4.4 Placa de poliuretano (Isotermia).	81

Figura 4. 5 Mecanismo de sombreamento em um container.....	82
Figura 4. 6 Suporte e varão (LEROY MERLIN).....	83
Figura 5. 1 Vista lateral do sistema de climatização para área pré/pós-operatória.	86
Figura 5. 2 Esquema do sistema de climatização do bloco cirúrgico.	87
Figura 5. 3 Ar-condicionado dutado slim de média pressão estática (MIDEA).	88
Figura 5. 4 Unidade condensadora.	89
Figura 5. 5 Ilustração do interior do ventilador (GRUPO VECO).....	90
Figura 5. 6 Caixa de mistura.	91
Figura 5. 7 Damper (NOVAEXAUSTORES).	91
Figura 5. 8 Diagrama unifilar.....	92
Figura 5. 9 Diagrama unifilar contendo os equipamentos.	92
Figura 5. 10 Diagrama unifilar.....	92
Figura 5. 11 Diagrama unifilar contendo os equipamentos.	93
Figura 5. 12 Difusor linear (TROX).....	93
Figura 5. 13 Diagrama 3: nível de potência sonora e perda de pressão para D = 123 [mm] (TROX).	94
Figura 5. 14 (a) Difusor circular com colarinho, (b) Difusor circular radial (TROX).....	96
Figura 5. 15 Dutos flexíveis (MULTIVAC).	97
Figura 5. 16 Perda de carga para duto flexível totalmente esticado (MULTIVAC).....	98
Figura 5. 17 Perda de carga em dutos curvados (MULTIVAC).	99
Figura 5. 18 Painéis de alumínio pré-isolado com espuma PIR (ROCKTEC).	100
Figura 5. 20 Diagrama unifilar com identificação de cada nó.	101
Figura 5. 21 Diagrama unifilar com identificação de cada nó.	102
Figura 5. 22 Grelha de sobre pressão (TROX).....	104
Figura 5. 23 Perda de carga x Velocidade frontal (TROX).	105
Figura 5. 24 Grelha série AT (TROX).	106
Figura 5. 25 Filtro HEPA (CONSUL).	106
Figura 5. 26 Termo higrômetro digital (INCOTERM).	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 2. 1 Taxas típicas de ganho de calor liberado por pessoas (ABNT, 2008).	25
Tabela 2. 2 Taxas típicas de ganho de calor para alguns equipamentos médicos (ABNT, 2008).....	26
Tabela 2. 3 Comparação dos tipos de compressores mais utilizados em condicionadores de ar (ARCONDICIONADO.COM.BR).	33
Tabela 2. 4 Comparação entre o Split inverter e o convencional (ARCONDICIONADO.COM.BR).	34
Tabela 2. 5 Classificação de filtros (ABNT, 2008).	36
Tabela 2. 6 Tipos de filtros HEPA.	38
Tabela 3. 1 Dimensões externas, tolerâncias permitidas e classificação de containers de carga (ISO 668 – com adaptações).	47
Tabela 3. 2 Dimensões da sapata metálica.	57
Tabela 3. 3 Estimativa do consumo de iluminação.	64
Tabela 3. 4 Estimativa do consumo dos equipamentos elétricos.	65
Tabela 3. 5 Estimativa do consumo refrigeração.	65
Tabela 3. 6 Valores de potencia fotovoltaica instalada.	66
Tabela 3. 7 Área útil disponível par instalação de painéis fotovoltaicos.	66
Tabela 3. 8 Eficiência dos painéis fotovoltaicos segundo a sua tecnologia.	67
Tabela 3. 9 Áreas necessárias para instalação de módulos fotovoltaicos.	67
Tabela 3. 10 Consumo energético mensal de acordo com cada região dos containers.....	68
Tabela 3. 11 Custo total dos painéis fotovoltaicos em relação à potência instalada.	68
Tabela 3. 12 Comparação entre centro cirúrgico convencional e modular.	69
Tabela 4. 1 CLTD's para o bloco cirúrgico projetado.	76
Tabela 4. 2 Comparação dos valores de carga térmica para o bloco cirúrgico.	84

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolos Latinos

<i>A</i>	Área	[m ²]
<i>D</i>	Diâmetro	[m]
<i>L</i>	Comprimento	[m]
<i>H</i>	Altura	[mm]
<i>B</i>	Largura	[mm]
<i>P</i>	Pressão	[kPa]
<i>t</i>	tempo	[s]
<i>h</i>	Entalpia específica	[kJ/kg]
<i>T</i>	Temperatura	[°C]
<i>U</i>	Coefficiente global de transferência de calor	[W/m ² .K]
<i>k</i>	Condutividade térmica	[W/(m.K)]
<i>R</i>	Resistência térmica	[m ² . K/ W]
<i>U</i>	Umidade	[%]
<i>q</i>	Ganho de calor	[W]
<i>Q</i>	Vazão de ar	[L/s]
<i>V</i>	Velocidade	[m/s]
<i>W</i>	Potência	[W]
<i>G</i>	Irradiação solar horizontal diária	[kWh/m ² /dia]
<i>C</i>	Consumo energético no mês	[kWh/mês]
<i>p</i>	Perda de carga	[Pa]
<i>S</i>	Nível de potência sonora	[dB]
<i>F</i>	Fator	
<i>E</i>	Eficiência	
<i>N</i>	Número de pessoas	
<i>n</i>	número de dias do mês	
<i>f</i>	Coefficiente de atrito	
<i>R</i>	Rendimento	
<i>q</i>	Quantidade	

Símbolos Gregos

Δ	Variação entre duas grandezas similares	
Σ	Somatório	
ρ	Densidade	[kg/m ³]
ϵ	Rugosidade absoluta	[mm]

Subscritos

<i>amb</i>	ambiente
<i>ext</i>	externo
<i>int</i>	interno
<i>bs</i>	bulbo seco
<i>bu</i>	bulbo úmido
<i>el</i>	iluminação
<i>u</i>	utilização
<i>sa</i>	rendimento especial de iluminação
<i>l</i>	latente

s	sensível
b	espaço adjacente
i	espaço condicionado
r	relativa
p	pico
R	reator
x	comprimento arbitrário
eq	equipamento
ocup	ocupantes
corr	corrigida
m	porcentagem diária
amp,dia	amplitude diária
uso	uso
f	fluxo
eff	efetiva
mens	mensal
inst	instalada

Siglas

CLTD	Diferença de Temperaturas de Carga de Resfriamento	[°C]
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas	
ASHARE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers	
CC	Centro Cirúrgico	
ISO	Organização Internacional de Normalização	
UNE	União Europeia	
OMS	Organização Mundial da Saúde	
UTA	Unidade de Tratamento de Ar	
TFM	Transfer Function Method	
HEPA	High Efficiency Particulate Air	
UPC	Universitat Politècnica de Catalunya	
CLF	Fator de Carga de Resfriamento	
SC	Coeficiente de Sombreamento	
SCL	Carga de Resfriamento solar	
HIT	Heterojunction with intrinsic thinlayer	
DF	Distrito Federal	

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo expõe considerações gerais relacionadas ao projeto. É abordado o tema em estudo que demonstra a importância do projeto, revisão bibliográfica, objetivos, metodologia e estrutura do trabalho.

1.1. TEMA EM ESTUDO

Aprimorar o sistema de climatização de um bloco cirúrgico modular projetado surgiu a partir da ideia de garantir a segurança e conforto térmico dos cirurgiões e pacientes, além de diminuir os gastos de energia elétrica com a seleção correta do sistema de condicionamento de ar.

Este bloco foi projetado durante um quadrimestre por uma equipe de alunos e professores da universidade: *Universitat Politècnica de Catalunya* em Barcelona – ES.

O ar-condicionado dessa unidade cirúrgica não foi selecionado adequadamente e deve ser alterado para que o bloco seja capaz de operar com os mesmos níveis de qualidade de hospitais convencionais.

O bloco cirúrgico é destinado a qualquer região, principalmente nas subdesenvolvidas, para proporcionar o nível recomendado de saúde para a população. A maioria dos países subdesenvolvidos possui clima tropical ou clima desértico. Por conseguinte, o bloco cirúrgico foi projetado tendo base nesses dois tipos de clima.

Os problemas de saúde desses países são agravados por desastres naturais, mas em sua maior parte são decorrentes da falta de uma boa alimentação, moradias insalubres e falta de comprometimento do poder público na implantação de medidas necessárias para amenizar os problemas dessa ordem (NEVES, 2014). Do mesmo modo, deve-se levar em conta a dificuldade de obter hospitais nos pontos onde acontecem os desastres naturais.

Em 2007, um funcionário da Organização Mundial da Saúde (OMS), Lamy, relatou que “os países subdesenvolvidos possuem 93% das doenças registradas no mundo e gastam menos de 11% do custo global em saúde”, o que demonstra que as qualidades sanitárias nestes tipos de países são quase nulas (G1, 2007). Já em 2013, a OMS afirmou que a qualidade da saúde dos países subdesenvolvidos melhorou a partir dos dados do anuário *World Health Statistics 2013* que registrou progressos em relação à mortalidade infantil, nutrição e prevenção de doenças. Entretanto, esses países ainda estão longe de obter a qualidade de saúde desejada (SARRES, 2013).

Estudos da revista *The Lancet* publicados pela OMS em 2010, revelam que as infecções hospitalares nos países pobres estão prolongando o tempo de internação nos hospitais, criando resistências a medicamentos e deficiências de longo prazo, elevando os custos do tratamento e até levando pacientes à morte. A cada três pacientes submetidos à cirurgia com a utilização de recursos limitados, um é infectado. Alguns fatores que aumentam esse risco são: falta de higiene, cuidados com

o lixo hospitalar, infraestrutura, equipamento inadequados, pessoal reduzido, superlotação, falta de conhecimento e de políticas de prevenção (VEJA, 2010).

Para melhorar a infraestrutura e a higiene em hospitais, é de suma importância o desenvolvimento de um projeto de sistema de climatização eficiente. Pesquisas feitas nos Estados Unidos revelam que as melhorias na qualidade do ar interior reduzem os custos com assistência médica e diminui a ausência no trabalho de 9 a 20%, variando, nos diferentes setores (WEB ARCONDICIONADO, 2012). Desta forma, os hospitais que possuem ambientes mais confortáveis do ponto de vista térmico e da qualidade do ar diminuem o tempo no hospital, reduzindo os custos de operação.

A climatização em hospitais além de ser uma questão de conforto é, principalmente, uma questão de saúde. O ar condicionado nesses ambientes precisa ser capaz de garantir a melhora na qualidade do ar, contribuir no tratamento das pessoas e principalmente combater a transmissão aérea de doenças, de modo que diminua o risco de infecções no local (ARTEMP).

Tendo em vista todos esses aspectos, o presente projeto busca desenvolver um produto com aplicação real, que possa aproximar a mesma qualidade de saúde dos países desenvolvidos.

1.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Cirurgia é o ramo da medicina que se propõe promover a cura pelas mãos. O termo tem origem grega: *kheirourgia* (*kheiros*, mão e *ergon*, obra) (TUBINO & ALVES, 2009). Podendo ser definida como a especialidade que destina ao tratamento de doenças e traumatismos por meio de processos operativos manuais e instrumentais (GOMES, 2014)

As primeiras operações cirúrgicas foram realizadas na pré-história e eram feitas por feiticeiros. A primeira operação que se tem conhecimento é a trepanação na qual eram removidos pequenos fragmentos ósseos, geralmente arredondados, Figura 1.1. Essas operações eram feitas para aliviar a pressão intracraniana, por razões religiosas ou como parte de uma cerimônia de passagem da fase infantil para a juvenil (TUBINO & ALVES, 2009).

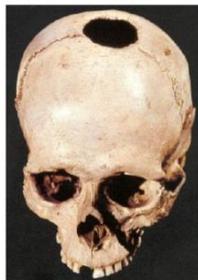


Figura 1.1 Crânico pré-histórico trepanado (Tubino & Alves, 2009).

Em meados do século V os cristãos acreditavam que as doenças eram enviadas por Deus e, portanto, deveriam ser aceitas com resignação (TEIXEIRA, 2005). Sendo assim, o tratamento médico passou a ser realizado por monges dentro de mosteiros. A medicina nos mosteiros era simples, utilizava ervas medicinais e a mistura de ciência básica e superstição. Durante o século XIII essa

medicina foi proibida pela Igreja, pois os monges estavam deixando de realizar suas funções religiosas por estarem ocupados com as intervenções médicas (ROMANI, 2013).

Durante a Idade Média as cirurgias eram realizadas, indistintamente, em qualquer local, como nas casas dos cirurgiões, em baixo do convés dos navios de guerra e em campos de batalha (POSSARI, 2013). Os procedimentos cirúrgicos eram, basicamente, a retirada de tumores, a amputação de membros e drenagem de abscessos (infecção local que leva a produção de pus). Como não havia anestesia nessa época, os pacientes tinham que superar a dor, a hemorragia e as infecções provocadas pelos procedimentos cirúrgicos. Para estancar a hemorragia era utilizado óleo fervente ou ferro em brasa para cauterizar (GOMES, 2014).

Ainda na idade média foram criados os primeiros hospitais na Europa que recebiam pessoas em estado grave (FOCACCIA, 2005). O primeiro Centro Cirúrgico foi criado dentro do hospital mais antigo de Paris chamado Hôtel Dieu, durante o século XII, que recebia pessoas doentes. Esta era uma forma de impedir que a população fosse infectada por essas pessoas (ROMANI, 2013). Nesta época, os centros cirúrgicos tinham a finalidade de facilitar o trabalho da equipe médica (GOMES, 2014).

No século seguinte surgiram as primeiras escolas de medicina como conhecemos atualmente. Geralmente os cirurgiões não passavam por uma formação acadêmica, mas por uma educação prática (POSSARI, 2013). As aulas eram ministradas em teatros por professores-cirurgiões. Estes eram feitos de madeira, Figura 1.2, o que dificultava a limpeza quando em contato com materiais orgânicos. O cuidado com a higiene era quase nulo, portanto quando os pacientes sobreviviam às intervenções cirúrgicas, frequentemente, eram infectados pelas condições ambientais (ROMANI, 2013).



Figura 1.2 Teatro de cirurgia do museu de Peterborough (Romani, 2013).

Em 1846 a descoberta da anestesia, o maior fato para evolução da cirurgia, levou a um grande avanço nos procedimentos cirúrgicos (TEIXEIRA, 2005). Antes dela, os cirurgiões tentavam fazer as intervenções da forma mais rápida possível para o paciente sofrer menos dor e, assim, limitava a realização dos procedimentos cirúrgicos (ROMANI, 2013). À medida que as técnicas cirúrgicas foram se desenvolvendo, em consequência dessa descoberta, a necessidade de realizar os procedimentos com rapidez começou a diminuir.

A partir do século XIX foi criada a unidade de centro cirúrgico/bloco cirúrgico com a centralização das salas de cirurgia e de áreas afins, como o vestiário, sala pós-operatória e laboratório (GOMES, 2014; ROMANI, 2013).

Foi também durante este século que um médico americano, Dr. John Gorrie (1803-1855) tentou pela primeira vez construir um ar-condicionado. A ideia do Dr. Gorrie era resfriar os quartos hospitalares de pacientes que sofriam de malária e febre amarela. Basicamente, sua máquina soprava ar sobre um balde de gelo e, assim, resfriava o ar no interior dos quartos. Outra tentativa de resfriar locais fechados com a utilização de gelo e água foi feita em 1881 por engenheiros navais, entretanto era necessária grande quantidade de gelo para resfriar um quarto por pouco tempo (REFRIMAQ).

Finalmente em 1902 um engenheiro americano, Willis Carrier, inventou um processo mecânico para arrefecer o ar. Em pouco tempo, o ar condicionado passou a ser usados em indústrias têxteis, prédios, indústrias de papel, produtos farmacêuticos, tabaco e estabelecimentos comerciais. Outra importante aplicação deu-se quando, em 1914, Carrier instalou o primeiro ar condicionado hospitalar no Pittsburg Alleheny General Hospital. O sistema introduzia umidade extra no ambiente de um berçário de partos prematuros, ajudando a reduzir a mortalidade infantil causada pela desidratação. (MEGACLIMA). Desde então o ar-condicionado tem sido benéfico para os ambientes hospitalares.

Além de manter a temperatura do ambiente confortável e agradável, o ar-condicionado em hospitais auxilia no combate às doenças de transmissão aérea, diminuindo, assim, o risco de infecções no local. Isso acontece porque o aparelho filtra as bactérias e fungos que circulam no ar, o mantendo mais limpo e puro (NEWTEMP).

Atualmente até mesmo os hospitais de campanha que são unidades médicas móveis que atendem de maneira provisória em um determinado local, utilizam sistemas de ar condicionados para diminuir o risco de contaminação dos pacientes. Os exércitos de muitos países, inclusive o do Brasil possuem esses hospitais que são montados em tendas ou módulos articulados, Figura 1.1, com capacidade de instalar vários leitos (GOVERNO DA PARAÍBA, 2015).



Figura 1.3 Hospital de campanha (Governo da Paraíba, 2015).

1.3. OBJETIVO

O objetivo principal do projeto é o aprimoramento do sistema de climatização contido em um bloco cirúrgico modular construído a partir de containers de carga marítima. Para alcançar este objetivo, outros fatores devem ser levados em conta:

- Desenvolvimento do sistema de isolamento térmico para o bloco cirúrgico;

- Cálculo da carga térmica para o bloco cirúrgico após as mudanças realizadas;
- Manter o nível de conforto térmico dentro da zona requerida para todas as pessoas presentes no bloco;
- Diminuir o risco de contaminação do centro cirúrgico pela infiltração do ar exterior;
- Garantir segurança para o paciente e a equipe médica;
- Selecionar todos os equipamentos para o sistema de climatização, tais como o ar-condicionado, filtro, difusor, duto, ventilador e grelha;
- Os equipamentos selecionados devem ser robustos de tal forma a evitar manutenções constantes;
- Manter os níveis de pressão, umidificação, temperatura e filtragem de ar adequado;
- A manutenção do sistema de climatização deve ser flexível, ou seja, fácil para que qualquer pessoa possa realizá-la;
- Elaborar um manual de manutenção para todo o sistema de climatização.

1.4. METODOLOGIA

Para atingir o objetivo, foi imprescindível entender os procedimentos de cálculo de carga de resfriamento não residencial. Também foram realizados dois estudos: um referente ao isolamento térmico, destacando a sua importância para as construções e outro relacionado ao dimensionamento dos centros cirúrgicos para obter as informações necessárias construtivas a serem consideradas para evitar a proliferação de fungos e bactérias tais como: os tipos de piso e de tetos adequados. Além de conhecer os dados necessários para o cálculo da carga térmica destes locais, como as temperaturas, umidade relativa e pressões apropriadas que devem ser mantidas durante os procedimentos cirúrgicos.

A metodologia para o cálculo de resfriamento envolve basicamente quatro passos:

- Cálculo de carga térmica do bloco cirúrgico projetado considerando clima tropical;
- Cálculo de carga térmica do bloco cirúrgico projetado considerando clima desértico;
- Cálculo de carga térmica do bloco cirúrgico modificado considerando clima tropical;
- Cálculo de carga térmica do bloco cirúrgico modificado considerando clima desértico;

Primeiramente foi calculada a carga térmica do bloco cirúrgico com as características construtivas que foram selecionadas e dimensionadas. Como a unidade cirúrgica está destinada a países que possuem climas tropicais e desérticos, foi investigada a variação da carga para estes dois tipos de climas. Posteriormente, foram propostas mudanças construtivas no bloco cirúrgico, como por exemplo, o tipo e a espessura do isolamento térmico e construção de um mecanismo de sombreamento dos containers a fim de minimizar a carga térmica. Em seguida a carga de resfriamento foi calculada novamente e comparada com os valores anteriores.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 16401-1:2008 – Instalações de ar-condicionado – Sistemas Centrais e Unitários Parte 1: Projetos das instalações, para sistemas

com zona única ou pequeno número de zonas, como é o caso do bloco cirúrgico, é admissível o método da Associação Americana de Engenheiros e de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado (ASHRAE) CLTD/CLF. Portanto, é utilizado este método para o cálculo de resfriamento para os quatro passos mencionados anteriormente.

A partir dos valores calculados de carga térmica para o bloco operatório modificado, foi projetado o novo sistema de climatização e selecionado todos os equipamentos para o seu correto funcionamento, tais como: difusor linear, difusor radial, grelha na situação de retorno, grelha na situação de exaustão, caixa de ar, duto reto, duto flexível, aparelho de ar condicionado, ventilador e filtros. Para o cálculo da perda de carga para os dutos retos foi utilizado o método da velocidade, enquanto que para a perda de carga para os dutos flexíveis, difusor linear e difusor radial foram utilizados o próprio memorial de cálculo e os dados dos catálogos do fabricante.

Após a seleção dos equipamentos foram realizados os manuais de manutenção, operação e montagem do sistema de condicionamento de ar com o auxílio dos catálogos dos fabricantes de cada equipamento.

1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho é estruturado em sete capítulos.

O primeiro apresenta a introdução ao projeto demonstrando a importância do tema e quais os objetivos que deverão ser alcançados durante desenvolvimento do trabalho. Além disso, é feita uma revisão bibliográfica sobre as cirurgias e os sistemas de climatização, desde que surgiram até os dias atuais, ressaltando as principais mudanças pelas quais passaram.

O segundo capítulo é referente à revisão teórica necessária para o desenvolvimento do projeto. São apresentados assuntos como: cálculo de carga de resfriamento e aquecimento não residencial, isolamento térmico e a maneira pela qual os centros cirúrgicos são dimensionamentos.

O terceiro capítulo retrata as principais características do bloco cirúrgico em estudo, como por exemplo: o tipo de container selecionado, os materiais que são utilizados nas paredes e como é realizado o transporte do bloco cirúrgico.

Todos os cálculos de carga térmica são exibidos no capítulo quatro.

O quinto capítulo apresenta o projeto do sistema de climatização do bloco operatório.

Os manuais referentes à operação, manutenção e montagem do sombreamento para o sistema de climatização do bloco operatório é apresentado na unidade 6.

Por fim, são apresentados os resultados alcançados dos cálculos da carga térmica para o bloco cirúrgico e as propostas futuras para o projeto.

2. REVISÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta os principais conceitos teóricos para o cálculo de carga térmica/resfriamento, escolha do tipo de isolamento térmico e como projetar um bloco cirúrgico segundo a norma (ISO 14644).

2.1. PROCEDIMENTOS DE CÁLCULO DE CARGA DE RESFRIAMENTO E AQUECIMENTO NÃO RESIDENCIAL

A carga de resfriamento, também chamada de carga térmica é a quantidade de calor que deve ser retirada de uma determinada área para manter determinadas condições de temperatura e humidade para uma aplicação específica, como por exemplo, o conforto humano. A seguir serão apresentados os principais conceitos que devem ser considerados para o cálculo correto da carga de resfriamento segundo o *handbook of Fundamentals* da ASHRAE (ASHRAE, 2001).

2.1.1. Princípios de carga de refrigeração

As variáveis que afetam os cálculos de carga de resfriamento são numerosas e, geralmente, são difíceis de definir precisamente, pois sempre estão intrinsecamente relacionadas. Vários componentes de carga de resfriamento variam em magnitude durante um período de 24 horas. Essas trocas cíclicas em componentes de carga geralmente não são em fase uma com a outra, cada uma deve ser analisada para estabelecer o máximo de carga de resfriamento para uma construção ou zona.

- Taxas de fluxo de calor

Em projeto de ar-condicionado, quatro taxas de fluxo de calor que variam com o tempo, devem ser diferenciadas: (1) ganho de calor espacial, (2) carga de refrigeração espacial, (3) taxa de extração de calor espacial e (4) carga de resfriamento da serpentina.

- Ganho de calor espacial

Essa taxa instantânea de ganho de calor é a taxa na qual o calor entra e/ou é gerado dentro do espaço. O ganho de calor é classificado por (1) quando entra no espaço e (2) se é sensível ou latente.

- Modo de entrada

O modo de entrada inclui (1) radiação solar através de superfícies transparentes, (2) condução do calor através de paredes e telhados externos, (3) condução do calor através de tetos, piso e divisões internas, (4) calor gerado no espaço por ocupantes, luzes e aparelhos, (5) energia de transferência, como resultado da ventilação e infiltração do ar externo, (6) ganho de calor variado.

- Calor sensível e latente

O ganho de calor sensível é obtido diretamente no espaço condicionado por condução, convecção e/ ou radiação. Ganho de calor latente ocorre quando a umidade é adicionada no espaço (e.g., vapor emitido por ocupantes e equipamento). Para manter a taxa de umidade constante, o vapor de água deve condensar-se no equipamento de resfriamento e ser removido em uma taxa igual à taxa que está sendo adicionada no espaço. Na seleção de equipamento de refrigeração é necessário distinguir entre ganho de calor latente e sensível. Todos os aparelhos de refrigeração possuem uma máxima capacidade de remoção de calor sensível e uma máxima capacidade de remoção de calor latente para condições de operações particulares.

- Carga de resfriamento espacial

Essa é a taxa na qual o calor deve ser removido do espaço para manter a temperatura do ar dentro do espaço constante. A soma de todos os ganhos de calor instantâneo espacial em determinado momento não, necessariamente, é igual à carga de resfriamento para o espaço no mesmo tempo.

- Ganho de calor radiante

A energia radiante deve ser absorvida inicialmente pelas superfícies que cerca o espaço (paredes, pisos, tetos) e os objetos do espaço (cadeiras, mesas, etc.). Quando essas superfícies e objetos se tornam mais quentes do que o ar circundante, um pouco do calor é transferido para o ar por convecção. A capacidade de armazenamento de calor dessas superfícies e objetos determina a taxa a qual a sua respectiva temperatura de superfície aumenta para uma determinada entrada de radiação e, assim, governa a relação entre porção radiante do ganho de calor e a sua parte correspondente da carga de refrigeração espacial, Figura 2.1. O efeito de armazenamento termal é extremamente importante na diferenciação entre ganho de calor instantâneo para um determinado espaço ou sua carga de refrigeração naquele momento.

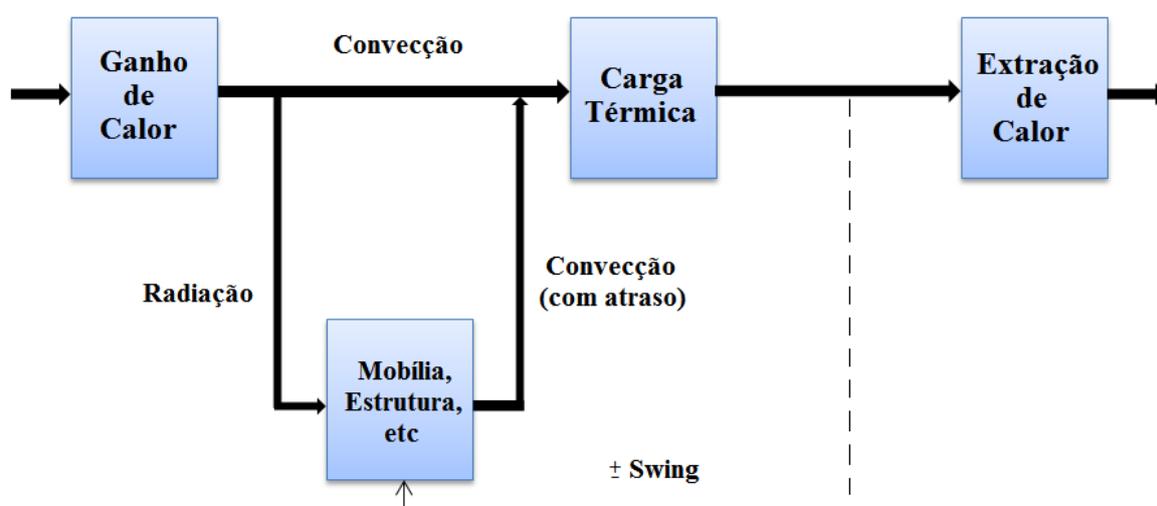


Figura 2.1 Taxas distintas de transferência de calor inter-relacionadas (ASHRAE, 2001 – com adaptações).

- Taxa de extração de calor espacial

A taxa à qual o calor é removido do espaço condicionado é igual à carga de resfriamento espacial somente se a temperatura do ar ambiente for mantida constante. Juntamente com a operação intermitente do equipamento de resfriamento, as características do sistema de controle geralmente permitem uma menor variação cíclica ou balanço em temperatura ambiente. Portanto, a simulação apropriada do sistema de controle gera um valor mais realístico da remoção de energia ao longo de um período fixo do que usando valores da carga de resfriamento espacial. No entanto, esse conceito é importante para estimar o uso de energia ao longo do tempo.

- Carga de resfriamento da serpentina

A taxa à qual a energia é removida na serpentina de resfriamento de um ou mais espaços condicionados é igual à soma das cargas de resfriamento espacial instantânea para todos os espaços alimentados pela serpentina mais qualquer carga externa. Tais cargas externas incluem ganho de calor do ventilador, ganho de calor do duto, ganho de calor do ar exterior e umidade que são transferidos pelo equipamento de resfriamento para satisfazer a necessidade de ventilação.

- Estimativa de carga de resfriamento na prática

Frequentemente, uma carga de resfriamento deve ser calculada antes que todos os parâmetros no espaço condicionado podendo ser aproximadamente ou completamente definida. Um exemplo é a estimativa da carga de resfriamento para um edifício novo com muitos andares de espaços licenciados onde a repartição, mobiliário, seleção da iluminação e layout não podem ser pré-definidos. Modificações realizadas pelos inquilinos, uma vez que o edifício é ocupado, devem ser consideradas. O processo de estimativa de carga requer julgamento de engenharia adequado, que inclua uma compreensão completa dos fundamentos de balanço de calor.

2.1.2. Considerações iniciais de projeto

Para calcular a carga de resfriamento espacial, são necessárias as informações detalhadas do projeto de construção e os dados meteorológicos em condições de projeto. De maneira geral, as seguintes etapas devem ser seguidas.

- Conjunto de dados

- Características de construção

Materiais de construção, dimensões dos componentes, cores de superfície externa e formas são geralmente determinados a partir de planos de construção e especificações.

- Configuração

Localização da construção, orientação e sombreamento externo deverão ser determinadas a partir de planos de construção e especificações.

- Condições de projeto externo

Devem-se obter os dados meteorológicos apropriados para a seleção das condições de projeto exterior. Deve-se considerar a velocidade do vento predominante em relação ao local do projeto para a estação meteorológica selecionada.

- Condições de projeto interno

As condições de projeto interno devem ser selecionadas com a temperatura de bulbo-seco e bulbo-úmido interno e a taxa de ventilação.

- Horário de funcionamento

Os horários de funcionamento de iluminação, ocupação, equipamento interno, equipamentos e processos que contribuem para a carga térmica interna devem ser agendados. Também deve ser determinado quando o equipamento de resfriamento será operado continuamente ou desligado durante períodos ociosos (noites e/ ou semanas).

- Data e hora

Deve-se selecionar um período do dia e do mês para calcular a carga térmica de resfriamento. Frequentemente, vários momentos diferentes do dia e vários meses diferentes devem ser analisados para determinar a temperatura máxima. O dia e o mês determinados são geralmente ditados pelo pico de condições solares.

- Considerações Adicionais

O dimensionamento de ar total, água e ar central dos sistemas de ar condicionado requerem mais que o cálculo de carga da térmica de resfriamento no espaço a ser climatizado. O tipo de sistema de ar condicionado, energia de ventilação, localização da ventilação, duto de vazamento, sistemas de iluminação e o tipo de sistema de ar de retorno afetam a carga do sistema e o dimensionamento dos componentes.

2.1.3. Conceitos de cálculo de fontes de calor e ganho de calor

- Atraso no efeito

A energia absorvida pelas paredes, pisos, móveis, entre outras coisas, contribuem para a carga térmica de resfriamento do espaço após um intervalo de tempo. Após as fontes de calor ser desligadas, alguma parte ainda presente de energia é transferida por radiação ao ambiente.

Há sempre um atraso significativo do tempo de interrupção, do tempo da ativação da fonte de calor ou do tempo em que a energia é novamente irradiada à energia que está sendo instantaneamente armazenada.

Este tempo deve ser considerado quando se calcula a carga de resfriamento, porque a carga sentida pelo espaço pode ser muito menor que o ganho de calor instantâneo gerado e a carga máxima para o espaço pode significativamente ser afetada.

- Ocupantes

A Tabela 2. 1, apresenta as taxas representativas de calor liberado por pessoas em diferentes tipos de atividade. Muitas vezes, estes ganhos de calor sensível e latente constituem uma grande parte da carga total. Mesmo para ocupação de curto prazo, o calor extra e a umidade trazida por pessoas podem ser significativas.

Tabela 2. 1 Taxas típicas de ganho de calor liberado por pessoas (ABNT, 2008).

Nível de atividade	Local	Calor total (W)		Calor Sensível (W)	Calor latente (W)	% Radiante do calor sensível	
		Homem adulto	Ajustado M/F ^a			Baixa velocidade do ar	Alta velocidade do ar
Sentado no teatro	Teatro matinê	115	95	65	30		
Sentado no teatro, noite	Teatro noite	115	105	70	35	60	27
Sentado, trabalho leve	Escritórios, hotéis, apartamentos	130	115	70	45		
Atividade moderada em trabalhos de escritório	Escritórios, hotéis, apartamentos	140	130	75	55		
Parado em pé, trabalho moderado; caminhando	Loja de varejo ou de departamentos	160	130	75	55	58	38
Caminhando, parado em pé	Farmácia, agência bancária	160	145	75	70		
Trabalho sedentário	Restaurante ^b	145	160	80	80		
Trabalho leve em bancada	Fábrica	235	220	80	140		
Dançando moderadamente	Salão de baile	265	250	90	160	49	35
Caminhando 4,8 km/h; trabalho leve em máquina operatriz	Fábrica	295	295	110	185		
Jogando boliche ^c	Boliche	440	425	170	255		
Trabalho pesado	Fábrica	440	425	170	255	54	19
Trabalho pesado em máquina operatriz; carregando carga	Fábrica	470	470	185	285		
Praticando esportes	Ginásio, academia	585	525	210	315		

NOTA 1 Valores baseados em temperatura de bulbo seco ambiente de 24 °C. Para uma temperatura de bulbo seco ambiente de 27 °C, o calor total permanece o mesmo, porém o calor sensível deve ser reduzido em aproximadamente 20 %, e o calor latente aumentado correspondentemente. Para uma temperatura de bulbo seco ambiente de 21 °C, também o calor total permanece o mesmo, porém o calor sensível deve ser aumentado em aproximadamente 20 %, e o calor latente reduzido correspondentemente.

NOTA 2 Valores arredondados em 5 W.

^a O valor do calor ajustado é baseado numa porcentagem normal de homens, mulheres e crianças para cada uma das aplicações listadas, postulando-se que o calor liberado por uma mulher adulta é aproximadamente 85 % daquele liberado por um homem adulto, e o calor liberado por uma criança é aproximadamente 75 % daquele liberado por um homem adulto.

^b O ganho de calor ajustado inclui 18 W para um prato de comida individual (9 W de calor sensível e 9 W latente).

^c Considerando uma pessoa por cancha realmente jogando boliche, e todas as demais sentadas (117 W), paradas em pé ou caminhando lentamente (231 W).

Fonte:

Adaptado de 2005 ASHRAE *Fundamentals Handbook*, Capítulo 30, "Nonresidential Cooling and Heating Load Calculations", Tabela 1.

- Iluminação

A iluminação, algumas das vezes, é o principal componente de carga de resfriamento do espaço. É válido lembrar que a taxa de carga de resfriamento devido à iluminação em determinado momento pode ser bastante diferente da energia de calor fornecida instantaneamente por aquelas luzes e, portanto, pode complicar o cálculo da carga desse componente.

- Ganho de calor instantâneo de iluminação

A taxa instantânea de ganho de calor de iluminação elétrica pode ser calculada a partir de:

$$q_{el} = WF_u F_{sa} \quad (2.1)$$

A potência nominal da lâmpada é obtida de todas as lâmpadas instaladas.

O uso do fator de utilização é a relação entre a potência em uso para condições a qual a estimativa da carga está sendo feita para a potência total instalada. Para aplicações comerciais, como lojas, o fator de utilização é geralmente a unidade.

O fator de rendimento especial de iluminação é usado para equipamentos e/ou acessórios fluorescentes que são ventilados ou instalados de modo a que apenas uma parte do seu calor passe para o espaço condicionado.

- Equipamentos

Em uma estimativa de carga de resfriamento, o ganho de calor a partir de todos os equipamentos elétricos, a gás ou a vapor devem ser considerados.

- Equipamentos de hospital

Em áreas hospitalares para intervenções cirúrgicas, os equipamentos podem ser as principais fontes de ganho de calor. Cuidados devem ser tomados na avaliação e duração do uso simultâneo de todos os equipamentos concentrados numa área, como em um laboratório ou em uma sala de cirurgia. Comumente, o ganho de calor desses equipamentos varia entre 50 e 220 [W/m²].

O ganho de calor para equipamento médico é muito específico e pode variar de aplicação para aplicação. Os dados são apresentados somente para fornecer orientação mais geral do ganho de calor para esses aparelhos, Tabela 2. 2.

Tabela 2. 2 Taxas típicas de ganho de calor para alguns equipamentos médicos (ABNT, 2008).

Equipamento	Nominal	Máximo	Média
Sistema de anestesia	250	177	166
Cobertor elétrico	500	504	221
Medidor de pressão	180	33	29
Aquecedor de sangue	360	204	114
ECG/RESP	1 440	54	50
Eletrocirurgia	1 000	147	109
Endoscópio	1 688	605	596
Bisturi	230	60	59
Bomba esteroscópica	180	35	34
Laser sônico	1 200	256	229
Microscópio óptico	330	65	63
Medidor de oxigênio de pulso	72	21	20
Medidor de stress	N/A	198	173
Sistema de ultra-som	1 800	1 063	1 050
Sucção a vácuo	621	337	302
Sistema de radiografia	968		82
	1 725	534	480
	2 070		18

2.1.4. Ganho de calor através de superfícies interiores

Sempre que o espaço condicionado for adjacente a um espaço com diferença de temperatura, deve-se considerar a transferência de calor através da seção física separadora. A taxa de transferência de calor é dada por:

$$q = UA(t_b - t_i) \quad (2.2)$$

As temperaturas reais dos espaços adjacentes devem ser mensuradas quando possível. Quando não são conhecidas, exceto que o espaço adjacente seja de construção convencional, não contém fontes de calor e não recebe nenhum ganho de calor significativo por si próprio, $T_b - T_i$ pode ser considerado como sendo a diferença entre o ar exterior e as temperaturas de projeto do bulbo-seco no espaço condicionado menos 3 [K]. Em alguns casos, a temperatura do ar no espaço adjacente pode ser maior ou corresponder à temperatura do ar exterior.

- Pisos

Para pisos em contato diretamente com o solo, a transferência de calor pode ser omitida para estimação de carga de resfriamento.

2.1.5. Ganho de calor por ventilação e infiltração

- Ventilação

O ar exterior deve ser introduzido para ventilar os espaços condicionados. O ar de ventilação é normalmente introduzido no equipamento de ar condicionado ao invés de ir diretamente para o espaço condicionado e, assim, se torna um componente da carga de resfriamento da serpentina ao invés de um componente de carga espacial. Reduzir o ganho de calor do ar exterior reutilizando o ar em combinação com ar exterior também é relevante.

- Infiltração

Para carga térmica de resfriamento, os cálculos de infiltração são geralmente limitados para portas e janelas. Quando economicamente viável, deve-se introduzir uma quantidade suficiente de ar exterior como ar de ventilação através do equipamento de ar condicionado para manter o escape sempre para fora e assim eliminar a porção de ganho de infiltração. A pressão mantida dentro do espaço deve superar a pressão do vento através de rachaduras e aberturas na porta. Quando a quantidade de ar exterior introduzido através do equipamento de refrigeração não é suficiente para manter a pressão requerida para eliminar a infiltração, a carga de infiltração inteira deve ser incluída nos cálculos de ganho de calor espacial.

- Ganho de calor de ventilação e infiltração

- Calor total

Ganho de calor total q_t correspondente à mudança de uma dada taxa de fluxo de ar padrão Q_s através de uma diferença de entalpia Δh é:

$$q_t = 1,2Q_s\Delta h \quad (2.3)$$

- Calor sensível

O ganho de calor sensível q_s correspondente à variação de temperatura de bulbo seco ΔT para um dado fluxo de ar (condições padrão) Q_s é:

$$q_s = 1,23 Q_s \Delta T \quad (2.4)$$

- Calor latente

O ganho de calor latente q_l correspondente à variação da umidade ΔU para um dado fluxo de ar (condições padrão):

$$q_l = 1,2(2500 Q_s \Delta U) = 3010 Q_s \Delta U \quad (2.5)$$

2.2. MÉTODO CLTD/SCL/CLF

O método CLTD como mencionado anteriormente trata-se de um método manual, fazendo uso do método TFM. O Método da Função de Transferência é o procedimento de cálculo que mais se aproxima do conceito do balanço de calor. Requer uma aplicação computacional em dois passos: o primeiro é estabelecer o ganho de calor de todas as fontes, e o segundo é determinar a conversão desse ganho de calor em carga térmica.

Para a carga de resfriamento do método da CLTD aproximar ao valor da carga do método TFM, são considerados os seguintes fatores: CLTD (Diferença da Temperatura para Carga de Resfriamento), CLF (Fator de Carga de Resfriamento) e SCL (Carga de Resfriamento Solar) que são valores tabelados para paredes, pisos e telhados de acordo com padrões construtivos norte-americanos.

Este método considera o ganho de calor por condução através da envoltória submetida à insolação direta como também através das superfícies translúcidas (GENTILINI et al, 2014).

O método assume que uma parcela do ganho térmico sensível é convectivo, fato que ocasiona para o ambiente um incremento de carga térmica instantânea, e o restante é radiativo. A parcela do ganho térmico sensível absorvido por radiação fica armazenada por um determinado tempo na estrutura, tornando-se carga térmica a partir do processo de transferência por convecção que ocorre após um atraso de tempo que varia de acordo com os materiais construtivos da edificação ou objetos da zona térmica (GENTILINI et al, 2014).

As mudanças no cálculo de ganho de calor para as cargas externas e internas a partir do método da CLTD são apresentadas a seguir.

2.2.1. Cargas externas

- Lajes, paredes e condução através de vidros

$$q = UA(CLTD) \quad (2.6)$$

- Ganho de calor solar através de vidros

$$q = A(SC)(SCL) \quad (2.7)$$

- Carga de resfriamento de divisões internas, tetos e pisos

Calculado utilizado à equação (2.2).

2.2.2. Cargas internas

- Ocupantes

- Ganho de calor sensível

$$q_s = N \cdot q_{s,ocup} CLF_{ocup} \quad (2.8)$$

- Ganho de calor latente

$$q_l = N \cdot q_{l,ocup} \quad (2.9)$$

- Iluminação

$$q_{el} = W F_u F_R CLF_{el} \quad (2.10)$$

- Equipamentos

- Ganho de calor sensível

$$q = q_{eq} F_u F_R CLF_{eq} \quad (2.11)$$

- Ar de ventilação e infiltração

Os ganhos de calor do ar de ventilação e infiltração são calculados com as equações (2.4) e (2.5).

2.3. ISOLAMENTO TÉRMICO

A transferência de calor ocorre de três formas: condução, convecção e radiação térmica. A condução de calor é regida pela lei de Fourier (MOREIRA, 2012):

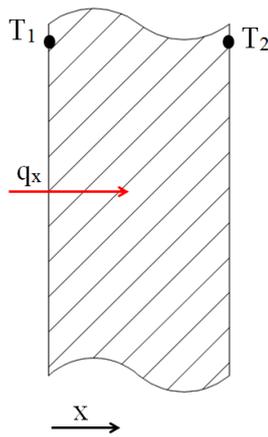


Figura 2. 2 Transferência de calor em um sólido.

$$q_x = kA \frac{dT}{dx} \quad (2.12)$$

A partir da Equação 2.12 é possível verificar que quanto menor a condutividade térmica (k), menor será a taxa de transferência de calor. Basicamente, o isolamento térmico consiste em dificultar a dissipação de calor de um corpo, através da aplicação de materiais com baixo k .

A condutividade térmica é uma característica importante para os isolantes térmicos e mede a quantidade de calor que passa através de um material de superfície e espessura unitária, em uma unidade de tempo, quando há diferença de temperatura entre dois corpos (DICKERT). Por conseguinte, quanto menor o k menor será a troca de calor e, portanto, menor será a espessura necessária para uma mesma capacidade de isolante.

Existem dois grupos básicos de isolantes do ponto de vista da redução de transferência (NUNES, 1972):

- Isolante tipo não condutor, que impede a transferência de calor por condução;
- Isolante tipo refletivo, que reduz a radiação de calor.

Nos próximos tópicos serão estudados esses dois tipos de isolantes térmicos.

2.3.1. Estruturas dos isolantes

Existem basicamente cinco tipos de isolantes térmicos, sendo o quinto o tipo misto de alguns dos outros quatro. A maioria dos especialistas consideram apenas os seguintes materiais (NUNES, 1972):

- Material refletivo;
- Material fibroso;
- Material granular;
- Material celular

- Isolantes refletivos

Materiais (comumente folhas metálicas) com grande poder refletor de ondas de calor, com baixa absorção e emissividade dessas mesmas frequências.

Os materiais mais comuns para uso como isolantes refletores são o alumínio e os aços inoxidáveis, pela sua reflexão das ondas infravermelhas e visíveis, inalterável ao longo de sua vida útil. Atualmente é bastante utilizado em tubulações e nos telhados de habitações (NUNES, 1972).

- Isolantes fibrosos

As fibras (com diâmetros entre 1 e 15 micra) retêm ar, resistindo à transferência de calor por condução. A compactação dessas fibras deve ser tal que não favoreça nem a condução nem a convecção natural. Em outras palavras, uma compactação excessiva aumenta demasiadamente o contato entre as fibras, facilitando a condução de calor; por outro lado, uma compactação insuficiente aumenta os espaços com ar, podendo facilitar a convecção natural (NUNES, 1972).

- Isolantes granulares

Comumente constituídos de grânulos, os quais, isolados ou aglomerados, prendem ar, dificultando sua movimentação e, com isso, fazendo com que a transferência de calor seja mínima (NUNES, 1972). Um dos materiais mais comuns é o aglomerado de cortiça.

- Isolantes celulares

Materiais altamente porosos, porém impermeáveis, isto é, apesar de serem constituídos de microcélulas, estas não são interconectadas. Dessa maneira, a convecção é mínima e a condução restringe-se às paredes das microcélulas. As espumas sólidas modernas são exemplos típicos. Nesses isolantes é facilmente utilizável o enchimento de poros com os mais diversos gases, aumentando a eficiência de isolamento térmico. Os materiais usuais são as espumas de borracha, de vidro, espumas plásticas, poliuretano e aerogel de sílica (NUNES, 1972).

2.3.2. Propriedades

São considerados materiais isolantes térmicos aqueles que apresentam valores de k menores que $0,065 \text{ [W/(m.K)]}$. Materiais com k entre $0,065$ e $0,09 \text{ [W/(m.K)]}$ são considerados semi - isolantes e os que possuem k acima de $0,09 \text{ [W/(m.K)]}$ não são considerados isolantes térmicos (DICKERT). A partir desta definição, são expostos alguns dos isolantes térmicos mais comuns utilizados comercialmente no Anexo III do presente trabalho.

2.4. AR CONDICIONADO

O condicionamento de ar é o processo de climatização do ar no interior de ambientes de uso público, privativo e para manter um determinado processo ou aparelho em condições adequadas para

seu correto funcionamento. As funções principais dos equipamentos condicionadores de ar são: controle da temperatura, filtragem, umidade, purificação do ar e dependendo do ar-condicionado até mesmo da pressão do ar. Estes aparelhos são indicados para dois tipos de aplicações: industriais e de conforto térmico (BRUM).

2.4.1. Princípios de funcionamento

Os equipamentos de condicionamento de ar possuem quatro componentes básicos: compressor, evaporador, condensador e motor ventilador.

O ar-condicionado em operação de refrigeração funciona da seguinte forma: o compressor descarrega o fluido refrigerante a alta pressão e temperatura no condensador. Neste componente o fluido perde calor e é transportado para o dispositivo de expansão (tubo capilar) que por sua vez, minimiza sua pressão e diminui ainda mais a sua temperatura. Posteriormente no evaporador, o fluido troca calor com o ambiente interno refrigerando-o e recebe calor que será rejeitado no condensador para o ambiente externo (ADIAS).

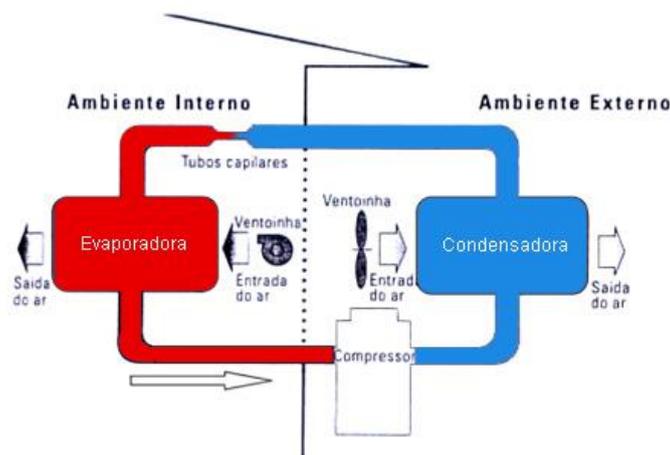


Figura 2. 3 Ciclo de compressão a vapor (ADIAS).

2.4.2. Tipos de compressores

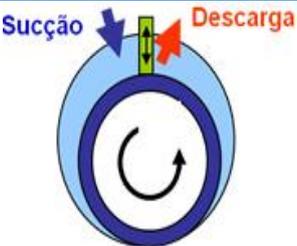
O compressor é o coração do sistema de compressão a vapor, pois cria o fluxo de refrigerante ao longo dos componentes do sistema. Os tipos mais usados em sistemas de condicionamento de ar são: alternativo, rotativo e scroll que basicamente muda a forma como o fluido refrigerante será comprimido (PORTAL DA REFRIGERAÇÃO).

O compressor alternativo consiste de um êmbolo (pistão) que acoplado a uma biela e a um eixo excêntrico move-se alternadamente no interior de um cilindro com as válvulas de aspiração e descarga dispostas convenientemente para permitir a compressão. Suas principais características são: confiabilidade, grande disponibilidade no mercado e abrangência de uma grande quantidade de aplicações (FIC FRIO).

O compressor rotativo tem um rotor excêntrico que gira dentro de um cilindro e comprime o ar nas espirais internas do equipamento. A sua fabricação requer um processo produtivo extremamente automatizado e materiais especiais para garantir que os componentes estejam com alto grau de polimento e as suas tolerâncias dimensionais controladas. Suas principais características são: baixo nível de ruído, compacto, maior eficiência e quando comparado com o compressor do tipo alternativo apresenta uma redução no consumo de energia de até 40%, por possuir maior eficiência volumétrica (FIC FRIO).

O compressor scroll possui duas seções em forma de espiral separadas. Uma permanece fixa enquanto a outra orbita em círculo, proporcionando a compressão do fluido refrigerante. Suas principais vantagens são: alta eficiência energética, baixo nível sonoro, pouca vibração e fricção e desgaste minimizados (PORTAL DA REFRIGERAÇÃO).

Tabela 2. 3 Comparação dos tipos de compressores mais utilizados em condicionadores de ar (ARCONDICIONADO.COM.BR).

Tipo	Alternativo	Rotativo	Scroll
Vista			
Mecanismo			
Faixa de tamanho	Tonelagem fracionada até 150 TRs	5 toneladas	5 a 10 toneladas
Aplicação usual	Refrigeração e ar condicionado, ciclo reverso, e transportes	Refrigeradores e outras aplicações, condicionadores de ar de sala, e pequenos sistemas centrais	Pequenos sistemas centrais para refrigeração, condicionamento de ar, e ciclo reverso

2.4.3. Tipos de ar-condicionado

- Ar condicionado Split

O sistema Split divide o condensador (unidade externa) e o evaporador (unidade interna) com a finalidade de diminuir o nível de ruído do equipamento dentro do ambiente. Sendo assim, o componente que produz mais ruído (compressor), fica localizado na unidade externa ao ambiente.

- Ar condicionado Split inverter

A tecnologia inverter é capaz de alterar a velocidade do compressor a fim de regular o fluxo de energia do sistema. Sendo assim é possível reduzir o consumo de energia quando o ambiente demanda menos refrigeração sem necessariamente desligar o compressor. Uma unidade sem o inverter pode ser comparada ao ligar e o desligar de uma lâmpada. Ligar uma unidade deste tipo significa que funcionará no máximo do seu poder, consumindo mais energia. Outro fato que permite maior economia para os condicionadores de ar com inverter é que uma vez que a temperatura no ambiente é estabilizada, o compressor trabalha em baixa rotação fazendo com que funcionamento do aparelho seja silencioso (ARCONDICIONADO.COM.BR).

Tabela 2. 4 Comparação entre o Split inverter e o convencional (ARCONDICIONADO.COM.BR).

	Inverter	Convencional
Controle de temperatura	Atinge rapidamente temperatura desejada Temperatura desejada é mantida com pouca oscilação	Necessário algum tempo para atingir temperatura desejada Temperatura ambiente oscila (+/-2°C) da desejada
Economia de energia	Até 60%	Consumo elétrico elevado
Gás refrigerante	R410a Ecológico	R-22 (HCFC)
Operação	Compressor varia a rotação em função da temperatura desejada Aumento gradativo na rotação evitando picos de energia Função de secagem na serpentina evitando formação de mofo e odor	Compressor liga e desliga para manter a temperatura ambiente próxima a temperatura desejada
Nível de ruído	Menor que o convencional Com a temperatura estabilizada, o compressor opera em baixa rotação, reduzindo mais ainda o ruído da condensadora	Baixo nível de ruído Compressor liga ou desliga

- Ar condicionado janela

São equipamentos compactos em que seu evaporador e condensador ficam juntos no mesmo gabinete e, portanto, deve ser instalado na parede ou na janela. Produzem mais ruídos que a linha Split e é restrito em certos tipos de aplicações como em edifícios e residências, pois altera a fachada.



Figura 2. 4 Ar-condicionado janela (CLIMARIO).

- Ar-condicionado *roof top*

O ar-condicionado tipo *roof top* é recomendado quando se faz necessário atender a grandes quantidades de toneladas de refrigeração (entre 5 a 35 TR) em locais amplos e com poucas divisórias, como: galpões, salão de festas e tendas de eventos. Este condicionador de ar, geralmente, é feito de aço galvanizado, o que proporciona a sua robustez e permite a sua instalação a céu aberto. São utilizados com uma rede de dutos e difusores para transportar o ar gelado para os ambientes (FORATO, 2012).



Figura 2. 5 Ar-condicionado *roof top* (FORATO, 2012).

- Ar-condicionado *self contained*

Assim como o ar-condicionado de janela, a unidade de climatização *self contained* possui todos os componentes em apenas um gabinete, a diferença é que este é indicado para grandes ambientes comerciais de grande e médio porte, como bancos e escritórios que demandam entre 3 a 60 TR. Este tipo de ar-condicionado é apresentado de duas formas: insuflação de ar direto no qual o equipamento fica localizado dentro do ambiente e dutado quando fica localizado na sala de máquinas e transporta o ar pela uma rede de dutos (FORATO, 2012).



Figura 2. 6 Ar-condicionado *self contained* (FORATO, 2012).

- Ar-condicionado serpentina-ventilador (*fan coil*)

O condicionador de ar *fan coil* não utiliza fluidos refrigerantes diretamente em seu sistema. Estes aparelhos resfriam o ar a partir da água gelada que é resfriada por um chiller (unidade externa) que pode ser transportado para a unidade interna do ar-condicionado, como splits e rede de dutos onde o ar será insuflado nos ambientes através de difusores. Sua aplicação é voltada para ambientes que demandam altas potências de refrigeração, como em centro de eventos, shoppings, cinemas, teatros e edifícios (FORATO, 2012).



Figura 2. 7 Ar-condicionado *fan coil*. (FORATO, 2012).

2.4.4. Filtros

O ar externo antes de ser insuflado nos ambientes deve ser filtrado para remover poluentes nos equipamentos e dutos. Dependendo do nível da qualidade de ar solicitado por cada tipo de ambiente que se pretende climatizar, são selecionados os tipos de filtros adequados para a unidade interna do equipamento de ar-condicionado. A filtragem do ar também pode ocorrer nos ambientes externos como em unidades de tratamento de ar (UTA) em que o ar é pré-filtrado antes de ser transportado até a unidade interna do ar-condicionado.

A norma NBR 16401-3 (ABNT, 2008) classifica a eficiência do filtro de ar dependendo do tamanho da partícula retida. Há uma diferença entre a classificação das partículas grossas e finas, pois a eficiência de filtros finos é obtida a partir da retenção de partículas de 0,4µm produzidas por aerossol líquido, enquanto que para os filtros grossos a eficiência é obtida por ensaio gravimétrico (ASHRAE, 2007).

Tabela 2. 5 Classificação de filtros (ABNT, 2008).

Tipos de filtros	Classe	Eficiência gravimétrica média	Eficiência média para partículas de 0,4 µm
Grossos	G1	$50 \leq Eg < 65$	---
	G2	$65 \leq Eg < 80$	---
	G3	$80 \leq Eg < 90$	---
	G4	$90 \leq Eg$	---
Finos	F5	---	$40 \leq Eg < 60$
	F6	---	$60 \leq Eg < 80$
	F7	---	$80 \leq Eg < 90$
	F8	---	$90 \leq Eg < 95$
	F9	---	$95 \leq Eg$

Os tipos de filtros mais comuns encontrados em aparelhos condicionadores de ar são:

- Filtro de carvão

É utilizado para filtrar odores contaminantes como, por exemplo, o de cigarro e gordura. Este filtro não pode ser lavado, o que o torna descartável após o tempo recomendado de uso pelo fabricante.

- Filtro malha de fio metálico

É feito de aço ou alumínio e geralmente é utilizado nos condicionadores de ar do tipo janela. O filtro pode ser lavado normalmente.

- Filtro HEPA

É utilizado para filtrar micro partículas como ácaros, vírus e bactérias. Dentre todos os tipos de filtros é o mais eficiente retendo partículas entre 0,5 e 0,2 μm . Geralmente é utilizado em hospitais, aviões e trens (MULTIAR).

- Filtro fio de nylon

É utilizado em praticamente todos os modelos de ar-condicionado e serve como complemento quando o equipamento utiliza sistemas de filtragem mais eficientes. Este filtro é lavável e possui larga vida útil.

2.5. SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO DE CENTROS CIRÚRGICOS

Processo de climatização é um conjunto de atividades encadeadas que se inicia com a tomada de ar exterior, filtração do ar, pressurização, controle dos níveis de temperatura, umidade, ruído, velocidade de ar e as suas renovações. Segundo a norma UNE 100713:2005 – Instalações de ar em hospitais, o sistema de condicionamento de ar para um CC deve ser da seguinte forma (MINISTERIO DE SALUD):

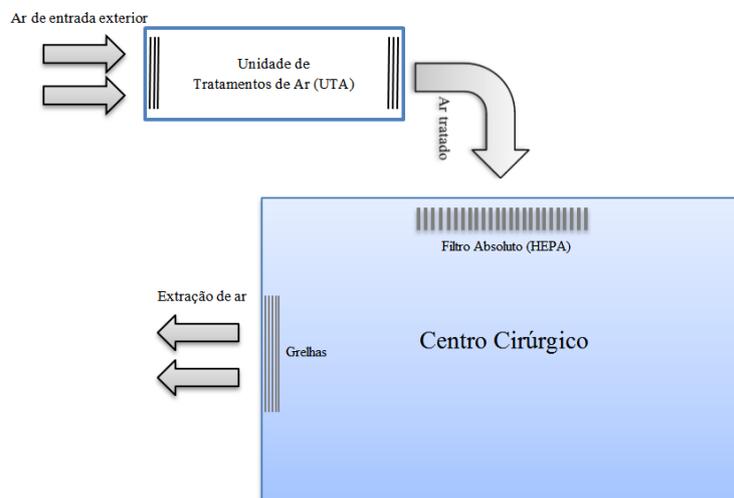


Figura 2.8 Sistema de condicionamento de ar para centros cirúrgicos.

A Figura 2.8 mostra o início do tratamento do ar de entrada exterior a partir do pré-filtro contido na Unidade de Tratamento de Ar (UTA) que, posteriormente, é insuflado no centro cirúrgico, passando por filtros de alta eficiência para garantir que o ar de entrada esteja abaixo do limite permitido de toxicidade. Em seguida ocorre a saída do ar a partir de grelhas posicionadas ao redor do centro cirúrgico.

A seguir são apresentados os dados referentes à filtração, temperatura, umidade, ruído, renovação de ar e pressurização dos Centros Cirúrgicos classificados pela ISO 14644 como classe B da norma UNE 100713:2005 (PARDELL, 2015).

2.5.1. Filtração

O fornecimento de ar deve ser isento de partículas dispersas, potencialmente contaminantes (POSSARI, 2013). Sendo assim, o ar exterior para centros cirúrgicos deve passar por três etapas: pré-filtração, filtração de alta eficiência e filtração absoluta.

- Pré-filtração

Esta filtração retém as partículas de maior diâmetro.

- Filtração de alta eficácia (HEPA – *High Efficiency Particulate Air*)

Esta filtração possui eficiência de 90% a 95% para partículas de 0,5 a 5 micras de diâmetro.

- Filtração absoluta:

Esta filtração possui eficiência de 99,97 a 99,99% (segundo o tipo de filtro) para partículas de 0,3 micras.

Tabela 2. 6 Tipos de filtros HEPA.

	Eficiência	Dimensões das partículas	Norma EU
HEPA	99,97%	0,3μ	EU/12
HEPA	99,99%	0,3μ	EU/13

Os níveis de filtração que um centro cirúrgico deve possuir, no mínimo, são:

- Préfiltro: EU/4

- Filtro de saída do climatizador: EU9

- Filtro final na entrada do centro cirúrgico: EU/13

2.5.2. Pressurização

A pressão no CC deve ser discretamente maior que nas demais salas comuns para diminuir a probabilidade de contaminação aérea da sala de operação. O valor mínimo da pressão proposto entre o centro cirúrgico e os demais compartimentos do bloco cirúrgico é de +10 [Pa].

Para assegurar a pressão positiva no interior do centro cirúrgico com respeito às áreas adjacentes e garantir o número mínimo de renovações ar/hora, se recomenda a instalação de pressostatos diferenciais a ambos os lados dos filtros de alta eficácia e dos filtros absolutos.

2.5.3. Temperatura, umidade e nível de ruído

- O sistema de ventilação deve manter a temperatura mínima de 22 e máxima de 26 [°C].
- A umidade relativa do ar deve ser mantida entre 45 e 55 [%]. A umidade superior produz condensações, enquanto a inferior favorece a propagação de faíscas elétricas.
- O nível de ruído gerado pelo sistema de condicionamento, insuflação, exaustão e difusão do ar não devem superar 40 [dBA].

2.5.4. Difusão de ar

Para os centros cirúrgicos classificados como classe B recomenda-se que o sistema de difusão de ar seja de fluxo turbulento.

2.5.5. Renovação e velocidade do ar

- Recomenda-se que o número de renovação de ar/hora, seja 25/h.
- Segundo a mesma norma, a velocidade do ar na zona de ocupação deve estar entre 0,20 a 0,30 [m/s].

3. BLOCO CIRÚRGICO MODULAR

Neste capítulo é apresentado o bloco cirúrgico modular projetado. São abordados assuntos como: transporte, sistema de climatização, aspectos construtivos, estudo de usuário e a comparação entre um centro cirúrgico convencional e o centro cirúrgico modular.

3.1. APRESENTAÇÃO DO PROJETO BLOCO CIRÚRGICO MODULAR

O bloco cirúrgico modular em estudo foi projetado por uma equipe da UPC em Barcelona – ES durante um quadrimestre. Essa equipe era formada por três professores orientadores, sendo dois profissionais da área de Design Industrial e um da Engenharia Elétrica e cinco estudantes, sendo três de Design Industrial, um da Engenharia Elétrica e um da Engenharia Mecânica.

O projeto foi desenvolvido a partir da metodologia Ágil, uma metodologia nova para todos os integrantes do grupo. Esta foi de suma importância para a organização do trabalho e conhecimento pessoal da equipe proporcionando facilidade de comunicação, conclusão das diversas tarefas de forma eficiente e avaliação constante dos membros do grupo. Por ter sido desenvolvido desta forma, cada aluno tinha uma função, a minha foi fazer todas as tarefas relacionadas à parte mecânica e de transporte do bloco cirúrgico.

O objetivo do projeto foi de realizar a construção de um bloco cirúrgico em um ou mais containers de carga marítima comercial, no qual seria instalado em zonas com qualidade de saúde precária e teriam que suportar as condições ao seu redor. O bloco contempla todos os aspectos necessários para seu correto funcionamento, desde os equipamentos até as instalações (mecânica, elétrica, climatização) de modo que fosse criado um produto inovador e que tivesse um valor social de qualidade.

A seguir serão apresentados os aspectos mais importantes e as considerações realizadas para a construção do bloco cirúrgico modular.

3.2. APLICAÇÃO DO BLOCO CIRÚRGICO

O bloco pode ser transportado a qualquer região, especialmente as que não possuem baixa infraestrutura, e a todos aqueles que sofrem desastres naturais, que não possam ter um hospital eficiente e que não tem uma atenção médica adequada. Também pode ser utilizado em áreas de difícil acesso, áreas rurais, desertos, plataformas petrolíferas e acampamentos do exército. O bloco cirúrgico foi projetado tendo base nesses dois tipos de clima.

3.2.1. Clima tropical

O clima tropical se estende ao norte e ao sul da zona de clima equatorial pela América Central e América do Sul (incluindo grande parte do território brasileiro), o sul e o sudeste da Ásia e o Norte e o leste da Austrália e as zonas próximas a Oceania, assim como o centro e o Sul da África (PONS, 2012).

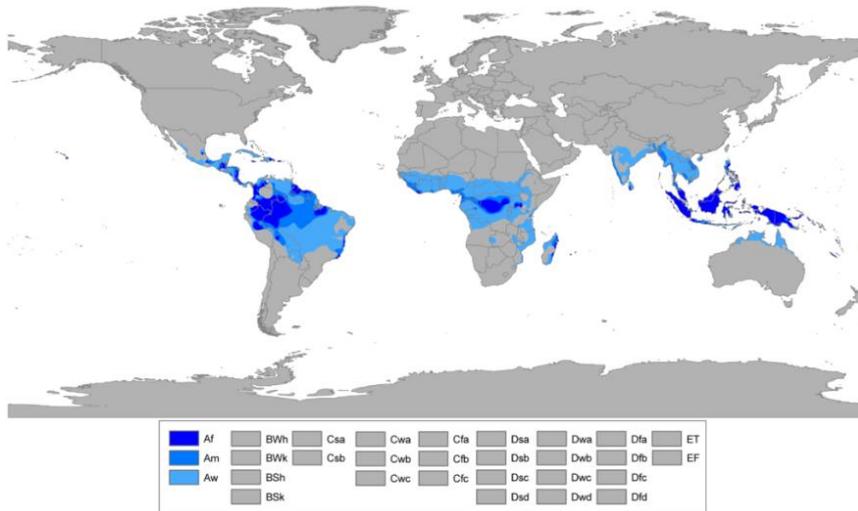


Figura 3.1 Mapa mundo clima tropical (Koppen World Map, 2011).

Nas zonas tropicais, as temperaturas são altas durante todo o ano, em média 20 [°C], como numa zona equatorial, sem variações estacionais significativas. Entretanto, as precipitações marcam duas estações bem diferenciadas, a estação úmida no verão, muito chuvosa, e a estação seca no inverno, com uma diminuição importante ou ausência total de chuvas.

3.2.2. Clima desértico

Os desertos de zona quente situam-se ao redor dos trópicos onde estão os cinturões de altas pressões tropicais, juntamente com as correntes marinhas frias e zonas continentais afastadas da influência do mar.

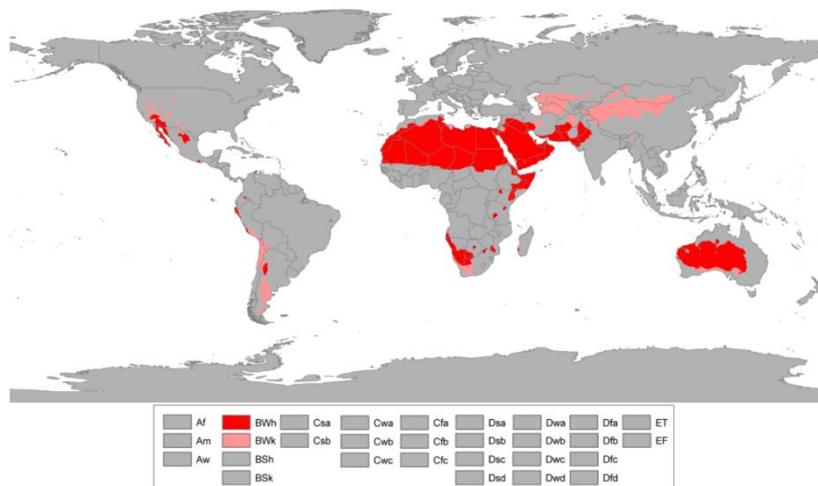


Figura 3.2 Mapa mundo clima desértico (Koppen World Map, 2011).

Nos desertos quentes, as temperaturas são muito altas durante todo o ano e possuem grandes oscilações térmicas entre o dia (muito caloroso, frequentemente superior a 50 [° C]) e a noite (muito fria, com temperaturas que chegam abaixo de 0 [°C]) (PONS, 2012).

As chuvas são escassas (inferiores a 250 – 200 [mm]) e em alguns lugares quase zero ou irregulares, já que se concentram em poucos meses do ano, e a água se filtra e evapora rapidamente, pois a sequidão do ar é extrema. Contudo, a umidade máxima do ar costuma estar entre 50 e 20 [%] e como o ar é seco em uma grande capacidade de evaporação, resseca a terra e absorve muito rapidamente a água da chuva. Devido a estas condições a vegetação é muito escassa ou nula, consistindo em desertos e em alguns semidesertos (PONS, 2012).

3.2.3 Desastre natural

Têm sido numerosos os desastres naturais ocorridos em países subdesenvolvidos ao longo dos últimos anos devido à atividade humana, o movimento das placas tectônicas, e outros fenômenos naturais como terremotos, tsunamis, inundações, etc. A seguir será apresentado um desastre climatológico recente onde se poderia ser levado o bloco cirúrgico para ajudar as vítimas, e assim aproximar a uma solução hospitalar digna a todos aqueles que necessitam de auxílio imediato.

No dia 25 de abril de 2015, se registrou um terremoto de magnitude 7,8 na escala Richter que sacudiu Nepal, o número de mortos foi superior a 8 mil, sendo que o total de feridos foi superior a 17,5 mil, segundo os dados oficiais divulgados pelo governo nepalês (EL MUNDO, 2015).



Figura 3.3 Localização do Nepal no mapa (G1, 2015).

Trata-se do pior abalo sísmico que atingiu a região do Himalaia nos últimos 81 anos. O terremoto derrubou numerosos edifícios, entre eles uma torre do século XIX na capital do Nepal - Kathmandu, e provocou uma avalanche mortal no Monte Everest, onde faleceram 10 montanheiros (EL MUNDO, 2015).



Figura 3.4 Casa derrubada por causa do terremoto (G1, 2015).

O governo declarou estado de emergência nas zonas afetadas e fez um chamado a comunidades internacionais para que enviassem ajuda humanitária, a que respondeu os Estados Unidos liberando um milhão de dólares. Também China e Israel enviaram equipes de resgate e o secretário geral da ONU, Ban Ki-moon, organizou uma grande ajuda para auxiliar o país (EL MUNDO, 2015).



Figura 3.5 Atendimento das vítimas da catástrofe (BBC, 2015).

A Figura 3.5 mostra como foi realizado o atendimento para algumas vítimas. O abalo ocorrido no Nepal seria um exemplo no qual se poderia utilizar o bloco cirúrgico modular para oferecer a população atingida um atendimento digno e de qualidade.

3.3. CENTRO CÍRURGICO

Antes de começar a realizar o desenvolvimento do bloco cirúrgico modular foram estudados os tipos de centros cirúrgicos que existem atualmente para escolher aquele que mais se adequasse à aplicação em questão, à normativa que rege as instalações, dimensões dos centros cirúrgicos e as áreas e espaços que formam a zona cirúrgica.

3.3.1. Tipos de centros cirúrgicos

Segundo as características do equipamento ambiental que dispõem os centros cirúrgicos, classificam-se em três categorias distintas; A B e C segundo a norma UNE 100713:2005 (PARDELL, 2015).

Para realizar tal classificação, é necessário levar em conta a complexidade técnica e instrumental das intervenções, a suscetibilidade dos pacientes atendidos e a duração da intervenção, assim como aspectos fundamentais que configuram o risco de infecção.

Dependendo da classe de centro cirúrgico, este estará destinado a uma série de intervenções ou outras. A seguir estão listadas as intervenções que podem ser realizadas em cada centro cirúrgico.

Classe A: centro cirúrgico de alta tecnologia (ISO 6)

- Transplantes de coração, pulmão e fígado;
- Cirurgia cardíaca extracorpórea e de artéria;
- Cirurgia ortopédica de próteses.

Classe B: centro cirúrgico convencionais, de urgência e de cirurgia maior ambulatoria (ISO 7)

- Operações das especialidades gástrica e geral.

Classe C: centro cirúrgico de cirurgia menos ambulatoria e salas de partos (ISO 8)

- Intervenções ambulatorias;
- Partos;
- Endoscopias.

Por outro lado, vemos que as operações que se realizam nos centros cirúrgicos podem ser classificadas em dois grupos, segundo a complexidade e risco cirúrgico.

- Cirurgia maior: se refere a operações complexas e de longa duração que geralmente intervêm as zonas maiores do organismo levando maior risco.
- Cirurgia menor: são intervenções mais curtas e simples sobre zonas menores do corpo, levando menor risco.

Dentre as três categorias existentes atualmente, o projeto foi centrado no desenvolvimento de um centro cirúrgico da classe B, pois as intervenções que se pretendia realizar eram de cirurgia menor. Caso fosse necessária uma intervenção de cirurgia maior, o paciente seria mantido em um estado estável até poder ser transportado ao hospital mais próximo.

3.3.2. Composição física do Centro Cirúrgico

Os principais elementos do Centro Cirúrgico são (POSSARI, 2013):

- Vestiários

São localizados na entrada do CC, onde os médicos e pessoas autorizadas devem trocar suas roupas comuns por uniformes apropriados. No vestiário deve conter sanitários, chuveiros e armários.

- Conforto

A área de conforto deve possuir mesas e cadeiras, possibilitando que os profissionais possam fazer suas refeições quando necessitarem.

- Sala dos cirurgiões

Área destinada a relatórios médicos.

- Sala de enfermagem

Sala reservada ao controle administrativo do CC.

- Sala de recepção de pacientes

Área designada para receber os pacientes. Esta sala deve ser bem tranquila, a fim de diminuir o estresse do período pré-operatório.

- Sala de material de limpeza

Local utilizado para guardar materiais de limpeza.

- Sala para guarda de equipamentos

Lugar específico para guardar equipamentos que estiverem em condições para utilização imediata, como bisturis e monitores cardíacos.

- Sala para armazenamento de material esterilizado

Área reservada para armazenamento dos instrumentos estéreis, para uso durante as intervenções cirúrgicas.

- Sala de operação

Local onde são realizados os procedimentos cirúrgicos.

- Sala para depósito de gases medicinais

Área utilizada para armazenar gases medicinais como oxigênio, ar comprimido e nitrogênio.

- Sala de expurgo

Sala reservada para desprezar as secreções oriundas das salas de operação.

3.3.3. Equipamentos da sala de operação

Os equipamentos e acessórios móveis são aqueles que podem ser deslocados ou acrescentados à sala de operação de acordo com a necessidade no ato operatório, dentre os quais se destacam (POSSARI, 2013).

- Aparelho de anestesia;
- Aspirador portátil elétrico;
- Banco giratório;

- Balde para lixo;
- Balança para pesar compressas;
- Bisturi eletrônico;
- Carro abastecedor (campos e aventais, manoplas, entre outros)
- Carro com medicamentos;
- Coxins;
- Escada com dois degraus;
- Foco auxiliar;
- Maca
- Mesa de operação;
- Mesa de Mayo
- Mesa auxiliar para acodionar pacote de aventais
- Mesa para instrumental cirúrgico (simples e com traves ou suportes)
- Suporte de braço;
- Suporte de soro.

Os equipamentos fixos são aqueles adaptados à estrutura da sala de operação, dentre os quais se destacam:

- Foco central;
- Negatoscópio;
- Torre retrátil ou painel de gases medicinais.

3.4. CONTAINER

A finalidade de utilizar container marítimo como estrutura do bloco cirúrgico é que este possui dimensões padronizadas, favorecendo o seu transporte e é modular, o que facilita a disposição nas áreas destinadas e a sua montagem. Além disso, é feito de aço corten (anticorrosivo), é hermético, possui vida útil aproximada de 20 anos e baixo investimento (custam em média 6500 reais) em comparação as estruturas de hospitais convencionais construídos de alvenaria.

3.4.1. Dimensões do container

O container da série ICC com as seguintes dimensões 6058 x 2438 x 2591 [mm] da Tabela 3. 1 foi escolhido por ter maior facilidade de transporte que os containers maiores (12000 [mm] de comprimento) e por ser bastante acessível no mercado.

Tabela 3. 1 Dimensões externas, tolerâncias permitidas e classificação de containers de carga (ISO 668 – com adaptações).

Designação de Containers de Carga	Comprimento, L			Largura, W			Altura, H			Massa bruta, R	
	[mm]	[ft]	[in]	[mm]	[ft]	[in]	mm	[ft]	[in]	[kg]	[lb]
1CC	6 058	19	10	2 438	8		2 591	8	6	24 000	52 900
1C							2 438	8			
1CX							<2 438	<8			

3.4.2. Tipo de container

O tipo de container escolhido, *dry van*, é muito utilizado comercialmente e é caracterizado por ser fechado hermeticamente e não possuir refrigeração ou ventilação. É válido lembrar que o container do tipo *reefer* que possui sistema de refrigeração foi descartado por ser projetado para manter a carga em temperaturas fixas, habitualmente entre -25 [°C] e +25 [°C] e também por necessitar de caminhões específicos para o seu transporte, o que dificultaria a sua acessibilidade (TIBA).



Figura 3.6 Container *dry van* de 6 metros de comprimento (CW ESTRUTURAS METÁLICAS).

O material desse container é aço corten que ao oxidar-se cria uma fina película na sua superfície que o protege contra a corrosão.

3.5. TRANSPORTE

Os containers devem chegar a seu destino com o modo de transporte mais adequado e que garante a chegada de forma mais rápida e segura possível. Estes podem ser transportados por via terrestre, marítima ou aérea. Em caso que não se possa acessar de nenhum destes três modos, se descartará o transporte do bloco cirúrgico a este destino.

3.5.1. Marítimo

Os containers usados para o bloco cirúrgico são padronizados (6058 [mm]). Isso significa que são adequados para serem transportados em tráfico portuário de qualquer país que disponha deste.

Vários países realizam o tráfego de containers ou tem um porto que possa carrega-los ou descarrega-los. No caso de algum país que não possua um porto próprio, os containers são transportados ao porto mais próximo ao destino, e, em seguida é utilizado outro modo de transporte terrestre até a região que dele necessite.

3.5.2. Terrestre

Uma vez que o container é transportado por via marítima, quando chega ao porto, deve chegar a seu destino, preferivelmente, por via terrestre, já que é o método mais acessível em qualquer lugar do país. Neste caso, existem duas possibilidades de transporta-lo, seja por caminhão ou por trem e é decidido segundo a disponibilidade e acesso dos dois.

- Rodovia: o transporte se efetuará mediante um caminhão de transporte de mercadorias, os quais admitem o transporte de containers de 6058 [mm].
- Ferroviário: o transporte se efetuará mediante trens de transporte de containers ou cargas móveis. Será usado este meio de transporte em caso em que o país ou região disponha de terminais especializados que funcionem como centros de transbordo, garantindo a integração rodovia-trem e permitindo o funcionamento de uma rede integrada a escala nacional ou internacional sobre as que circulam os trens-navios de containers.

3.5.3. Aéreo

Este meio de transporte é menos usado para transportar os containers a seu destino. Entretanto, quando se fizer necessário, em áreas de difícil acesso se transportaria utilizando um helicóptero grúa a essa zona remota. Estes são capazes de decolar com carga útil de mais de 3000 kg conectados por grandes cabos. Em caso da zona que necessite do container não possua uma área apta para aterrisagem do helicóptero seria descartado esta possibilidade de transporte.

O transporte aéreo utilizando aviões foi descartado, pois o tipo de container que os aviões podem transportar não são os marítimos, senão um tipo especial que somente são transportados por aviões.

Os produtos transportados por via aérea são geralmente de alto valor, tendo em vista que os custos dessas viagens são mais elevados em comparação aos demais meios de transportes, entretanto, a duração do trajeto é da ordem de horas e não de dias.

3.6. ESTUDO DE USUÁRIO

Para poder escolher a distribuição das áreas cirúrgicas e quantos containers seriam utilizados foram realizadas entrevistas com os cirurgiões Dr. Jaume Enric Ollé e o Dr. Collado. Estes doutores atuaram em centros cirúrgicos de campanha em países da África. Estes CC geralmente são montados em uma tenda, são compactos e fáceis de transportar.

O fato de realizar essas entrevistas permitiu que a equipe visualizasse como são as intervenções cirúrgicas em países subdesenvolvidos, sem poder utilizar instalações de qualidade. Também foi possível ter uma ideia de como esses profissionais são expostos às condições ambientais adversas e como operam com apenas a utilização dos instrumentos disponíveis nos hospitais de campanha. Após as entrevistas com os cirurgiões, foram realizadas mais duas entrevistas. Uma com o arquiteto Francesc Galán que projetou toda a área cirúrgica do hospital Sant Joan de Reus e a outra com o cirurgião Dr. Perez que ajudaram a tirar dúvidas e definir aspectos relacionados ao que deve conter, no mínimo, em um centro cirúrgico convencional para realizar cirurgias com qualidade.

Após serem realizadas todas as entrevistas, foi possível fazer uma visita ao centro cirúrgico da clínica Cyclops. MC Mutual, onde a enfermeira chefe do centro cirúrgico, María Rosa Tudó apresentou toda a área cirúrgica. Essa visita permitiu à equipe, definir os equipamentos relacionados ao centro cirúrgico, protocolos de limpeza, esterilização do material entre muitos outros aspectos que um centro cirúrgico deve ter.



Figura 3.7 Visita ao centro cirúrgico da clínica Cyclops.

3.6.1. Visita ao hospital Regional da Santa Maria

Para ajudar na seleção do sistema de condicionamento de ar do bloco cirúrgico foi realizada uma visita ao Hospital Regional de Santa Maria - DF, aonde o enfermeiro chefe, Tarcísio Faria, mostrou como funciona o bloco cirúrgico deste hospital e quais equipamentos referentes à climatização desse ambiente são utilizados atualmente.

O anexo VI apresenta as fotos referentes às salas de operação. As imagens mostram que o ar é insuflado através de difusores que estão fixados no teto. Para a saída de ar, cada sala possui grelhas de exaustão. Este sistema de condicionamento de ar é de suma importância para renovar e circular o ar que está presente na sala, além de manter o local pressurizado para evitar que entre ar de infiltração quando a porta é aberta. Nas imagens também é possível visualizar as cortinas de ar que são utilizadas

durante as intervenções cirúrgicas, evitando os riscos de contaminação pelo ar das pessoas presentes na sala de operação.

Durante a visita também foi ressaltada a importância e o funcionamento de todos os equipamentos presentes no centro cirúrgico e os cuidados que devem ser tomados com os pacientes.



Figura 3. 8 Visita ao CC do Hospital Regional de Santa Maria.

3.6.2. Seleção da proposta para o bloco cirúrgico modular

A partir dos estudos de containers, transporte e das opiniões dos entrevistados, foram propostas 4 opções da quantidade e disposição dos containers que seriam utilizados para o desenvolvimento do bloco cirúrgico. A Figura 3.9 Representa a proposta que foi escolhida e a disposição dos containers com as suas respectivas áreas do bloco cirúrgico, sendo elas: centro cirúrgico, vestiário e armazém e zona pré/pós-operatória.

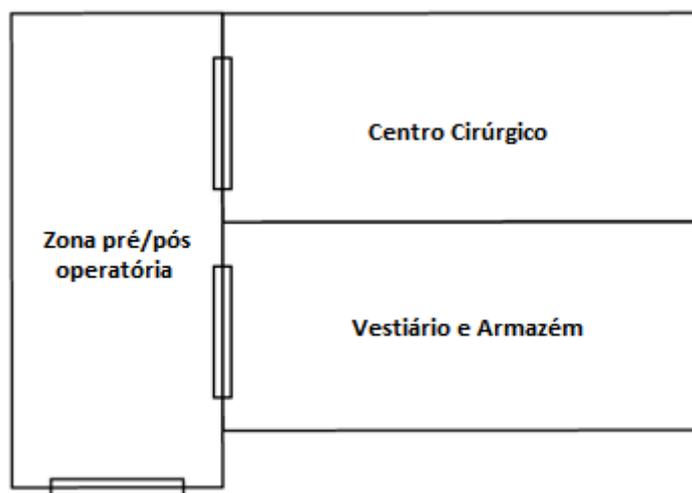


Figura 3.9 Vista superior da disposição dos containers (ADAM, AGULLÓ, *et al.*, 2015).

A seguir serão listados os pontos positivos da escolha relacionada à disposição dos containers.

- Possui três áreas imprescindíveis que deve conter em um centro cirúrgico de campanha: sala de operações, zona pré/ pós-operatória e sala de vestiários e armazém.
- O controle da temperatura pode ser totalmente independente em cada container, portanto é possível instalar equipamentos de ar condicionado apenas nas zonas que se requeira.
- O container da zona pré/pós-operatória está unida entre a sala de operações e a sala de vestiários e armazém, permitindo diferenciar as áreas estéreis (CC) e não estéreis.
- Graças à estruturação e distribuição dos containers, a instalação elétrica pode ser centralizada.
- A manutenção é totalmente independente entre os distintos containers. Se ocorrer algum dano que possa comprometer o bloco cirúrgico, as reparações podem ser feitas por cada módulo, evitando assim ter que trocar todo o módulo e podendo substituir somente o módulo afetado.
- Possibilidade de aumentar as dimensões do bloco cirúrgico, adicionando mais containers para poder ter mais zonas de trabalho.

3.6.3. Distribuição do interior dos containers

A seguir será apresentada a planta da distribuição do interior do bloco cirúrgico, onde é possível ver, especificadamente, cada uma das áreas e como é a dinâmica da circulação de pessoas dentro deste:

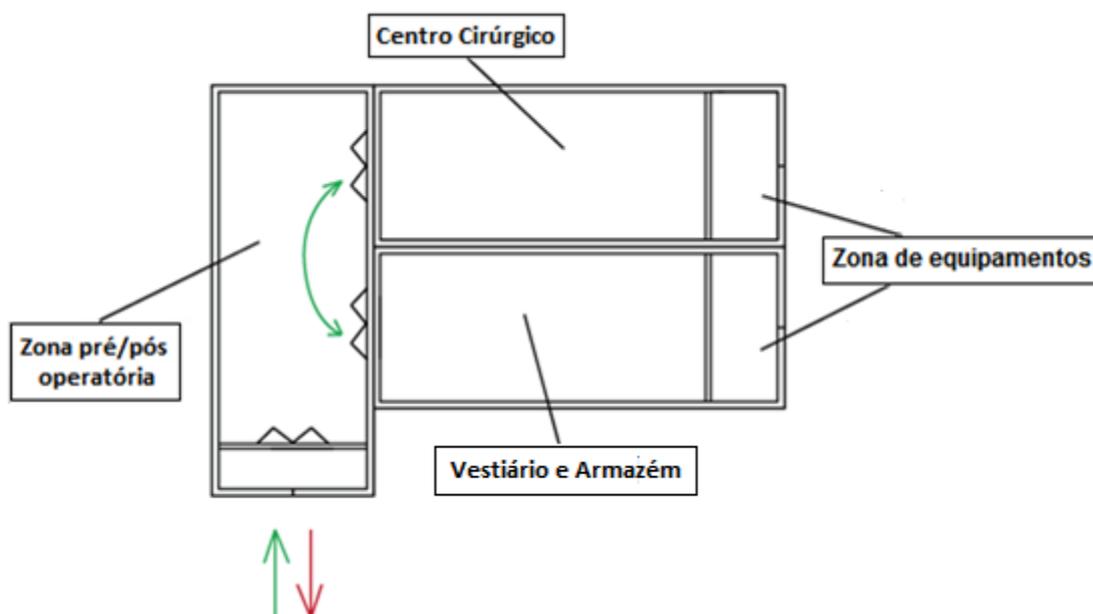


Figura 3.10 Planta da distribuição interior do bloco cirúrgico (ADAM, AGULLÓ, *et al.*, 2015).

No container vertical encontra-se a zona pré/ pós-operatória, onde os pacientes entram e saem pela porta principal do container, a entrada dos pacientes está sinalizada com duas flechas sendo de cor verde (entrada) e outra de cor vermelha (saída). Caso ocorra um incêndio a fuga de todas as pessoas que estiverem dentro do bloco cirúrgico deverá ser feita por essa porta.

Em um dos containers horizontais encontra-se o centro cirúrgico que possui uma pequena zona destinada a instalação de equipamentos, como a unidade exterior do ar condicionado. Esta zona é separada do CC mediante uma parede, isolando a sala de operações, pois produz ruídos quando está em funcionamento. As zonas de máquinas possuem acesso pela porta original do container para realizar a manutenção quando necessária.

No outro container horizontal, encontra-se a zona de vestiários e armazém, que possibilita a troca de roupa comum por roupas cirúrgicas e a armazenagem de todos os aparatos sanitários necessários para realizar as intervenções. Este container, igual ao módulo do centro cirúrgico, contém um espaço destinado à instalação de equipamentos, que neste caso é ocupado por um depósito de água. Este espaço é separado do vestiário e armazém mediante uma parede. A equipe médica pode acessar a zona de vestiários e armazém pela porta principal do bloco cirúrgico, situada no container da zona pré/ pós-operatória.

O acesso a zonas de equipamentos para realizar controles e a manutenções é feito pelas portas originais dos containers na parte traseira. A circulação está sinalizada, Figura 3.10, por flechas verdes e vermelhas situadas na parte posterior dos containers.

Como se pode observar na planta, o container do CC e do vestiário e armazém possuem uma porta situada na parte esquerda, que conecta com a área pré/pós-operatória, por onde a equipe médica tem acesso às áreas do bloco cirúrgico.

3.6.4. Imagem gráfica

Após a seleção do exterior e interior do bloco cirúrgico foi escolhido o logotipo do projeto que se chama *Quirobox* que pode ser traduzido para o Português como “Centro cirúrgico caixa”. A imagem gráfica criada é simples, entretanto é atrativa uma vez que deixa o bloco cirúrgico com aspecto mais agradável e que chama atenção.



Figura 3.11 Logotipo do bloco cirúrgico (ADAM, AGULLÓ, *et al.*, 2015).

A Figura 3.12 mostra a imagem gráfica no bloco cirúrgico.



Figura 3.12 Imagem gráfica do bloco cirúrgico (ADAM, AGULLÓ, *et al.*, 2015).

O posicionamento e a identificação de todos os equipamentos que compõe o bloco cirúrgico estão representados em uma planta em 2D no Anexo I. Para facilitar a visualização da unidade cirúrgica, outros desenhos 3D como na Figura 3.13 são apresentados no Anexo II.

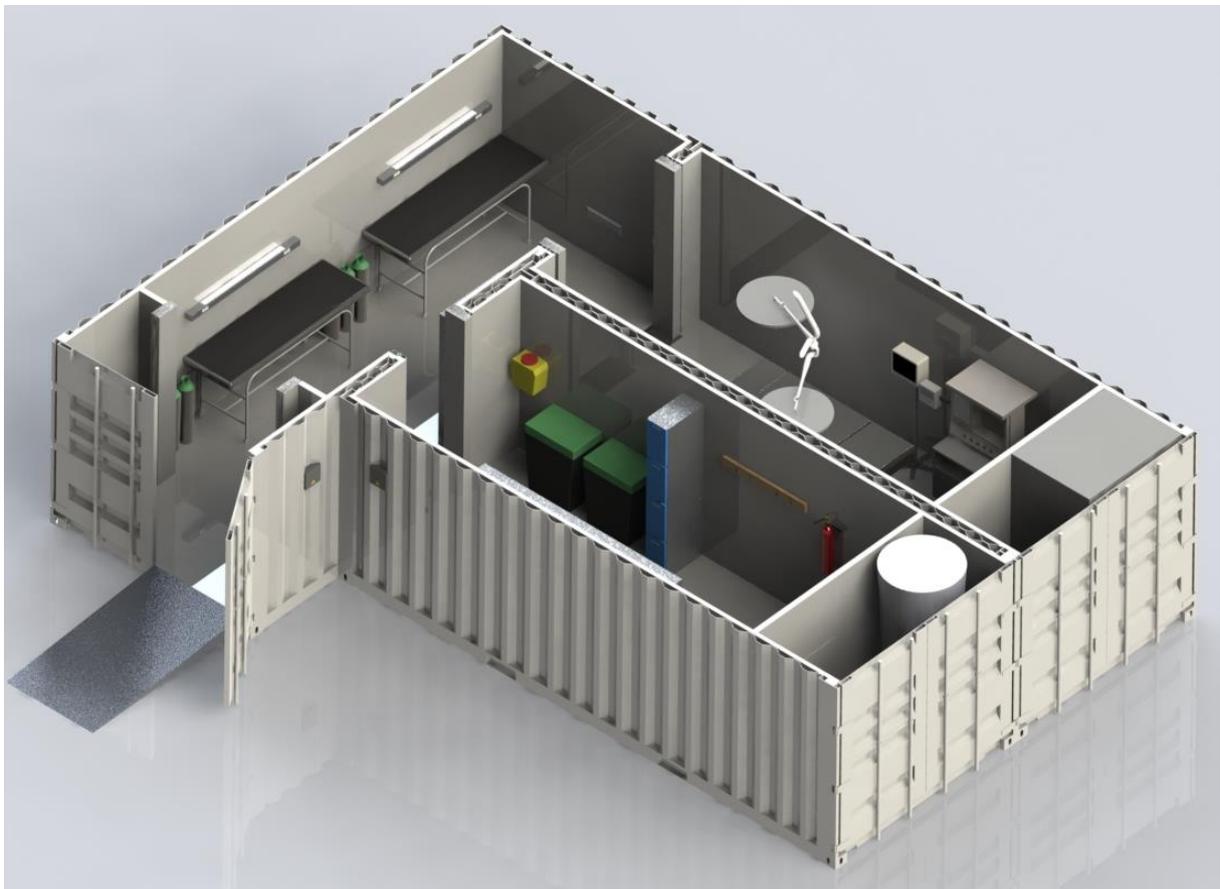


Figura 3.13 Vista isométrica interna do bloco cirúrgico.

3.7. SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO DO BLOCO CIRÚRGICO

3.7.1. Isolamento térmico

Uma das questões mais importantes para o sistema de climatização para o bloco cirúrgico é o isolamento térmico, pelo fato de que os containers são feitos de aço corten e, portanto, possuem elevada condutividade térmica. Sendo assim, no seu interior pode conter temperaturas altas durante o verão e temperaturas muito baixas durante o inverno.

3.7.2. Seleção do tipo de isolamento térmico

Tendo em vista a necessidade de um isolamento com espessura reduzida, que não seja de material inflamável e que seja resistente a radiação solar e a partir do estudo de diferentes tipos de isolamentos térmicos, foi selecionado isolamento refletivo.

- Especificações
 - Índice de Reflexão: 97%;
 - Reciclável: Sim;
 - Espessura média: 3 [mm];
 - Peso: 170 [g/m²];
 - Resistência à rotura: 300 [kg/m²];
 - Condutividade térmica: 0,025 [W/m.K].



Figura 3.14 Isolamento refletivo (AISLATERMIC).

3.7.3. Recobrimento exterior dos containers

Os containers serão expostos à salinidade da água do mar e a climas tropicais que causam uma aceleração da corrosão do container. Sendo assim, ainda que o container seja fabricado de aço corten (anticorrosivo), utiliza-se uma pintura cerâmica isolante no teto e nas quatro paredes dos containers para garantir uma melhor proteção à corrosão e obter outras vantagens dessa pintura como:

- Ter elevada refletância solar (87,7%);

- Baixa condutividade térmica (0,033 [W/m°C]);
- Aumento do isolamento acústico;
- Maior impermeabilidade, não absorve a umidade nem líquidos.



Figura 3.15 Pintura cerâmica (TH COAT).

3.7.4. Seleção do aparelho de ar condicionado

A única área considerada necessária para obter o equipamento de ar condicionado foi o centro cirúrgico. Para as demais áreas foram selecionados ventiladores de coluna com a função de circular o ar.

O cálculo da capacidade do ar condicionado desse espaço foi realizado a partir as tabelas (VENTDEPOT) para o cálculo geral de resfriamento residencial. Sendo assim, obteve-se um valor estimado a partir da carga de resfriamento dos ocupantes, da área e dos equipamentos contidos no CC. O valor obtido foi de 10274,5 BTU/h.

A partir do valor total de BTU/h foi selecionado o ar condicionado do tipo Split de 12,000 BTU/H com sistema de autolimpeza:



Figura 3.16 Ar condicionado tipo Split (LG).

3.8. BASE DE APOIO DOS CONTAINERS

Para garantir o nivelamento do bloco cirúrgico e impedir o surgimento de umidade na base dos containers devido ao contato com o terreno, são utilizados sapatas metálicas reguláveis. O terreno

também deve ser nivelado e limpo para receber a unidade cirúrgica. São utilizados seis sapatas metálicas em cada container, sendo uma em cada esquina dos módulos e duas no meio.



Figura 3. 17 Sapata metálica regulável.

A altura da sapata pode ser regulada entre 10 a 15 [cm]. A sua instalação é simples e rápida. Além disso, pode ser regulado depois de fixado nos containers, possibilitando a opção de realizar ajustes durante sua utilização.



Figura 3. 18 Container com apoios metálicos.

- Características

- Material: Aço S235 JR

- Suportam uma carga de mais de 1.900 [kg] por pilar.

- Dados técnicos

Tabela 3. 2 Dimensões da sapata metálica.

MODELO	Dimensiones en mm						Acabado	Agujeros en mm		Elem. secund.	Val. caract. en kN - Fr1
	A	B	C	D	F	Esp.		Puntas anilladas	Pernos		
APB100/150	100	100 a 150	100	130	130	4	EZ	-	8 Ø 12	Pilar	56,2
PPRC	100	100 a 150	100	130	130	5	BC	16 obl. ø6 x 12	8 Ø 12		48,8
PPRIX	100	100 a 160	100	130	130	4	Inoxidable	-	8 Ø 12		34,9
PB40605	80	40 a 100	80	140	100	8	GC	-	4 Ø9 y 4 Ø11		58,1

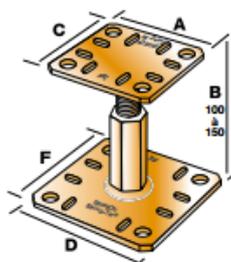


Figura 3. 19 Sapata metálica PPRC (BRICO MARKT).

3.9. RECOBRIMENTO DO INTERIOR DOS CONTAINERS

3.9.1. Paredes

Para as paredes do bloco cirúrgico devem ser de material liso, lavável e não refletor de luz. Por estes motivos, são utilizadas placas de cartão gesso de 20 mm de espessura que são fixadas nos perfis metálicos.

3.9.2. Teto

Para o teto do bloco cirúrgico são utilizadas placas de cartão gesso de 10 mm de espessura. Estas placas possuem revestimento de vinil que impede a retenção de bactérias, não é poroso e facilita a limpeza.

3.9.3. Perfil metálico para instalação do cartão gesso

Perfil metálico 70 x 30. Para a instalação das placas de cartão gesso são necessários perfis metálicos que servem como suportes para parafusar o revestimento.

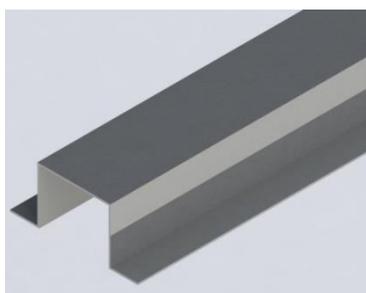


Figura 3.20 Perfil metálico.

3.9.4. Portas

As portas são dobráveis, visando ganhar espaço e proporcionar fácil abertura. Estas são fixadas no perfil metálico com a utilização de parafusos.

Para a sala de vestiário e armazém e pré/pós-operatória é utilizado porta de uma folha. Este espaço é suficiente largo para passar a maca e os equipamentos cirúrgicos.

Por outro lado, as portas do CC são de folha dupla, pois se encontra situada em uma esquina, dificultando a manobra da maca. Sendo assim, é utilizada uma porta de duas folhas para facilitar a manobra da maca e a entrada de pessoas.

- Especificações

- Dimensões: 205 x 83 [cm] (altura x largura);

- Espessura: 0,6 [cm];

- Material: PVC.

3.9.5. Pintura interior

Nas paredes e no teto de cartão gesso do bloco cirúrgico foi utilizada uma pintura vinílica que proporciona um acabamento com baixo odor e com alta resistência a manchas, permitindo assim uma fácil limpeza. Esta pintura é ideal para combater bactérias e fungos.



Figura 3.21 Pintura antibacteriana (SHERWIN).

3.9.6. Piso

Os solos dos containers são fabricados de madeira (espessura 28 [mm]). Para facilitar a limpeza e aumentar a higienização do bloco cirúrgico foi utilizado um piso de vinil (espessura 3 [mm]), comumente utilizado em solos de hospitais. Trata-se de um material de superfície lisa, resistente a fissuras, impermeável, durável e resistente ao choque. Além disso, impede o crescimento de fungos e bactérias.

3.10. INSTALAÇÃO ELETRICA

A alimentação elétrica do bloco cirúrgico possui três possíveis fontes: rede pública, grupo eletrogêneo ou baterias.

Quando for possível a alimentação pela rede pública, esta deve ser a fonte primária de energia. Caso o acesso a essa rede não seja viável, o grupo eletrogêneo deve ser utilizado como a principal fonte de energia. As baterias são carregadas por esses dois tipos de fontes e será utilizada em caso de emergência devido alguma falha ocasionada na rede pública, no grupo eletrogêneo ou quando for necessário fazer alguma manutenção nessas duas fontes energia.

Para controlar essas situações é utilizado um quadro de comando *by-pass* que troca a fonte de alimentação primária, desde a rede pública ou do grupo eletrogêneo. Também regula a alimentação enquanto as baterias estão descarregadas, para alimentá-las enquanto o resto do bloco cirúrgico é alimentado. Além disso, permite que as cargas críticas sigam funcionando com perdas de alimentação momentâneas mínimas ou sem interrupções.

3.10.1. Quadro de comando *by-pass*

O quadro de comando selecionado possui as seguintes características (EATON):

- Supervisa as voltagens e frequências das fontes de alimentação;
- Permite a programação do cliente;
- Mostra a informação cronológica e em tempo real;
- Permite testes do sistema;
- Proporciona indicadores do estado da fonte na placa frontal.



Figura 3. 22 Quadro de comando bypass (EATON).

3.10.2. Grupo eletrogêneo

O grupo eletrogêneo foi dimensionado tendo em conta a situação mais desfavorável de carga. Deverá ao mesmo tempo alimentar tanto o bloco cirúrgico como carregar as baterias.

O bloco cirúrgico no cenário de situação mais desfavorável consumirá 15 [A] quando todos os aparelhos elétricos e as lâmpadas estiverem funcionando ao mesmo tempo. Portanto, a partir desta

intensidade é selecionado um grupo que proporciona um tempo de carga mínimo considerando o consumo deste.

O grupo eletrogêneo selecionado proporciona um abastecimento de 45 [A], com um consumo de 3,5 litros. Considerando que no pior dos casos possíveis de carga, o grupo eletrogêneo trabalhará durante 6 horas, o grupo eletrogêneo terá uma autonomia suficiente para recarregar as baterias duas vezes, equivalente a 2,5 dias de funcionamento da unidade cirúrgica.

O seguinte grupo eletrogêneo foi selecionado:

- Fases: 1.
- Frequência: 50 [Hz].
- Potência nominal: 10 [kW].
- Potência máxima: 11 [kW].
- Intensidade nominal: 45 [A].
- Nível sonoro: 68 [dB].
- Consumo 100% de carga: 3.5 [l/h].
- Autonomia 100%: 12 [h].
- Capacidade de depósito: 42 litros.
- Número de cilindros: 3.
- Potência nominal a 1500 rpm: 11 [kW].
- Grau de proteção: IP23.
- Peso: 540 [kg].
- Dimensões (comprimento x largura x altura): 150x76x109 [cm]



Figura 3. 23 Grupo eletrogêneo (HYUNDAI).

3.10.3. Baterias

Existem diversos tipos de baterias que suportam a demanda da instalação desejada. No mercado são encontradas baterias de líquido (areadas), VRLA (seladas), Gel (gelificadas) y AGM (eletrolítico absorvido) e lítio-íon.

Foram selecionadas baterias de lítio-íon por conta das seguintes vantagens em relação aos outros tipos de baterias:

- Altas correntes de carga (diminui o tempo de carregamento);

- Maior vida útil (até 6 vezes mais que uma bateria convencional);
- Alta eficiência entre a carga e a descarga (pouca perda de energia devido ao aquecimento).

As baterias selecionadas são do tipo lítio-íon de 24V 180Ah.

- Especificações da bateria

- Tecnologia: Fosfato de ferro e lítio (LiFePo4)
- Tensão nominal: 26,4 [V]
- Capacidade nominal: 180 [Ah]
- Potencia nominal: 4,75 [kWh]
- Corrente de carga recomendada: 54 [A]
- Temperatura de trabalho de carga: 0/45 [°C]
- Temperatura de trabalho de descarga: -20/45 [°C]
- Dimensiones (comprimento x largura x altura): (625 x 195 x 355) [mm]
- Peso: 55 kg



Figura 3. 24 Bateria lítio-íon (VICTRONENERGY).

3.10.4. Inversor/regulador

A instalação elétrica também será composta por um kit (MULTIPLUS 3kVA) com: um inversor, um regulador e um carregador das baterias.

As especificações do kit são apresentadas a seguir:

- Inversor

Saída: 3000 [VA]

Potência de saída: 2500 [W]

Pico de potência: 6000 [W]

Eficiência: 94%

- Carregador

Correntes de carga: 70

Correntes de carga de arranque: 4 [A]

- Carcaça

Grau de proteção: IP21

Peso: 19 [kg]

Dimensões: (comprimento x largura x altura): (362x258x218) [mm]

Norma: EN 60335-1, EN 60335-2-29



Figura 3. 25 Sistema Inversor/Regulador/Carregador (VICTRONENERGY).

3.10.5. Iluminação

A instalação da iluminação do bloco cirúrgico foi realizada com a ferramenta DIALUX 4.12. Foram selecionadas todas as luminárias com base nos níveis luminosos (Lux) definidos na norma ISO 14644/1.

- Iluminação da zona pré/pós-operatória

O nível mínimo de iluminação para essa sala é de 500 Lux, portanto foram selecionadas 4 luminárias (PHILIPS).

- Especificações

Fluxo luminoso (lâmpadas): 5200 lm;

Fluxo luminoso (luminária): 3276 lm;

Potência das luminárias: 55[W].



Figura 3.26 Luminária para zona pré/pós-operatória (PHILIPS).

- Luminárias de CC

Para a iluminação do CC foram selecionadas 6 luminárias (PHILIPS).

- Luminárias da sala do vestiário e armazém

A iluminação dessa sala foi projetada com luminárias com menor potência que as anteriores, por não exigir o nível de iluminação alto. Sendo assim, foram selecionadas 4 luminárias (PHILIPS) que proporcionam a iluminação suficiente.

- Especificações

Fluxo luminoso (lâmpadas): 2100 lm;

Fluxo luminoso (luminária): 2100 lm;

Potência das luminárias: 22 [W].



Figura 3.27 Luminária para o CC (PHILIPS).

3.10.6. Instalação da iluminação de emergência

O bloco cirúrgico possui iluminação de emergência auxiliar, de modo que os procedimentos cirúrgicos não sejam comprometidos por falta de luz. Portanto, são utilizadas 3 luminárias de emergências (PHILIPS) dispostas uma em cada container.

- Especificações

Fluxo luminoso (lâmpadas): 900 lm;

Fluxo luminoso (luminária): 414 lm;

Potência das luminárias: 17,3 [W].



Figura 3.28 Luminária de emergência (ENERGIA BELÉM).

Este tipo de luminária conta com sua própria fonte de energia. Sua recarga é realizada através do abastecimento elétrico exterior.

3.11. DIMENSIONAMENTO DE PAINÉIS FOTOVOLTÁICOS

Como o bloco cirúrgico está destinado a países que tenham sofrido danos ocasionados por desastres naturais, desertos e locais de difícil acesso é provável que não seja disponível rede elétrica nestes lugares. Apesar do grupo gerador resolver o problema de fornecimento de energia elétrica

nestes casos, foi verificado a utilização da luz solar como fonte de energia para o bloco cirúrgico. Atualmente algumas casas construídas com containers utilizam painéis fotovoltaicos para suprir a energia elétrica demandada dos equipamentos elétricos e da iluminação. O dimensionamento desta tecnologia para o bloco operatório foi realizado seguindo a mesma metodologia utilizada em uma casa container projetada em Florianópolis (ZOMER, 2009). Os dados de irradiação solar média e a localização da unidade cirúrgica são considerados os mesmo dessa casa.



Figura 3. 29 Casa container com painéis fotovoltaicos (ZOMER, 2009).

3.11.1. Estimativa do consumo mensal do bloco cirúrgico

Para começar o dimensionamento dos painéis fotovoltaicos é necessário estimar o consumo mensal do bloco cirúrgico.

$$C_{mens} = \frac{W \times q_{eq} \times t_{uso}}{1000} [kWh/mês] \quad (3.1)$$

Sendo C_{mens} o valor do consumo mensal elétrico de cada equipamento. As estimativas do consumo foram divididas entre iluminação, aparelhos equipamentos e refrigeração.

Tabela 3. 3 Estimativa do consumo de iluminação.

Ambiente	Aparelho	Potência (w)	q_{eq}	Tempo de uso (kwh)	Consumo mensal (kWh/mês)
Centro cirúrgico	Luminária	55	6	10	99
Pré/pós-operatório	Luminária	55	4	10	66
Vestiário	Luminária	22	4	6	15,84
Total iluminação					180,84 kWh/mês

Tabela 3. 4 Estimativa do consumo dos equipamentos elétricos.

Ambiente	Aparelho	Potência (w)	Tempo de uso	Consumo mensal (kWh)
Centro cirúrgico	Monitor	80	8	19,2
	Bisturi eletrônico	50	2	3
	Foco cirúrgico	90	8	21,6
	Desfibrilador	360	2	21,6
	Torre de anestesia	70	4	8,4
	Mini autoclave	70	5	10,5
	Painel para rede de gases	120	8	28,8
Pré/pós-operatório	Painel para rede de gases	120	8	28,8
Total equipamentos elétricos			141,9 kWh/mês	

Tabela 3. 5 Estimativa do consumo refrigeração.

Estimativa do consumo refrigeração				
Ambiente	Aparelho	Potência (w)	Tempo de uso (kwh)	Consumo mensal (kwh)
Centro cirúrgico	Ar-condicionado	895	8	214,8
Pré/pós-operatório	Ar-condicionado	1206	8	289,4
Centro cirúrgico	Ventilador	330	8	79,2
Pré/pós-operatório	Ventilador	330	8	79,2
Vestiário	Mini frigorífico	50	8	36
Total refrigeração			698,6 kWh/mês	

O somatório dos consumos estimados da iluminação, equipamentos elétricos e refrigeração é equivalente a 1021,3 kWh/mês.

3.11.2. Capacidade instalada dos geradores fotovoltaicos para atender a demanda do bloco cirúrgico

A partir da estimativa de consumo energético de um mês do bloco cirúrgico, é possível calcular a potência fotovoltaica necessária para garantir a alimentação elétrica para a unidade cirúrgica durante um mês utilizando apenas esta fonte de energia. Os dados de irradiação solar média a seguir são da cidade Florianópolis, localizada a 27°S e 48°W (ZOMER, 2009).

A potência instalada foi calculada da seguinte forma:

$$W_{inst} = \frac{C}{GxRxn} [kW_p] \quad (3.2)$$

Sendo a unidade W_p (Watt-pico) a medida utilizada para painéis fotovoltaicos que indica a potência máxima que um painel pode fornecer em condições ideais reproduzidas em laboratório.

Considerando $R = 80\%$ e $n = 30$ dias no mês, foram calculadas as potências fotovoltaicas instaladas.

Tabela 3. 6 Valores de potencia fotovoltaica instalada.

Direção da Incidência solar	Irradiação solar média em Florianópolis (kWh/m ² /dia)	Potência fotovoltaica instalada (kW _p) para 1021,3 kWh/mês
Horizontal	4,22	10,01
Fachada norte	2,85	14,93
Fachada leste	2,62	16,24
Fachada oeste	2,62	16,24
Fachada sul	2,08	20,45

3.11.3. Área útil dos containers

As áreas consideradas disponíveis para a instalação dos painéis fotovoltaicos são: cobertura e as fachadas dos três containers. Pelo fato de perder espaços disponíveis a partir das dimensões dos módulos fotovoltaicos e da área que serão instalados, foi considerada uma área útil para instalação dos painéis de 85% da área total da cobertura e das fachadas.

Tabela 3. 7 Área útil disponível par instalação de painéis fotovoltaicos.

Região do container	Dimensões (m)	Área (m ²)	Área útil (85%)
Cobertura (3 containers)	(6 x 2,44) x 3	43,92	37,33
Fachada norte	8,44 x 2,59	21,86	18,58
Fachada leste	4,88 x 2,59	12,64	10,74
Fachada oeste	6 x 2,59	15,54	13,21
Fachada sul	6 x 2,59	15,54	13,21
Total		109,5	93,07

3.11.4. Módulos fotovoltaicos

Atualmente existem várias tecnologias fotovoltaicas comerciais. Serão avaliadas três gerações de módulos fotovoltaicos: primeira, segunda e terceira. Além das diferenças construtivas, o custo e as eficiências de cada módulo variam em relação a cada geração. Os painéis de primeira geração são compostos de silício cristalino que proporciona a maior eficiência dentre as demais gerações. A mais recente tecnologia da primeira geração é a HIT (*heterojunction with intrinsic thinlayer*). Os seus módulos fotovoltaicos são constituídos de duas camadas de silício amorfo e uma camada central de silício monocristalino que elevam ainda mais a eficiência dos módulos fotovoltaicos (ZOMER, 2009).

O custo mais baixo no mercado dos painéis da segunda geração em relação à primeira é refletido na diminuição da eficiência, ou seja, para uma mesma área ocupada pelas duas gerações a segunda produzirá menos energia. Esses módulos fotovoltaicos são construídos a base de silício.

Os painéis fotovoltaicos da terceira geração possuem o menor custo dentre os outros módulos devido a sua composição. Suas células são compostas por dióxido de titânio nanocristalino combinado com um corante orgânico chamadas de células solares sensibilizadas por corante (CSSC). Apesar dessa vantagem, esta tecnologia é a que possui menor eficiência (ZOMER, 2009). A seguir é apresentado os valores das eficiências dos painéis a partir das suas gerações e tecnologias.

Tabela 3. 8 Eficiência dos painéis fotovoltaicos segundo a sua tecnologia.

Geração	Tecnologia	Material	Eficiência [%]
1 ^a	HIT	m-Si e a-Si	17,40
	Silício Policristalino	p-Si	14
2 ^a	Silício amorfo	a-Si	6,3
3 ^a	CSSC	TiO ₂	6

3.11.5. Área necessária para instalação dos painéis fotovoltaicos

A área necessária para a instalação dos painéis fotovoltaicos depende basicamente da eficiência e da potência instalada dos mesmos.

$$A = \frac{W_{inst}}{E \div 100} [m^2] \quad (3.3)$$

Sendo E é a eficiência do módulo fotovoltaico, em porcentagem. Os resultados das áreas necessárias para instalação dos módulos são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 3. 9 Áreas necessárias para instalação de módulos fotovoltaicos.

	Tecnologia	Cobertura [m ²]	Fachada norte [m ²]	Fachada leste [m ²]	Fachada oeste [m ²]	Fachada sul [m ²]
1 ^a Geração	HIT	57,52	85,80	93,33	93,33	117,52
	Silício Policristalino	71,50	106,64	116	116	146,07
2 ^a Geração	Silício amorfo	158,88	236,98	257,77	257,77	324,60
3 ^a Geração	CSSC	166,83	248,83	270,66	270,66	340,83

A partir dos resultados da Tabela 3. 7 e da Tabela 3. 9 é possível relacionar as áreas necessárias para que o sistema fotovoltaico do bloco cirúrgico gere 1021,3 kWh/mês com as regiões dos containers.

O cálculo do consumo energético mensal dependendo da potência instalada para cada região foi realizado a partir da Equação 3.4.

$$C = W_{inst} \times G \times R \times n$$

(3.4)

Tabela 3. 10 Consumo energético mensal de acordo com cada região dos containers.

Tecnologia	W_{inst} e Geração FV	Cobertura	Fachada norte	Fachada leste	Fachada oeste	Fachada sul	Consumo [kWh/mês]
HIT	W_{inst}	6,49	3,23	1,87	2,29	–	13,88
	Geração FV	657,30	220,93	117,58	143,99	–	1139,8
Silício Policristalino	W_{inst}	5,22	2,6	1,5	1,85	1,849	13,02
	Geração FV	528,68	177,84	94,32	116,33	92,30	1009,47
Silício amorfo	W_{inst}	2,35	1,17	0,67	0,83	0,83	5,85
	Geração FV	238	80	42,13	52,31	41,53	453,97
CSSC	W_{inst}	2,24	1,11	0,64	0,79	0,79	5,57
	Geração FV	226,84	75,92	40,24	49,67	39,43	432,1

3.11.6. Orçamento dos painéis

O custo total do dimensionamento dos módulos fotovoltaicos de cada tecnologia é apresentado na Tabela 3. 1. É possível verificar que as tecnologias de silício amorfo e CSSC possuem que representam a segunda e a terceira geração, possuem o custo menor que a tecnologia de primeira geração. Entretanto, os painéis com essas tecnologias não são capazes de suprir a demanda mensal energética, pois o bloco operatório requer 1021,3 [kWh/mês] e com as tecnologias silício amorfo e CSSC os módulos fotovoltaicos ocupando todas as regiões do container conseguem suprir apenas 453,97 e 432,1 [kWh/mês], respectivamente. Sendo assim o ideal seria utilizar as tecnologias de primeira geração: HIT ou silício policristalino. Os painéis construídos com estas tecnologias são capazes de suprir a energia demandada para unidade cirúrgica, apesar de possuírem elevado custo.

Tabela 3. 11 Custo total dos painéis fotovoltaicos em relação à potência instalada.

Tecnologia	Custo (\$/Wp)	Potência instalada (kWp)	Custo total
HIT	2,80	13,88	38.864,00
Silício Policristalino	2,48	13,02	32.289,60
Silício amorfo	1,76	5,85	10.296,00
CSSC	0,75	5,57	4.1775,00

3.12. COMPARAÇÃO ENTRE O CC CONVENCIONAL E MODULAR

A seguir serão apresentados aspectos relacionados às instalações e suas respectivas normas que os centros cirúrgicos convencionais seguem e/ou se diferem do centro cirúrgico modular. É válido lembrar que por ser considerado um hospital de campanha, o bloco cirúrgico modular não necessita seguir as normas rigorosamente.

Tabela 3. 12 Comparação entre centro cirúrgico convencional e modular.

	Centro Cirúrgico convencional	Centro Cirúrgico modular
Zonas do bloco cirúrgico	Vestiário, centro cirúrgico, armazém de instrumentos médicos, sala de reanimação, escritórios, sala de descanso, sala para a comunicação com os familiares	Vestiário, armazém, centro cirúrgico e zona pré/ pós-operatória
Centro cirúrgico classe B	A norma ISO 14644/1 estabelece a classificação desse tipo de cirurgia	Igual
Altura	Aproximadamente 3 metros	Altura do container 2,59 [m]
Dimensões	Área mínima aproximada de 30 [m ²]	Área de um container de 15,54 [m ²]
Dimensões dos corredores	Corredores para a passagem de maca 1,20 m. Corredores para passagem de pessoas 0,6 m	Igual
Iluminação	Luz do centro cirúrgico: Não pode baixar dos 1000 lx. As lâmpadas devem ter capacidade de 3000 lm mínimo. Nas zonas de passagem 100 lx já são suficientes.	Igual
Sistema de climatização	Sistema com filtro absoluto (HEPA H14) 99% limpo. A circulação do ar não deve superar 0,5 [m/s]. As renovações devem ser 60/h e os movimentos do ar 30/h. A norma UNE 171340 regula este sistema de climatização em áreas críticas em hospitais.	Igual
Fornecimento elétrico	O fornecimento elétrico para centro cirúrgico deve ser trifásico com neutro e condutor de proteção através de um transformador de isolamento. (400 [V] entre fases e de 230 [V] entre fase e neutro).	Grupo eletrogêneo
Limpeza dos doutores	Antes de entrar na sala cirúrgica, tem uma pia.	Igual
Mesa de operações	Tipo de cama especial para centros cirúrgicos	Igual
Paredes	Superfícies lisas y fácil de limpar	Igual
Portas do centro cirúrgico	Devem ser de correr e automatizadas com botoeira	Portas dobráveis
Temperatura	Tem uma margem entre 22 e	

	Centro Cirúrgico convencional	Centro Cirúrgico modular
	26 [°C]. No momento da operação o centro cirúrgico deve estar sobre pressão 20 [Pa]	Igual
Material estéril/ sujo	Existe um circuito que em nenhum caso será feito contra a direção	Não tem nenhum circuito, contém um pequeno armazém com o material estéril, quando este é utilizado se retira da área cirúrgica para limpá-lo e volta para o armazém
Entrada/ saída de pacientes	Igual aos materiais, os pacientes também tem um circuito no centro cirúrgico em que entrada é diferente a saída	Existe apenas um acesso ao bloco cirúrgico que serve para a entrada e saída de pacientes

4. CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA

Este capítulo apresenta o cálculo de carga térmica para o bloco cirúrgico projetado e modificado tanto para clima tropical quanto desértico.

4.1. CARGA DE RESFRIAMENTO PARA O BLOCO CIRÚRGICO PROJETATO

Uma planilha de cálculo no Excel foi desenvolvida seguindo os conceitos e as equações do Capítulo 2. REVISÃO TEÓRICA para realizar os cálculos de carga térmica da unidade cirúrgica. Primeiramente é realizado o cálculo da carga de resfriamento tal como o bloco cirúrgico foi projetado, ou seja, com as características construtivas especificadas no capítulo 3.

Dentre as três áreas do bloco cirúrgico, as únicas que necessitam do sistema de condicionamento de ar são: centro cirúrgico e zona pré/pós-operatória, pois áreas onde a renovação de ar e o controle da temperatura são de suma importância para evitar que vírus possam ser contraídos pela respiração e para manter o ambiente livre de fungos e bactérias.

Nenhum dos containers possui vidros ou janelas, sendo assim o ganho de calor por fenestração (esquadria mais vidro) e por vidros equivale a zero e não são consideradas para o cálculo da carga térmica. A carga de resfriamento é calculada tendo como referência duas cidades, sendo uma com clima tropical e a outra com clima desértico.

4.1.1. Dados climáticos para clima tropical

Os dados a seguir foram retirados do documento: Dados Climáticos para Projeto e Avaliação Energética de Edificações para 14 Cidades Brasileiras.

- Dados do local

- Cidade: Maceió

- Latitude: 09 31` S

- Longitude: 35 47` O

- Período analisado: 1961 – 1970

- Altitude: 115 [m]

- Condições climáticas externas

Os valores da temperatura de bulbo seco (TBS), temperatura de bulbo úmido (TBU), umidade relativa (UR), velocidade do vento (VV) e amplitude diária de temperatura para o dia mais quente do ano considerado na data de referência: 08/02 foram obtidos a partir de duas tabelas: Valores horários das características do dia típico de nível 1% (verão) e Amplitude Diária de Temperatura. A data de

referência representa o dia que apresentou declinação solar mais próxima da declinação solar média dos dias contidos no intervalo que gerou cada dia típico.

- Horário com maior temperatura: 13:00

- TBS: 33,1 [°C]

- Amplitude diária de temperatura: 13,6 [°C]

- UR: 52 [%]

- VV: 4,8 [m/s]

- Condições climáticas internas

A norma ISO 14644 determina a seguinte temperatura e umidade relativa para o centro cirúrgico:

- TBS: 22 [°C]

- UR: 45 [%]

4.1.2. Dados climáticos para clima desértico

Os dados a seguir foram retirados de um site que apresenta vários gráficos e mapas climáticos referentes a várias cidades em diversos países (WEATHERSPARK).

- Dados do local

- Cidade: Meca

- Latitude: 21° 25' N

- Longitude: 39° 49' L

- Período analisado: 1984 – 2012

- Altitude: 277 [m]

- Condições climáticas externas

Os valores da temperatura de bulbo seco (TBS), temperatura de bulbo úmido (TBU), umidade relativa (UR), velocidade do vento (VV) e amplitude diária de temperatura para o dia mais quente do ano considerado na data de referência 12/06.

- Horário com maior temperatura: 15:00

- TBS: 43 [°C]

- Amplitude diária de temperatura: 14 [°C]

- UR: 23 [%]

- VV: 2,9 [m/s]

- Condições climáticas internas

São as mesmas especificadas para o clima tropical.

4.1.3. Cálculo dos coeficientes globais U de transferência de calor

Para o cálculo de U será utilizada a fórmula:

$$U_w = \frac{1}{R_{Total}} = \frac{1}{\sum R} \quad (4.1)$$

Onde,

= Somatório das resistências térmicas para parede, piso ou teto

Tabela 1. Resistências térmicas

Descrição	Espessura [mm]	R [m ² K/W]	Código
Resistência convectiva externa	–	0,059	R ₁
Resistência convectiva interna	–	0,01212	R ₂
Pintura cerâmica	0,4	0,01211	R ₃
Aço Parede	3	0,000066	R ₄
Aço piso e teto	4	0,000088	R ₅
Isolante refletivo	3	0,120	R ₆
Resistencia do espaço de ar	–	0,160	R ₇
Placa de gesso	20	0,0429	R ₈
Placa de gesso	10	0,0215	R ₉
Espaço de ar no forro	–	0,176	R ₁₀
Piso vinil	3	0,0158	R ₁₁
Piso madeira	28	0,1204	R ₁₂

- Paredes externas

Os materiais e espessuras que compõe as paredes são:

- Pintura cerâmica: 0,4 [mm]
- Aço 3 [mm]
- Isolante térmico refletivo: 3 [mm]
- Placa de gesso: 20 [mm]

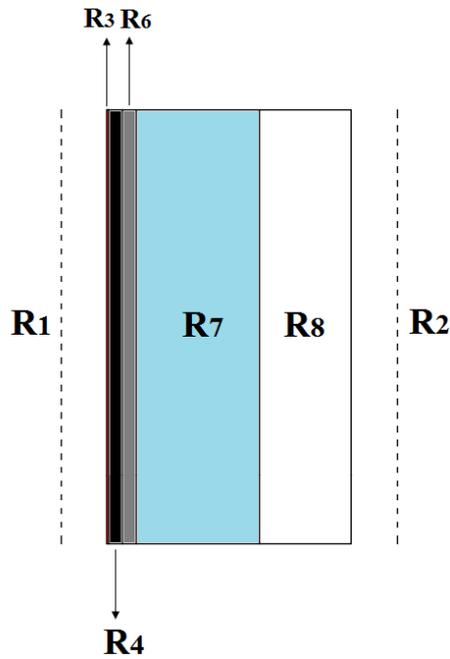


Figura 4.1 Paredes externas.

$$U_{parede} = \frac{1}{0,059 + 0,000066 + 0,01211 + 0,0429 + 0,120 + 0,160 + 0,121}$$

$$= 1,9414 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

- Laje da cobertura

Os materiais e espessuras que compõe a laje da cobertura são

- Pintura cerâmica: 0,4 [mm]
- Aço 4 [mm]
- Isolante térmico refletivo: 3 [mm]
- Placa de gesso: 10 [mm]

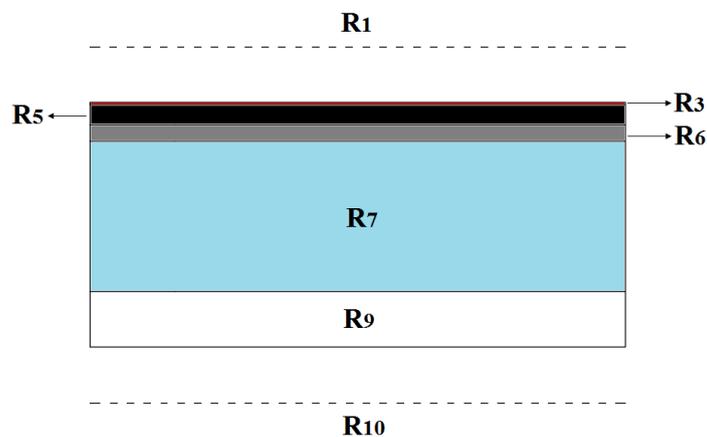


Figura 4.2 Laje da cobertura.

$$U_{cobertura} = \frac{1}{0,059 + 0,01211 + 0,176 + 0,000088 + 0,120 + 0,160 + 0,0215}$$

$$= 1,8225 \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

- Laje do piso

Os materiais que compõe a laje do piso são:

- Madeira: 28 [mm]

- Piso vinil: 3 [mm]

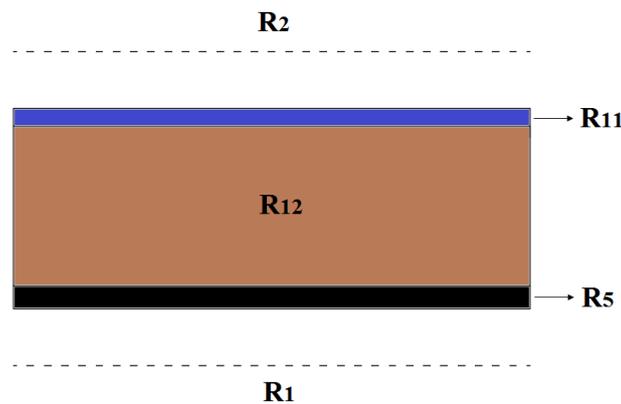


Figura 4.3 Laje do piso.

$$U_{piso} = \frac{1}{0,0121 + 0,1204 + 0,059 + 0,0158 + 0,000088} = 3,16208 \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

4.1.4. CLTD's

Para o cálculo das CLTD's tanto para a laje da cobertura quanto para as paredes são utilizadas as tabelas 7-33 e 7-35 presentes no Anexo IV, com valores de CLTD correspondentes a julho para latitude 40° N (ASHRAE, 2001).

A CLTD da laje da cobertura é selecionada a partir da laje de número 1 da tabela 7-34 (ASHRAE, 2001) considerando o material da estrutura de Aço e que a sua massa está distribuída proporcionalmente com o isolamento térmico. Para a parede é utilizada a tabela 7.56 C (ASHRAE, 2001) que apresenta os tipos de paredes considerando que a massa da estrutura está localizada fora do isolamento térmico. Sendo assim, é selecionada a parede de número 1 considerando o material da estrutura de aço e uma polegada de espessura de madeira.

Os valores das CLTD's para esses tipos de parede e laje de cobertura são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 4. 1 CLTD's para o bloco cirúrgico projetado.

	CLTD's para Clima Tropical (13:00) [°C]	CLTD's para Clima Desértico (15:00) [°C]
Laje de cobertura	46,12	48,8
Parede Norte	13,8	16,11
Parede Leste	20	16,66
Parede Sul	27,7	27,7
Parede Oeste	15	32,7

Os valores das tabelas 7-33 e 7-35 foram calculados com os seguintes parâmetros:

$$T_{int} = 25,5 \text{ [°C]}$$

$$T_{ext} = 35 \text{ [°C]}$$

$$T_{amp,dia} = 11,6 \text{ [°C]}$$

$$T_m = 29,5 \text{ [°C]}$$

$$T_m = T_{ext} - \frac{T_{amp,dia}}{2} \quad (4.2)$$

Como a temperatura externa e interna para o bloco cirúrgico são diferentes dos parâmetros apresentados, a correção dos valores da CLTD devem ser realizados com a fórmula:

$$CLTD_{corr} = CLTD + (25,5 - T_{int}) + (T_m - 29,4) \quad (4.3)$$

4.1.5. Seleção das CLF's

A seleção da zona C para escolher as CLF's para pessoas, equipamentos e iluminação é retirada da tabela 7 – 39 B para quatro paredes e piso vinil (ASHRAE , 2001).

Os valores de CLF's para pessoas e equipamentos são retirados da tabela 7 – 41 e para a iluminação é retirada da tabela 7- 42 considerando a zona tipo C (ASHRAE , 2001).

4.1.6. Resumo do cálculo da carga de resfriamento

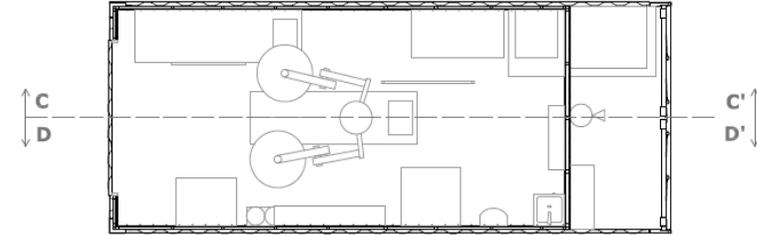
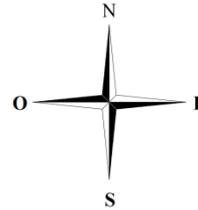
A seguir são apresentadas todas as informações utilizadas para os cálculos de carga térmica do CC e da zona pré/pós-operatória.

Os valores do ganho de calor latente e sensível para os ocupantes foram retirados da Tabela 2. 1 para atividade sedentária.

Os valores do ganho de calor dos equipamentos foram retirados da Tabela 2. 2 e para os equipamentos que não estão listados na tabela foi assumida a média entre os valores comuns de taxa de dissipação de calor desses aparelhos: 135 [W].

Carga térmica para o centro cirúrgico - clima tropical

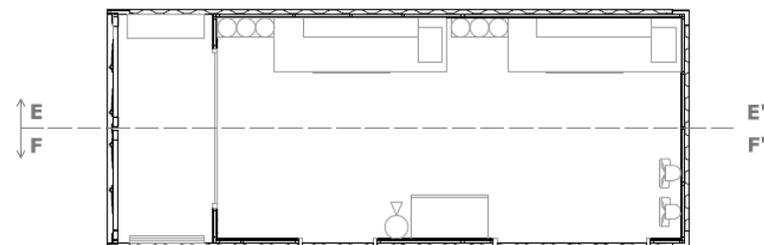
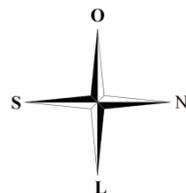
Características Climáticas	
Temperatura externa [°C]	33,1
Temperatura interna [°C]	22
Amplitude de temp. diária [°C]	13,6
Velocidade do vento [m/s]	4,8
Umidade externa [%]	52
Umidade interna [%]	45



Envoltória	Área (m ²)	U (W/m ² K)	CLTD	CLTD _{cor.}	q = UA (CLTD)	q = UAΔT	[W]	CT [TR]	[BTU/h]
Parede Norte	13,1	1,9414	13,8	14,1	358,607	-	358,607	0,10196	1223,61
Parede Leste	6,32	1,9414	20	20,3	249,081	-	249,081	0,07082	849,900
Parede Oeste	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Parede Sul	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Teto	12,35	1,9414	46,12	-	1044,83	-	1044,83	0,29709	3565,11
Piso	12,35	3,1621	-	-	-	433,47	433,47	0,1231	1479,06
Ocupantes	N _p 4	-	q _s 75	q _i 55	CLF 0,91	-	493	0,1402	1682,4
Iluminação	N _l 7	W 55	F _U 1	F _R 1,2	CLF 0,93	-	429,66	0,1221	1465,2
Equipamentos	Quant	W	F _U	F _R	CLF _{equip}	-			
Monitor multip.	1	135	1	1,2	0,86				
Bisturi eletrônico	1	60	1	1,2	0,86				
Desfibrilador	1	135	1	1,2	0,86		668,22	0,190	2280
Aparelho de anestesia	1	177	1	1,2	0,86				
Autoclave	9	135	1	1,2	0,86				
Foco cirúrgico		135	1	1,2	0,86				
Infiltração	Vedação -	ACH -	V _{infiltração} -	q _s -	q _i -	-	-	-	-
Renovação	Volume 31,986	W _{ext} -W _{int} 0,00932	V _{renovação} 0,2221	q _s 3,0327	q _i 6,231	-	9,264	0,00263	31,56
Carga Térmica (CT) Total							3686,13	1,04	12577,2

Carga térmica para zona pré/pós-operatória - clima tropical

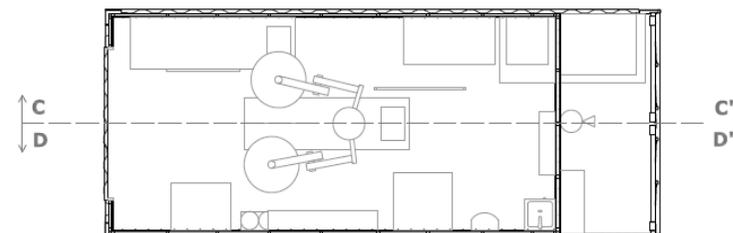
Características Climáticas	
Temperatura externa [°C]	33,1
Temperatura interna [°C]	22
Amplitude de temp. diária [°C]	13,6
Velocidade do vento [m/s]	4,8
Umidade externa [%]	52
Umidade interna [%]	45



Envoltória	Área (m ²)	U (W/m ² K)	CLTD	CLTD _{cor.}	q = UA (CLTD)	q = UAΔT	[W]	CT [TR]	[BTU/h]
Parede Norte	6,32	1,9414	13,8	14,1	173,0074	-	173,007	0,04919	590,28
Parede Leste	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Parede Oeste	13,1	1,9414	15	15,3	389,1270	-	389,127	0,1106	1327,75
Parede Sul	6,32	1,9414	27,7	28	343,560	-	343,560	0,0976	1172,27
Teto	12,35	1,8225	46,12	-	1044,83	-	1044,83	0,2971	3565,11
Piso	12,35	3,1621	-	-	-	433,47	433,47	0,1231	1479,06
Ocupantes	N _p	-	q _s	q _l	CLF	-	246,5	0,0700	840
	2		75	55	0,91				
Iluminação	N _l	W	F _U	F _R	CLF	-	306,9	0,0872	1046,4
	5	55	1	1,2	0,93				
Equipamentos	Quant.	W	F _U	F _R	CLF _{equip}	-	-	-	-
	-	-	-	-	-				
Infiltração	Vedação	ACH	V _{infiltração}	q _s	q _l	-	102,165	0,0290	348
	Boa	0,2757	2,449	33,445	68,720				
Renovação	Volume	W _{ext} -W _{int}	V _{renovação}	q _s	q _l	-	9,264	0,00263	31,56
	31,986	0,00932	0,2221	3,0327	6,231				
Carga Térmica (CT) Total							3048,83	0,86	10402,8

Carga térmica para o centro cirúrgico - clima desértico

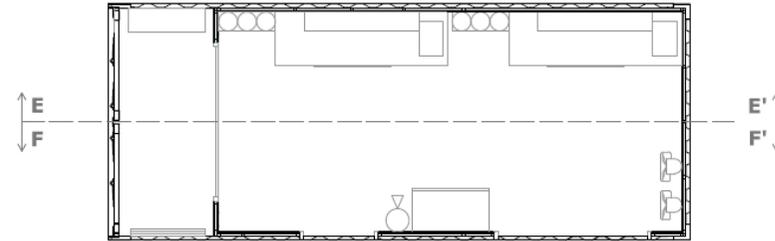
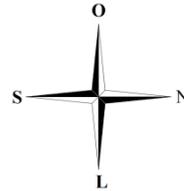
Características Climáticas	
Temperatura externa [°C]	43
Temperatura interna [°C]	22
Amplitude de temp. diária [°C]	14
Velocidade do vento [m/s]	2,9
Umidade externa [%]	23
Umidade interna [%]	45



Envoltória	Área (m ²)	U (W/m ² K)	CLTD	CLTD _{cor.}	q = UA (CLTD)	q = UAΔT	[W]	CT [TR]	[BTU/h]
Parede Norte	13,1	1,9414	16,11	26,11	664,05928	-	664,059	0,1888	2265,86
Parede Leste	6,32	1,9414	16,66	26,66	327,1191	-	327,119	0,09301	1116,17
Parede Oeste	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Parede Sul	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Teto	12,35	1,8225	48,8	58,8	1323,48	-	1323,48	0,3763	4515,9
Piso	12,35	3,1621	-	-	-	820,084	820,084	0,2331	2798,2
Ocupantes	N _p 4	-	q _s 75	q _i 55	CLF 0,91	-	493	0,1402	1682,4
Iluminação	N _l 7	W 55	F _U 1	F _R 1,2	CLF 0,93	-	429,66	0,1221	1465,2
Equipamentos	Quant	W	F _U	F _R	CLF _{equip}	-			
Monitor multip.	1	135	1	1,2	0,86				
Bisturi eletrônico	1	60	1	1,2	0,86				
Desfibrilador	1	135	1	1,2	0,86		668,22	0,190	2280
Aparelho de anestesia	1	177	1	1,2	0,86				
Autoclave	1	135	1	1,2	0,86				
Foco cirúrgico	9	135	1	1,2	0,86				
Infiltração	Vedação -	ACH -	V _{infiltração} -	q _s -	q _i -	-	-	-	-
Renovação	Volume 31,986	W _{ext} -W _{int} 0,00522	V _{renovação} 0,2221	q _s 5,737	q _i 3,490	-	9,227	0,00263	31,56
Carga Térmica (CT) Total							4734,85	1,34	16155,6

Carga térmica para zona pré/pós-operatória - clima desértico

Características Climáticas	
Temperatura externa [°C]	33,1
Temperatura interna [°C]	22
Amplitude de temp. diária [°C]	13,6
Velocidade do vento [m/s]	4,8
Umidade externa [%]	52
Umidade interna [%]	45



Envoltória	Área (m ²)	U (W/m ² K)	CLTD	CLTD _{cor.}	q = UA (CLTD)	q = UAΔT	[W]	CT [TR]	[BTU/h]
Parede Norte	6,32	1,9414	16,11	26,11	320,3705	-	320,370	0,09111	1093,32
Parede Leste	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Parede Oeste	13,1	1,9414	32,7	42,7	1085,995	-	1085,995	0,30879	3705,48
Parede Sul	6,32	1,9414	27,7	37,7	462,5802	-	462,5802	0,13153	1578,39
Teto	12,35	1,9413	48,8	58,8	1323,484	-	1323,484	0,37632	4515,91
Piso	12,35	3,1621	-	-	-	820,084	820,084	0,2331	2798,2
Ocupantes	N _p 2	-	q _s 75	q _i 55	CLF 0,91	-	306,9	0,08726	1047,12
Iluminação	N _l 5	W 55	F _U 1	F _R 1,2	CLF 0,93	-	246,5	0,07009	841,08
Equipamentos	Quant. -	W -	F _U -	F _R -	CLF _{equip} -	-	-	-	-
Infiltração	Vedação Boa	ACH 0,326	V _{infiltração} 2,896	q _s 74,818	q _i 45,511	-	120,329	0,03421	410,52
Renovação	Volume 31,986	W _{ext} -W _{int} 0,00522	V _{renovação} 0,222	q _s 5,737	q _i 3,490	-	9,227	0,00262	31,44
Carga Térmica (CT) Total							4695,47	1,33	16021,2

4.2. MODIFICAÇÕES PROPOSTAS PARA O BLOCO CIRÚRGICO

Basicamente serão propostas duas mudanças para o bloco cirúrgico a fim de minimizar os valores de carga térmica da unidade cirúrgica original, sendo a primeira construtiva em relação ao tipo de isolamento térmico utilizado e a segunda será uma cobertura para sombrear os containers para evitar a incidência solar diretamente nos mesmos.

4.2.1. Isolamento térmico

O isolante refletivo possui condutividade térmica baixa: 0,025 [W/m.K], entretanto é comercializado com espessuras pequenas que o torna desfavorável para aplicação, pois a espessura dos perfis metálicos utilizados para fixar as placas de cartão gesso é de 30 [mm], ou seja, este é o espaço livre que as paredes do bloco possuem para a fixação do isolante térmico. Considerando este espaço e os isolantes térmicos estudados foram selecionados as placas de espuma rígida de poliuretano D/35 com 25 [mm] de espessura. Este tipo de isolante térmico também possui condutividade térmica baixa: 0,023 [W/m.K] e são comercializadas em diversas espessuras. Comumente são usados em caminhões frigoríficos, solos de câmaras frigoríficas e túneis de congelamento.

Tabela 2. Especificações para placa de poliuretano D/35

	Norma Ensaio	Unidades	Valores especificados
Densidade	UNE – EM 1602	kg/ m ²	35± 2
Condutividade térmica	UNE – EM 12667	W/m.K	0,023



Figura 4.4 Placa de poliuretano (ISOTERMIA).

A utilização do novo isolante térmico modifica os coeficientes globais de transferência de calor da parede e da laje de cobertura calculados para o bloco cirúrgico projetado. A placa rígida de poliuretano possui condutividade térmica menor que o isolante refletivo utilizado inicialmente. Além disso, a espessura da placa é maior e, portanto, provoca uma redução considerável da carga de resfriamento para todas as salas do bloco cirúrgico.

4.2.2. Cálculo dos novos coeficientes globais U de transferência de calor

A resistência térmica para a placa de poliuretano D/35 para espessura de 25 [mm] equivale a:

$$R = 1,087 \left[\frac{m^2 K}{W} \right]$$

- Paredes externas

$$U_{parede} = \frac{1}{0,059 + 0,01211 + 0,000066 + 1,087 + 0,160 + 0,0429 + 0,121}$$
$$= 0,6747 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

- Laje da cobertura

$$U_{cobertura} = \frac{1}{0,059 + 0,01211 + 0,000088 + 0,176 + 1,087 + 0,160 + 0,0215}$$
$$= 0,6597 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

4.2.3. Sombreamento

A segunda proposta para minimizar a carga térmica da unidade cirúrgica é a utilização de tendas e toldos para sombrear a área ocupada pelos containers (50,64 m²).

Um mecanismo foi projetado utilizando suportes, varões e lonas para a cobertura dos containers. Para facilitar o entendimento do mecanismo e para auxiliar na instalação do mesmo foi feito um manual de montagem que está presente no CAPÍTULO 6. MANUAIS do presente trabalho. A figura a seguir apresenta o mecanismo montado para um container.



Figura 4. 5 Mecanismo de sombreamento em um container.

Considerando o sombreamento de todos os módulos é possível fazer uma aproximação a partir dos valores tabelados das CLTD's.

O número da parede para a o cálculo das CLTD's mudou para 2, pois o bloco cirúrgico modificado possui um novo valor de U. Sendo assim, os valores das CLTD's da parede são retirados da tabela 7 -35 (Anexo V) para parede número 2. Nesta tabela, é possível verificar que durante a manhã os valores das CLTD's para as direções Norte, Sul e Oeste são menores que durante a tarde. Isto indica que nesse horário as paredes nessas direções estão sombreadas. Para a direção leste ocorre o contrário, é no período da tarde que ocorre o sombreamento da parede voltada para essa direção.

Considerando o sombreamento para as paredes e o teto do bloco cirúrgico são selecionadas as CLTD's para 10:00 nas direções Norte, Sul e Oeste e para 20:00 na direção Leste. Os valores de CLTD's para Clima Tropical e Desértico são listados a seguir:

- Laje de cobertura: 25
- Parede Norte: 5
- Parede Leste: 12,77
- Parede Sul: 3,88
- Parede Oeste: 2,77

4.2.4. Suporte e varão

- Características
 - Comprimento do varão: 2 m
 - Diâmetro do varão: 32 mm
 - Diâmetro das ponteiros: 32 mm
 - Diâmetro dos suportes: 32 mm
 - Material: aço
 - Cor: branco



Figura 4. 6 Suporte e varão (LEROY MERLIN).

4.2.5. Lona

O material da lona selecionada é PVC contendo um filme de blackout interno que diminui a passagem de luz proporcionando, portanto, a redução do calor. Esta lona é 100% impermeável e é Aditivado com anti-UV, anti-fungos e anti-oxidante que evitam amarelar e ressecar a lona. Além disso, é resistente contra rasgos e não propaga chama segundo as normas técnicas do Corpo de bombeiro (CIKALA).

- Características de uma bobina dessa lona
- Medida Linear (Comprimento): 1,40 m X 50 m, total 70m²
 - Largura: 1.40
 - Espessura: 0,45 mm

4.3. CARGA DE RESFRIAMENTO PARA O BLOCO CIRÚRGICO MODIFICADO

A tabela a seguir apresenta novos valores da carga de resfriamento para o bloco cirúrgico com o novo isolamento térmico e com os novos valores da CLTD considerando sombreamento em todas as paredes e no teto da unidade cirúrgica.

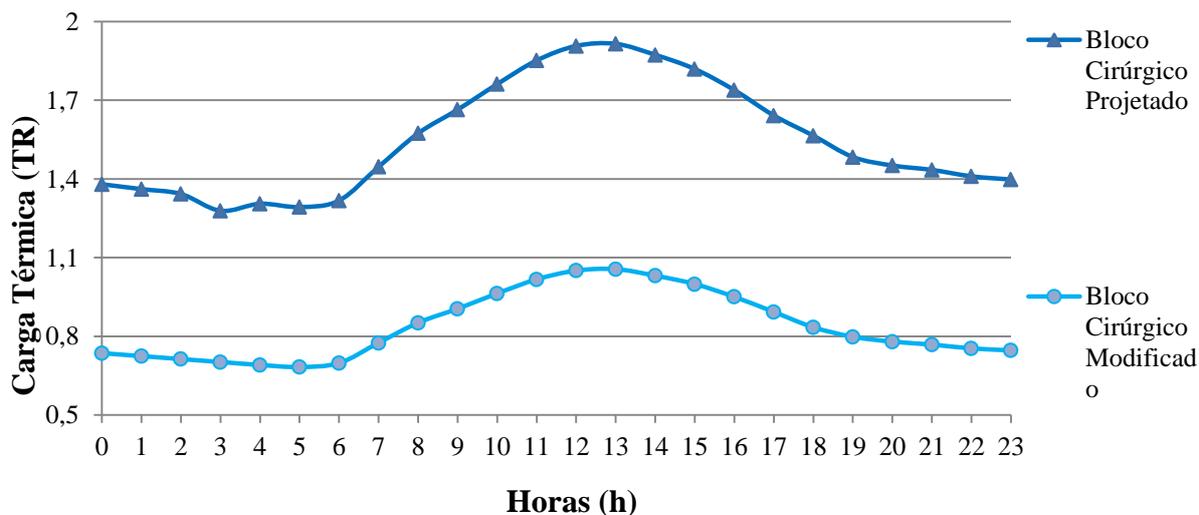
Tabela 4. 2 Comparação dos valores de carga térmica para o bloco cirúrgico.

	Carga térmica do Bloco cirúrgico projetado [TR]	Carga Térmica do Bloco cirúrgico modificado [TR]	Diferença [%]
Centro cirúrgico – Clima tropical	1,04	0,66	36,6
Zona pré/pós-operatória – Clima tropical	0,86	0,39	54,6
Centro cirúrgico – Clima desértico	1,34	0,83	38
Zona pré/pós-operatória – Clima desértico	1,33	0,57	57,1

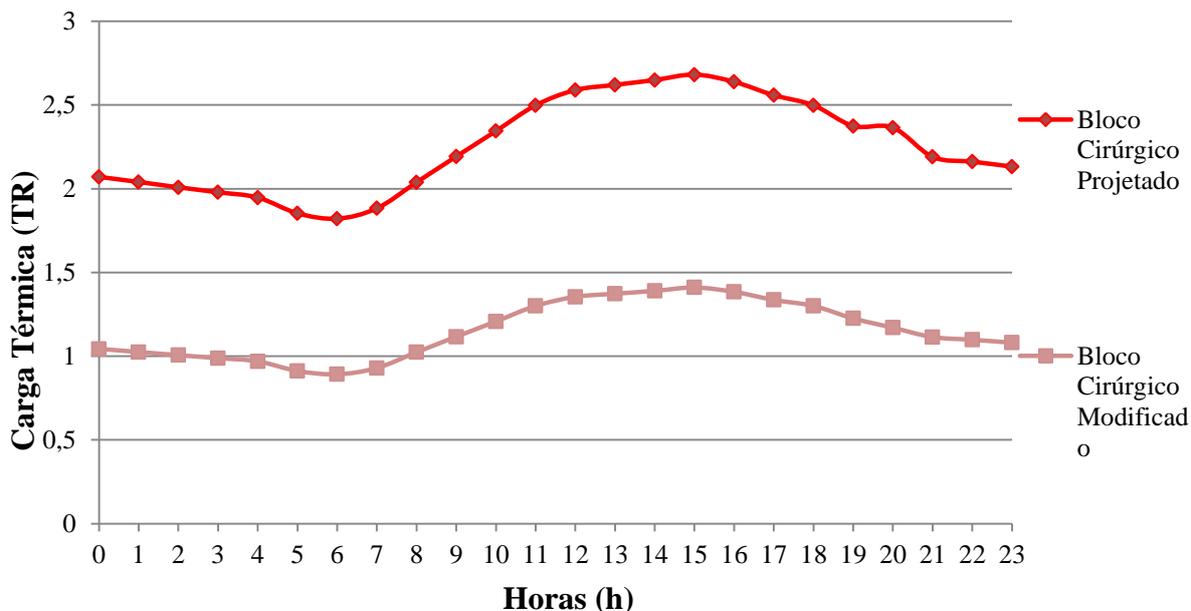
As tabelas dos resumos dos cálculos para carga de resfriamento e a Tabela 4. 2 apresentam todos os resultados referentes ao cálculo de carga térmica do projeto tanto para o clima tropical quanto para o desértico. Como esperado, foram obtidos valores mais baixos da carga térmica para o bloco cirúrgico, após a mudança do isolamento térmico a utilização de um mecanismo de sombreamento dos containers. Com essas modificações, a carga de resfriamento do centro cirúrgico reduziu cerca de 36% enquanto que para zona pré/pós-operatória houve a redução de aproximadamente 54%, considerando o clima tropical. Para o clima desértico os resultados foram ainda mais satisfatórios, a carga de resfriamento do centro cirúrgico reduziu cerca de 38%, enquanto que a zona pré/pós operatória

reduziu aproximadamente 57%. Isto demonstra claramente a necessidade da escolha correta do tipo de isolamento térmico que deve ser utilizado dependendo da aplicação. O sombreamento dos containers também é um fator importante, pois reduz a carga térmica significativamente (aproximadamente 2000 [Btu/h]).

A partir da mesma planilha no Excel para o cálculo das cargas térmicas anteriores, são realizados cálculos para a carga de resfriamento em todos os horários dos dias mais quentes do ano, tanto para o bloco cirúrgico projetado quanto para o modificado. Os resultados obtidos foram plotados e são apresentados a seguir:



Carga térmica do bloco cirúrgico para clima tropical.



Carga térmica do bloco cirúrgico para clima desértico.

Os gráficos mostram claramente a diminuição da carga térmica durante o dia mais quente do ano.

5. PROJETO DO SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO

Este capítulo apresenta o esquema do sistema de climatização, os cálculos de perda de carga e todos os aspectos que foram considerados para a seleção de todos os equipamentos para o sistema de climatização.

5.1. SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR

Como mencionado anteriormente, as aplicações do bloco operatório são, na maioria das vezes, usadas em condições severas como em desertos ou em situações de desastre natural. Por conseguinte, alguns fatores foram considerados imprescindíveis na escolha do sistema de condicionamento de ar para atender tais condições de forma eficiente: ser compacto, ter filtragem do ar adequada e facilidade de manutenção. Tendo em vista esses fatores, foi escolhido um sistema de condicionamento de ar que conta com: ar-condicionado do tipo dutado slim de média pressão estática, grelhas na situação de retorno e exaustão, difusores linear e radial, caixa de mistura, dutos retos, dutos flexíveis e ventilador.

O aparelho de ar condicionado e o ventilador possuem a filtragem recomendada aos centros cirúrgicos. O ar-condicionado é instalado no forro enquanto que o ventilador é instalado externo ao container. Estes dois equipamentos estão instalados na caixa de mistura que é o componente utilizado para misturar o ar de retorno com o ar de ventilação.

O transporte de ar para as salas é realizado pelos dutos retos e flexíveis que insuflam o ar através de difusores lineares e radiais instalados no vão do forro. As grelhas na situação de retorno também são instaladas no vão do forro e permitem que o ar presente na sala possa ser transportado até a caixa de mistura. Em contrapartida as grelhas na situação de exaustão do ar são instaladas nas paredes e permitem a saída do ar circulado dentro das salas. A seguir são apresentados dois esquemas do posicionamento de todos os equipamentos do sistema de condicionamento de ar.

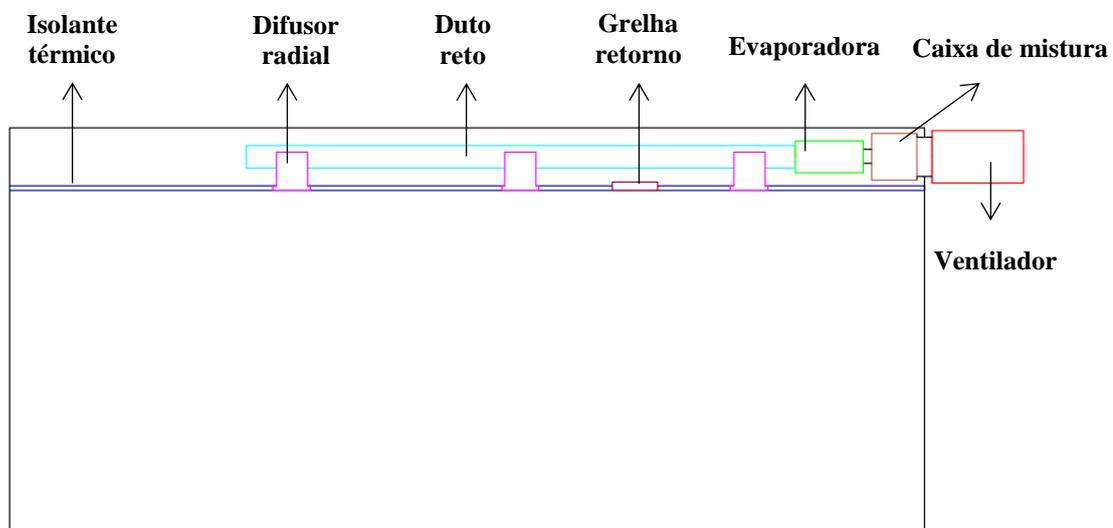


Figura 5. 1 Vista lateral do sistema de climatização para área pré/pós-operatória.

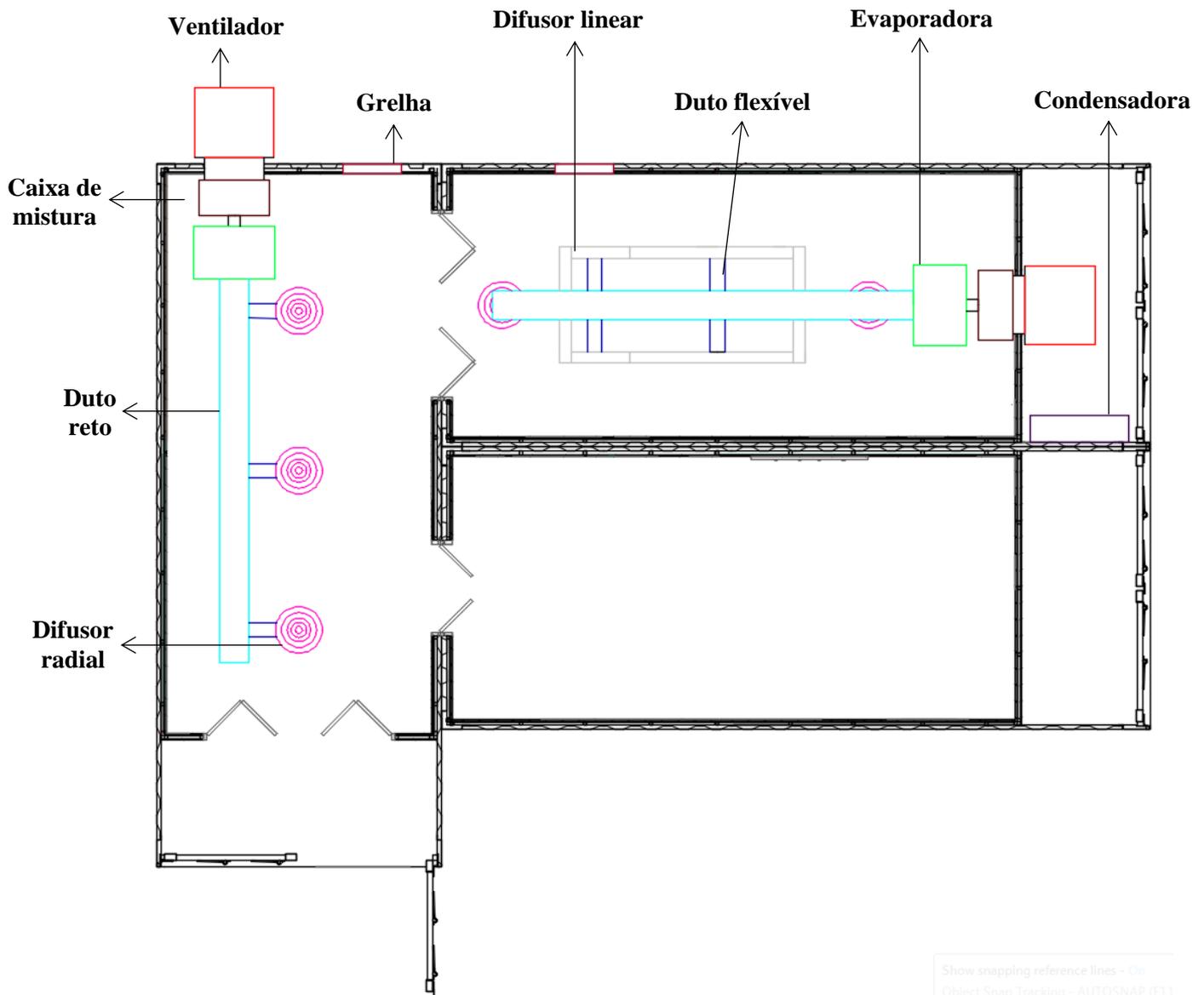


Figura 5. 2 Esquema do sistema de climatização do bloco cirúrgico.

5.2. AR-CONDICIONADO

O aparelho de ar condicionado selecionado para o bloco cirúrgico é composto pelas unidades interna e externa. A evaporadora (unidade interna) é do tipo dutado de média pressão estática. As suas principais características são apresentadas a seguir (MIDEA):

- Características
 - Tamanho compacto. Altura entre 210 e 270 mm;
 - Capacidade varia de 7500 Btu/h – 47800 Btu/h, proporcionando grande flexibilidade de aplicação;
 - Motor do ventilador com 4 velocidades de insuflamento (velocidade super alta como opcional);
 - Válvula EXV embutida na unidade interna, sem necessidade de aquisição de caixas e acessórios extras;

- Filtro de ar incluso, com estrutura de alumínio removível;
- Retorno de ar traseiro ou inferior;
- Duas configurações de pressão estática disponível para maior flexibilidade, com a configuração de velocidade super alta (conforme diagrama ao lado), feita na própria unidade interna, é possível atingir pressões estáticas mais elevadas.



Figura 5. 3 Ar-condicionado dutado slim de média pressão estática (MIDEA).

A evaporadora será instalada no forro da unidade cirúrgica que possui altura de 350 [mm] com espaço livre de 315 [mm] retirando as espessuras de isolamento térmico e da placa de gesso.

As especificações do ar-condicionado dutado slim de média pressão estática são apresentadas no Anexo V do presente trabalho.

5.2.1. Unidade interna para clima tropical

Os valores de carga térmica calculados para o centro cirúrgico e a área pré/pós-operatória considerando clima tropical são equivalentes a 7920 Btu/h e 4680 BTU/h, respectivamente. Portanto foram selecionados dois aparelhos de ar condicionado dutado slim de média pressão estática de 9600 e 7500 Btu/h. Os dados técnicos destes dois equipamentos estão no Anexo V do presente trabalho.

5.2.2. Unidade interna para clima desértico

Os valores de carga térmica calculados para o centro cirúrgico e a área pré/pós-operatória considerando clima desértico são equivalentes a 9960 BTU/h e 6840 BTU/h, respectivamente. Portanto foram selecionados dois aparelhos de ar condicionado dutado slim de média pressão estática de 12300 e 7500 Btu/h. Os dados técnicos destes dois equipamentos estão no anexo V do presente trabalho.

5.2.3. Unidade externa clima tropical

Para atender a demanda de refrigeração da unidade evaporadora do centro cirúrgico e da área pré/pós-operatória que equivalem a 9600 e 7500 Btu/h, foram selecionadas duas unidades

condensadoras de 9000 Btu/h. As características técnicas e as dimensões desta unidade estão apresentadas no Anexo VI.



Figura 5. 4 Unidade condensadora.

5.2.4. Unidade externa clima desértico

Para atender a demanda de refrigeração da unidade evaporadora do centro cirúrgico e da área pré/pós-operatória que equivalem a 12300 e 7500 Btu/h, foram selecionadas unidades condensadoras de 12000 e 9000 Btu/h, respectivamente. As características técnicas e as dimensões desta unidade estão apresentadas no Anexo VI.

5.3. VENTILADOR

A qualidade do ar no ambiente interno do bloco cirúrgico pode ser garantida pela remoção de contaminantes ou por sua diluição. Nesse sentido é de sua importância a utilização de ventiladores que possam insuflar ar externo no ambiente com o objetivo de diluir esses contaminantes. Além disso, esses aparelhos são usados também para eliminar odores ou irritações na parte superior do canal respiratório, em vez de eliminar contaminantes nocivos à saúde. Entretanto, estes contaminantes não devem ser menosprezados (STOECKER e JONES). Sendo assim, são selecionados ventiladores com o mesmo nível de filtragem que os condicionadores de ar que também tem a função de criar pressão positiva na unidade cirúrgica evitando a infiltração de contaminantes e permitir a renovação de ar. Os ventiladores serão utilizados nas salas que necessitam o condicionamento de ar: zona pré/pós-operatória e centro cirúrgico.

A seguir são apresentados aspectos construtivos e as especificações do ventilador selecionado (GRUPO VECO, Acesso em 2016).

- Construção
 - Chapa de aço carbono com tratamento de anticorrosivo e acabamento pintado com tinta a base de poliuretano;
 - Pré-filtro sintético plissado;
 - Filtro absoluto HEPA de 99,99% DOP, classe H14 de acordo com NBR 16401/1;

- Moto ventilador com motor equipado com proteção térmica, motor 220 V, monofásico, 50/60 Hz;
- Tela de proteção;
- Suporte para instalação em paredes;
- Protetor contra chuvas.

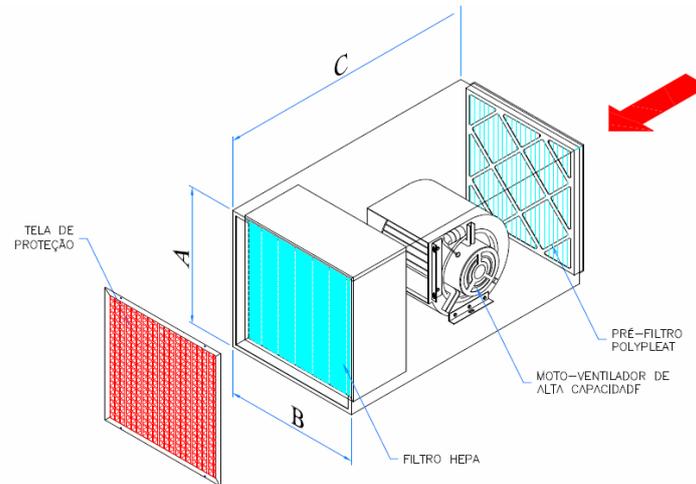


Figura 5. 5 Ilustração do interior do ventilador (GRUPO VECO).

A vazão de renovação calculada para cada uma das salas é de 480 [m³/h]. A seguir serão apresentados o modelo e as características do ventilador selecionado:

- Especificações

- Modelo: UV – 300;
- Vazão nominal: 510 [m³/h];
- Dimensões externas:
 - A: 370 [mm];
 - B: 670 [mm];
 - C: 600 [mm];
- Potência Nominal: 330 [W].

5.4. CAIXA DE MISTURA

A caixa de mistura foi projetada com base nas dimensões da saída do ventilador e do retorno de ar traseiro da evaporadora. Esta caixa possui duas entradas de ar e uma saída e é responsável pela mistura do ar de retorno do ambiente com o ar exterior. O ventilador é instalado em uma das entradas de ar da caixa, enquanto a unidade interna do ar-condicionado é instalada na saída de ar. Na segunda entrada de ar está instalado um damper regulador de vazão que permite controlar as quantidades de ar necessárias

para o perfeito controle das misturas. O manual de fabricação da caixa de mistura está apresentado no CAPÍTULO 6. MANUAIS do presente trabalho.

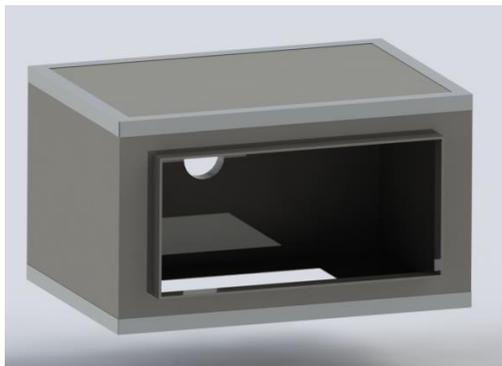


Figura 5. 6 Caixa de mistura.

5.4.1. Damper

Foi selecionado um damper regulador de vazão (HxB: 200x200 [mm]) que possibilita um perfeito balanceamento do sistema instalado. Este damper pode ser utilizado para o controle de:

- fluxo de ar em entradas de ar externo;
- vazão do ar de retorno;
- vazão do ar em dutos e ramais de insuflação.



Figura 5. 7 Damper (NOVAEXAUSTORES).

5.5. DIAGRAMAS UNIFILARES

A partir do valor da vazão de ar do ar-condicionado é possível construir os diagramas unifilares de cada sala.

- Área pré/pós-operatória

A seguir é apresentado um diagrama unifilar contendo os comprimentos e as vazões de cada trecho.

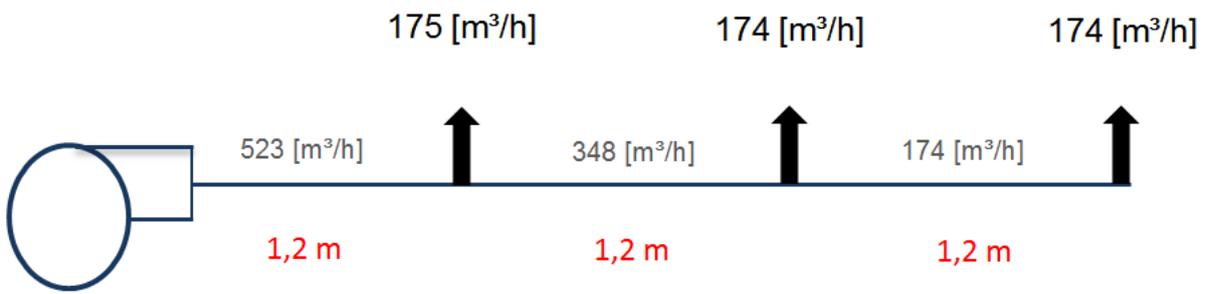


Figura 5. 8 Diagrama unifilar.

É feito uma pré-seleção dos equipamentos e são identificado os trechos retos.

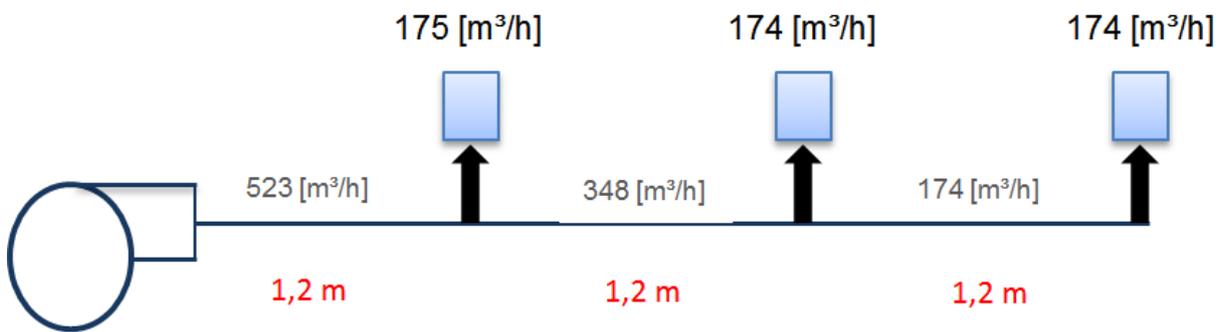


Figura 5. 9 Diagrama unifilar contendo os equipamentos.

As setas pretas representam os dutos flexíveis, enquanto que os quadrados azuis representam os difusores.

- Centro cirúrgico

A seguir é apresentado um diagrama unifilar contendo os comprimentos e as vazões de cada trecho.

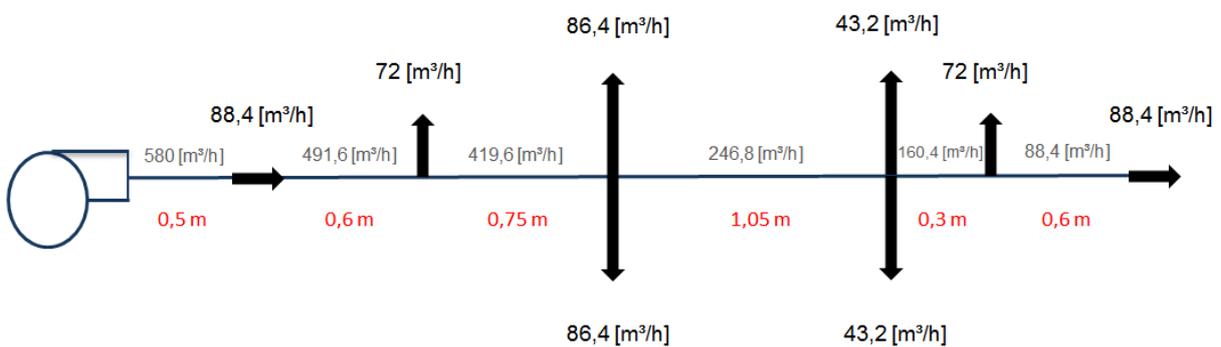


Figura 5. 10 Diagrama unifilar.

É feito uma pré-seleção dos equipamentos e é identificado os trechos retos.

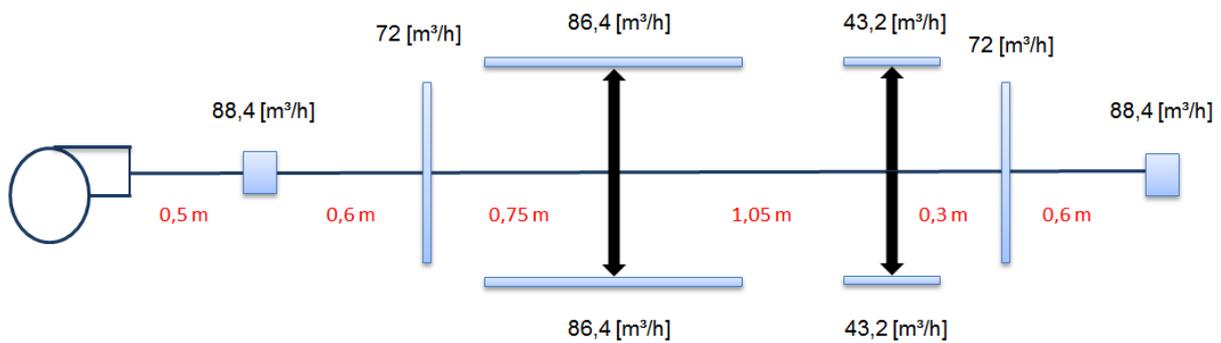


Figura 5. 11 Diagrama unifilar contendo os equipamentos.

Os retângulos azuis representam os difusores lineares.

5.6. DIFUSOR LINEAR

O difusor linear tipo VSD35 é comercializado com 1-4 frestas. O tipo VSD35 pode ser usado em salas com pé direito de aprox. 2,6 m a 4,0 m. Devido à sua reduzida altura os difusores lineares são adequados para serem instalados em vão de forros restritos como é o caso do bloco operatório. A faixa de diferencial de temperatura de ar insuflado recomendada é de ± 10 [K]. Devido às suas características estáveis de descarga os difusores lineares são adequados para serem utilizados em sistemas com fluxos de volume constante e variável. O sentido da descarga de ar pode ser adaptado às condições da sala (TROX).



Figura 5. 12 Difusor linear (TROX).

5.6.1. Cálculo da perda de carga

A perda de carga do difusor linear foi calculada segundo os dados fornecidos no catálogo do fabricante. Foram selecionados seis difusores lineares para o centro cirúrgico, sendo dois de cada comprimento equivalente a: 1500, 1050 e 600 [mm].

- Dados para o difusor linear de comprimento 1500 [mm]:

VSD35-1; Descarga de ar horizontal, linear.

- Comprimento do difusor: $L_1=1500$ [mm]

- Vazão total do fluxo: $Q_f = 24$ [L/s]

- Diâmetro do colarinho: $D = 123$ [mm]

Os dados de potência sonora e perda de carga são retirados do diagrama a seguir:

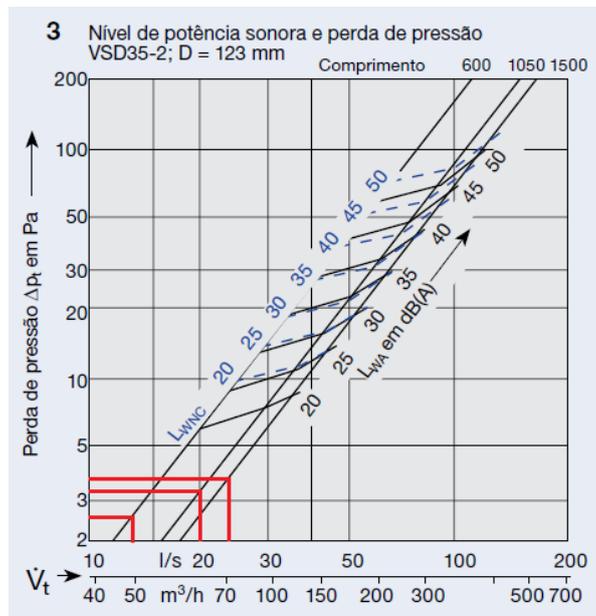


Figura 5. 13 Diagrama 3: nível de potência sonora e perda de pressão para $D = 123$ [mm] (TROX).

Os valores da perda de pressão do diagrama 3 são corrigidos pela tabela a seguir.

Tabela 5. 1 Correção do Diagrama 3: Posição no damper.

D= 123 mm		Descarga de ar horizontal			Descarga de ar angular		
Ângulo do damper		0°	45°	90°	0°	45°	90°
$L_1 = 600$	Δp_t	x 1	x 1.3	x 2.4	x 1.7	x 2.0	x 3.4
$L_1 = 1050$	Δp_t	x 1	x 1.6	x 3.8	x 1.3	x 1.9	x 4.7
$L_1 = 1500$	Δp_t	x 1	x 1.5	x 4.3	x 1.2	x 1.8	x 4.4
	L_{WA}	-	+ 3	+ 5	-	+ 4	+ 7
	L_{WNC}	-	+ 4	+ 6	+ 1	+ 5	+ 8

$$\Delta P = 4 \text{ [Pa]} \times 1 = 4 \text{ [Pa]}$$

$$S = 11 \text{ [dB(A)]}$$

A velocidade efetiva do ar é calculada pela Equação 5.1.

$$V_{eff} = \frac{Q_f}{S_{eff} \cdot L_1 \times 1000} \tag{5.1}$$

$$V_{eff} = \frac{24}{0,0062 \cdot 1,5 \cdot 1000} = 2,58 \text{ [m/s]}$$

- Dados para o difusor linear de comprimento 1050[mm]:

VSD35-1; Descarga de ar horizontal, linear.

- Comprimento do difusor: $L_1 = 1050$ [mm]
- Vazão total do fluxo: $Q_f = 20$ [L/s]
- Diâmetro do colarinho: $D = 123$ mm

Os dados de potência sonora e perda de carga são retirados do diagrama 3, Figura 5. 13:

$$\Delta P = 3,1 \text{ [Pa]} \times 1 = 3,1 \text{ [Pa]}$$

$$S = 20 \text{ [dBa]}$$

A velocidade efetiva do ar é calculada pela Equação 5.1.

$$V_{eff} = \frac{20}{0,0062 \cdot 1,05 \cdot 1000} = 3,07 \text{ [m/s]}$$

- Dados para o difusor linear de comprimento 600 [mm]:

VSD35-1; Descarga de ar horizontal, linear.

- Comprimento do difusor: $L_1 = 600$ [mm]
- Vazão total do fluxo: $Q_f = 12$ [L/s]
- Diâmetro do colarinho: $D = 123$ mm

Os dados de potência sonora e perda de carga são retirados do diagrama 3, Figura 5. 13:

$$\Delta P = 3,2 \text{ [Pa]} \times 1 = 2,6 \text{ [Pa]}$$

$$S = 8 \text{ [dBa]}$$

A velocidade efetiva do ar é calculada pela Equação 5.1.

$$V_{eff} = \frac{12}{0,0062 \cdot 0,6 \cdot 1000} = 3,22 \text{ [m/s]}$$

5.7. DIFUSOR RADIAL

Os difusores circulares radiais foram selecionados com o auxílio de uma ficha técnica com tabelas de seleção rápida (TROX). Este difusor possui registro tipo borboleta para controlar a vazão de insuflamento.

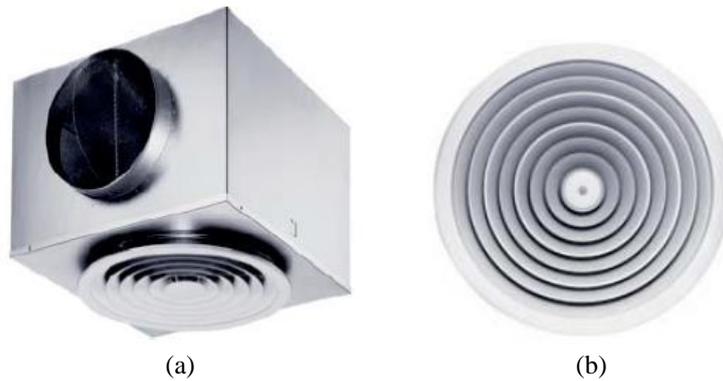


Figura 5. 14 (a) Difusor circular com colarinho, (b) Difusor circular radial (TROX).

As dimensões do difusor são apresentadas no Anexo XIII.

- Área pré/pós-operatória

Foram selecionados dois difusores para área pré/pós-operatória. Suas características são apresentadas a seguir:

$$Q = 180 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

$$S = 35 \text{ [dB(A)]}$$

$$\Delta p = 26 \text{ [Pa]}$$

- Centro cirúrgico

Foram selecionados dois difusores para o centro cirúrgico. Suas características são apresentadas a seguir:

$$Q = 130 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

$$S = 25 \text{ [dB(A)]}$$

$$\Delta p = 14 \text{ [Pa]}$$

5.8. DUTOS FLEXÍVEIS

Os dutos flexíveis selecionados são fabricados de alumínio, poliéster e arame bronzeado, com pequenos furos para atenuar o ruído. Além disso, este duto possui isolamento de lã de vidro no seu interior, Figura 5.15.

- Características

- Diâmetro: 3'' a 20'';

- Comprimento: 6 [m];

- Resistência térmica: 0,6 [m²°C/W];
- Velocidade máx. ar: 25[m/s];
- Pressão máx.: 250 [mmca].



Figura 5. 15 Dutos flexíveis (MULTIVAC).

5.8.1. Cálculo da perda de carga para a área pré/pós-operatória

Para os cálculos das perdas de carga dos dutos flexíveis tanto para a área pré/pós-operatória quanto para o centro cirúrgico foram utilizadas as informações fornecidas pelo próprio fabricante.

Cada difusor dessa sala está conectado a um duto flexível que permite o transporte de ar do duto reto a estes difusores.

A partir da relação a seguir é possível encontrar o valor da velocidade do ar nos dutos.

$$A [m^2] = \frac{Q [m^3/s]}{V [m/s]} \quad (5.2)$$

Dados:

$$Q = 172,8 [m^3/h]$$

$$D = 123 [mm]$$

$$L = 0,3 [m]$$

Cálculo da velocidade do ar no duto.

$$V = \frac{0,048}{\pi \left(\frac{0,123^2}{4} \right)} = 4,04 [m/s]$$

O gráfico da Figura 5.16 indica os valores de perda de carga por metro para duto flexível totalmente esticado pela velocidade do ar [m/s] ou pelo diâmetro do duto. O valor da perda de carga a partir do resultado da velocidade do ar encontrado equivale a:

$$\Delta p = 4,5 [Pa/m]$$

Para o comprimento do tubo flexível de 0,3 m, temos:

$$\Delta p = 1,35 [Pa]$$

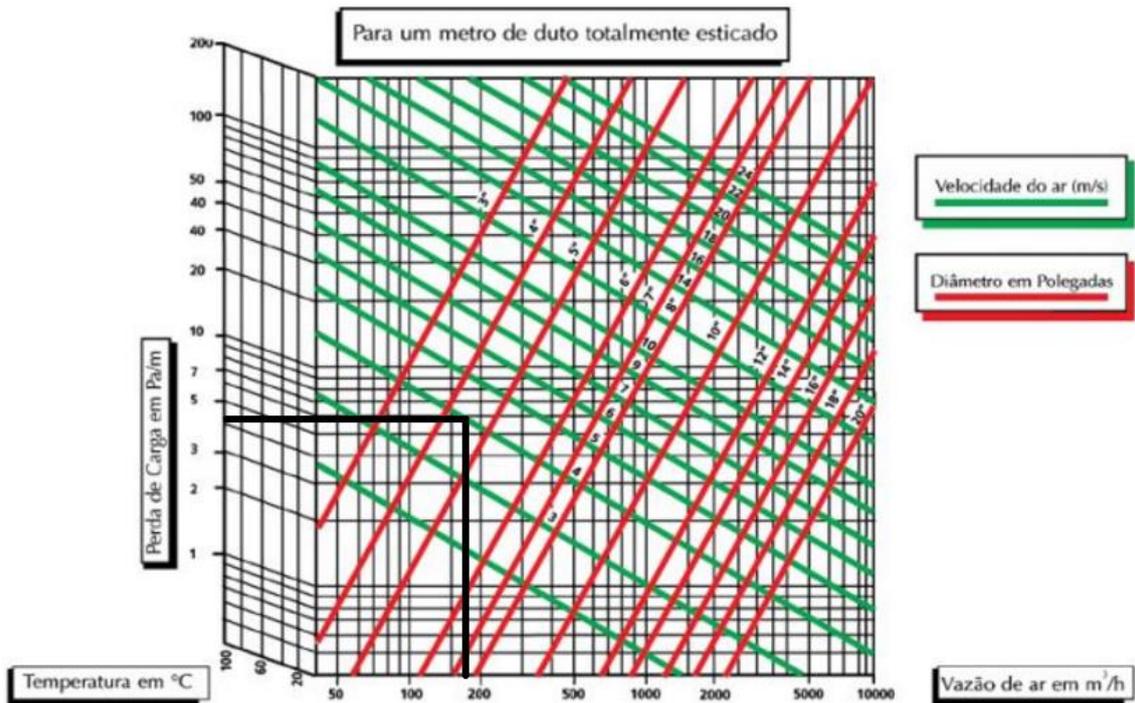


Figura 5. 16 Perda de carga para duto flexível totalmente esticado (MULTIVAC).

5.8.2. Cálculo da perda de carga para o centro cirúrgico

- Perda de carga para o duto flexível que é conectado entre o duto reto e o difusor linear de 1500 [mm] de comprimento.

Dados:

$$Q = 86,4 \text{ [m}^3\text{/h]}$$

$$D = 123 \text{ [mm]}$$

Cálculo da velocidade do ar no duto.

$$V = \frac{0,024}{\pi \left(\frac{0,123^2}{4} \right)} = 2,02 \text{ [m/s]}$$

O gráfico da Figura 5.17 indica os valores de perda de carga para duto flexível curvado. Como os dutos possuem o ângulo de 180° a relação R/D equivale a dois. O valor da perda de carga a partir do resultado da velocidade do ar encontrado equivale a:

$$\Delta p = 0,7 \text{ [Pa]}$$

- Perda de carga para o duto flexível que é conectado entre o duto reto e o difusor linear de 1000 [mm] de comprimento.

$$Q = 72 \text{ [m}^3\text{/h]}$$

$$D = 123 \text{ [mm]}$$

Cálculo da velocidade do ar no duto.

$$V = \frac{0,020}{\pi \left(\frac{0,123^2}{4} \right)} = 1,68 [m/s]$$

$$\Delta p = 0,5 [Pa]$$

- Perda de carga para o duto flexível que é conectado entre o duto reto e o difusor linear de 600 [mm] de comprimento.

$$Q = 43,2 [m^3/h]$$

$$D = 123 [mm]$$

Cálculo da velocidade do ar no duto.

$$V = \frac{0,012}{\pi \left(\frac{0,123^2}{4} \right)} = 1,01 [m/s]$$

$$\Delta p = 0,4 [Pa]$$

- Perda de carga para o duto flexível que é conectado entre o reto e o difusor radial.

$$Q = 72 [m^3/h]$$

$$D = 123 [mm]$$

Cálculo da velocidade do ar no duto.

$$V = \frac{0,020}{\pi \left(\frac{0,123^2}{4} \right)} = 1,68 [m/s]$$

$$\Delta p = 0,5 [Pa]$$

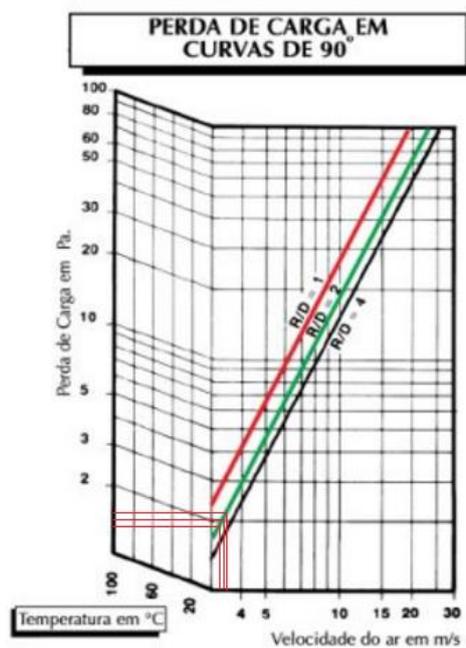


Figura 5. 17 Perda de carga em dutos curvados (MULTIVAC).

5.9. DUTO RETO

Os dutos retos serão instalados na saída da evaporadora no interior do forro. Os dutos flexíveis serão conectados a esses dutos e nos difusores permitindo, assim, o fluxo de ar condicionado para as salas.

Os dutos retos serão fabricados com painel de alumínio pré-isolado com espuma rígida de Poliisocianurato (PIR). Este painel é adequado para construir dutos para ar condicionado. A perfeita combinação entre o alumínio e o núcleo isolante, permite fabricar um duto extremamente leve, porém com grande rigidez estrutural. No painel é incorporado um efetivo agente antimicrobiano em uma das faces do alumínio. Desta forma, obtém-se uma proteção adicional contra atividade microbiana e o duto fabricado a partir deste material se torna ideal para aplicações onde a qualidade do ar interior é requerida, como em salas limpas e hospitais. O painel de alumínio PIR possui as seguintes características (ROCKTEC).

- Características

- Espessura: 20 e 30 [mm]

- Largura: 1200 [mm]

- Condutividade térmica: 0,021 [W/mK] (10°C)



Figura 5. 18 Painéis de alumínio pré-isolado com espuma PIR (ROCKTEC).

Algumas das vantagens do painel de alumínio com espuma PIR são (ROCKTEC):

- Extremamente leve: o painel é extremamente leve. Pesa apenas 15% de um duto metálico;
- Rápido e fácil de instalar: Ao contrário de um duto convencional, o esse painel não apenas é fabricado direto na obra, como também é instalado num processo só. Isso aliado ao baixo peso e a facilidade de efetuar recortes, aumenta muito a velocidade de instalação;
- Baixíssima condutividade térmica: com uma condutividade térmica de apenas 0,21 w/m.k o painel;
- Alta estanqueidade: o sistema construtivo do painel combinado com o sistema de fechamento garante uma excelente estanqueidade muito superior a um duto metálico comum.
- Qualidade do Ar: a pureza do ar conduzido é garantida. A utilização do alumínio na face interna assegura a higiene e limpeza, uma vez que o ar não tem contato com o material isolante, evitando arraste de partículas.
- Não favorece o crescimento de UFC (Unidades Formadoras de Colônias), é isento de óleo (que pode reter sujeiras) e pode ser limpo com escova, sem danificar a superfície.

- Resistência contra fogo (testado no IPT): O painel é feito de poliisocianurato (PIR) que é um poliuretano especificamente desenvolvido para ter mais resistência ao fogo e soltar um mínimo de fumaça. O painel passou todos os testes rigorosos no IPT em relação a fogo e fumaça. É um sistema extremamente seguro.

5.9.1. Cálculo da perda de carga

Para o dimensionamento dos sistemas de dutos retos foi utilizado o método da velocidade que consiste em arbitrar velocidades do ar e calcular as sessões e perdas de carga para as vazões definidas.

- Área pré/pós-operatória

Cada nó do sistema é identificado no diagrama unifilar apresentado anteriormente.

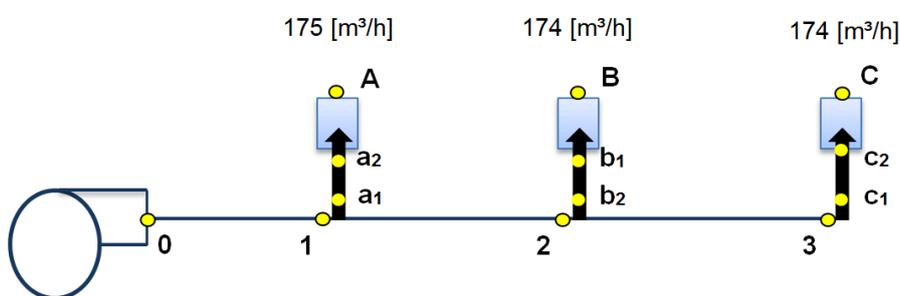


Figura 5. 19 Diagrama unifilar com identificação de cada nó.

O resumo dos cálculos da perda de carga do sistema de climatização da área pré/pós-operatória está apresentado nas tabelas a seguir.

- A relação fundamental para calcular a perda de carga em um duto reto é a equação de Darcy-Weisbach, mostrada abaixo:

$$\Delta p = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2} \cdot \rho \quad (5.3)$$

O resumo dos cálculos da perda de carga do sistema de climatização da área pré/pós-operatória está apresentado nas tabelas a seguir.

Tabela 5. 2 Velocidade padrão de cada trecho.

Trecho	Tipo	Vazão [m³/h]	V [m/s]	Á [m²]	L [m]	D [m]	Altura [m]	B [m]	B padrão [m]	A padrão [m²]	V padrão [m/s]
0-1	Duto reto	523	4,5	0,032	1,2	0,15	-	0,22	0,25	0,038	3,9
1-a1	Ramif. A	175	1,5	0,032	-	0,15	-	0,22	0,25	0,038	1,3
a1-a2	Duto flexível	175	4,04	0,012	0,3	-	0,12	-	-	-	-
a2-A	Difusor radial	175	1,5	0,032	-	0,15	-	0,22	0,25	0,038	1,3
1-2	Duto reto	348	4,5	0,021	1,2	0,15	-	0,14	0,15	0,023	4,3
2-b1	Ramif. B	174	1,5	0,032	-	0,15	-	0,21	0,25	0,038	1,3
b1-b2	Duto	174	4,04	0,012	0,3	-	0,12	-	-	-	-

flexível											
b2-B	Difusor radial	174	1,5	0,032	-	0,15	-	0,21	0,25	0,038	1,3
2-3	Duto reto	174	4,5	0,011	1,2	0,15	-	0,07	0,1	0,015	3,2
3-c1	Ramif. C	174	4,5	0,011	-	0,15	-	0,07	0,1	0,015	3,2
c1-c2	Duto flexível	174	4,04	0,012	0,3	-	0,12	-	-	-	-
c2-C	Difusor radial	174	1,5	0,032	-	0,15	-	0,21	0,25	0,038	1,3

Tabela 5. 3 Perda de carga para cada trecho.

Trecho	Deq [m]	L/Deq	f	p [kg/m ³]	ΔP [Pa]	Δp Ramificação [Pa]	Resumo Δp [Pa]
0-1	0,210	5,7	0,02	1,2	1,0	-	1,0
1-a1	0,210	0,0	0,02	1,2	-	0,74	0,7
a1-a2	-	-	-	1,2	1,4	-	1,4
a2-A	0,210	-	0,02	1,2	-	26	26,0
1-2	0,164	7,3	0,02	1,2	1,6	-	1,6
2-b1	0,210	0,0	0,02	1,2	-	0,37	0,4
b1-b2	-	-	-	1,2	1,4	-	1,4
b2-B	0,210	-	0,02	1,2	-	26	26,0
2-3	0,133	9,0	0,02	1,2	1,1	-	1,1
3-c1	0,133	0,0	0,02	1,2	-	1,99	2,0
c1-c2	-	-	-	1,2	1,4	-	1,4
c2-C	0,210	-	0,02	1,2	0,0	26	26,0

Trecho com maior perda de carga: 0 – C. Perda de carga equivalente a 89 [Pa].

- Centro cirúrgico

Cada nó do sistema é identificado no diagrama unifilar apresentado anteriormente.

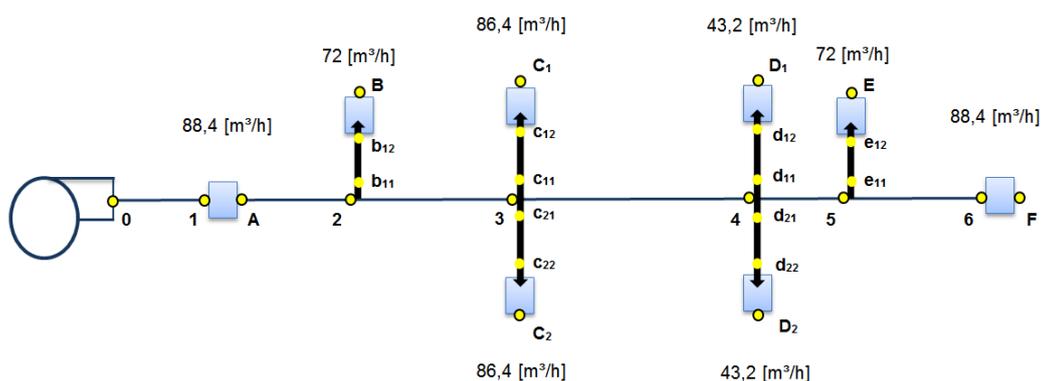


Figura 5. 20 Diagrama unifilar com identificação de cada nó.

O resumo dos cálculos da perda de carga do sistema de climatização do centro cirúrgico está apresentado nas tabelas a seguir.

Tabela 5. 4 Velocidade padrão de cada trecho.

Trecho	Tipo	Vazão [m³/h]	V [m/s]	Á [m²]	L [m]	D [m]	Altura [m]	B [m]	B padrão [m]	A padrão [m²]	V padrão [m/s]
0-1	Duto reto	580,00	4,50	0,036	0,50	-	0,15	0,24	0,25	0,04	4,30
1-A	Difusor radial	88,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A-2	Duto reto	489,60	4,50	0,030	0,60	-	0,15	0,20	0,20	0,03	4,53
2-b1	Ramif. B	72,00	2,00	0,010	-	-	0,15	0,07	0,10	0,02	1,33
b1-b2	Duto flexível	72,00	1,68	0,012	0,30	0,12	-	-	-	-	-
b2-B	Difusor linear	72,00	3,07	0,012	1	0,12	-	-	-	-	-
2-3	Duto reto	417,60	4,50	0,026	0,75	-	0,15	0,17	0,20	0,03	3,87
3-c11	Ramif. C1	86,40	2,00	0,012	-	-	0,15	0,08	0,1	0,02	1,60
c11-c12	Duto flexível	86,40	2,02	0,012	0,70	0,12	-	-	-	-	-
c12-C1	Difusor linear	86,40	2,58	0,012	1,5	0,12	-	-	-	-	-
3-c21	Ramif. C2	86,40	2,00	0,01	-	-	0,15	0,08	0,1	0,02	1,60
c21-c22	Duto flexível	86,40	2,02	0,012	0,70	0,12	-	-	-	-	-
c22-C2	Difusor linear	86,40	2,58	0,012	1,5	0,12	-	-	-	-	-
3-4	Duto reto	244,80	4,5	0,015	1,05	-	0,15	0,10	0,1	0,02	4,53
4-d11	Ramif. D1	43,20	2,00	0,01	-	-	0,15	0,07	0,1	0,02	0,80
d11-d12	Duto flexível	43,20	1,01	0,012	0,7	0,123	-	-	-	-	-
d12-D1	Difusor linear	43,20	3,22	0,012	0,6	0,123	-	-	-	-	-
4-d21	Ramif. D2	43,20	2	0,01	-	-	0,15	0,04	0,1	0,02	0,80
d21-d22	Duto flexível	43,20	1,01	0,012	0,7	0,123	-	-	-	-	-
d22-D2	Difusor linear	43,20	3,22	0,012	0,6	0,123	-	-	-	-	-
4-5	Duto reto	158,40	4,5	0,010	0,3	-	0,15	0,07	0,1	0,02	2,93
5-e1	Ramif. E	72,00	2	0,01	-	-	0,15	0,07	0,1	0,02	1,33
e1-e2	Duto flexível	72,00	1,68	0,012	0,30	0,12	-	-	-	-	-
e2-E	Difusor linear	72,00	3,07	0,012	1	0,123	0,15	0,08	0,1	0,02	1,33
5-6	Duto reto	86,40	4,5	0,005	0,6	-	0,15	0,04	0,1	0,02	1,60
6-F	Difusor radial	88,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 5. 5 Perda de carga para cada trecho.

Trecho	Deq [m]	L/Deq	f	p [kg/m³]	ΔP [Pa]	Δp Ramificação [Pa]	Resumo Δp [Pa]
0-1	0,21	2,38	0,02	1,20	0,51	-	0,51
1-A	-	-	-	1,20	-	14,00	14,00
A-2	0,19	3,18	0,02	1,20	0,76	-	0,76
2-b1	0,13	-	0,02	1,20	0	8,10	8,10
b1-b2	-	-	-	1,20	0,50	-	0,50
b2-B	-	-	-	1,20	3,10	-	3,10
2-3	0,19	3,97	0,02	1,20	0,69	-	0,69

3-c11	0,13	-	0,02	1,20	-	2,5	2,53
c11-c12	-	-	-	1,20	0,70	0	0,70
c12-C1	-	-	-	1,20	4,00	-	4,00
3-c21	0,13	-	0,02	1,20	-	2,5	2,53
c21-c22	-	-	-	1,20	0,70	0	0,70
c22-C2	-	-	-	1,20	4,00	-	4,00
3-4	0,13	7,88	0,02	1,20	1,90	0	1,90
4-d11	0,13	-	0,02	1,20	-	0,63	0,63
d11-d12	-	-	-	1,20	0,40	0	0,40
d12-D1	-	-	-	1,20	2,60	-	2,60
4-d21	0,13	-	0,02	1,20	-	0,63	0,63
d21-d22	-	-	-	1,20	0,40	0	0,40
d22-D2	-	-	-	1,20	2,60	0	2,60
4-5	0,13	2,25	0,02	1,20	0,23	0	0,23
5-e1	0,13	-	0,02	1,20	-	0,39	0,39
e1-e2	-	-	-	1,20	0,50	0	0,50
e2-E	0,13	7,51	0,02	1,20	3,10	-	3,10
5-6	0,13	4,50	0,02	1,20	0,13	0	0,13
6-F	-	-	-	1,20	-	14	14,00

Trecho com maior perda de carga: 0-1, 1-A, A-2, 2-B₁- B₁-B, 2-3, 3-C₁₁, C₁₁-C₁, 3-4, 4-D₁₁, D₁₁-D₁, 4-5, 5-E₁, E₁-E, 5-6, 6-F. Perda de carga equivalente a 52,8 [Pa].

A zona pré/pós-operatória tem maior perda carga. Entretanto, possui menos difusores, conexões e dutos flexíveis. Isto ocorre porque as vazões de cada difusor são elevadas e leva a uma perda de carga alta comparada aos outros componentes do sistema de climatização.

Tanto para o centro cirúrgico quanto para a área pré/pós-operatória serão utilizados dutos de 0,15 x 0,25 m (H x B). O manual de fabricação do duto reto está apresentado no CAPÍTULO 6. MANUAIS do presente trabalho.

5.10. Grelha na situação de exaustão

Grelhas na situação de exaustão foram selecionadas para permitir a saída do ar circulado pelo ar-condicionado nas salas. As grelhas foram selecionadas a partir da ficha técnica UL- persiana de sobre pressão (TROX). Quando a ventilação está em operação às lâminas permanecem na posição aberta pela força dinâmica do ar. Quando a ventilação está desligada as lâminas permanecem na posição de fechado evitando a entrada de folhas e pássaros bem como chuva na instalação.

Materiais construtivos: armação em aço galvanizado, lâminas em alumínio anodizado, apoios em plástico, veios em latão e vedantes em poliéster.



Figura 5. 21 Grelha de sobre pressão (TROX).

5.10.1. Dimensionamento

A norma UNE 100713:2005 recomenda que a vazão de exaustão seja em média 15% menor que a vazão de insuflação para manter as salas com pressão positiva para evitar que entre ar de infiltração exterior. Portanto a partir da vazão do ar insuflado no centro cirúrgico (580 m³/h) e na área pré/pós-operatória (523 m³/s) foram calculadas as vazões das grelhas e foram admitidos valores para a altura e a perda de carga da persiana de sobre pressão.

- Centro cirúrgico

Dados:

- Q = 493 [m³/h]
- H = 215 [mm]
- Δp = 18 [Pa]

A partir do gráfico a seguir é possível encontrar a velocidade de saída do ar dada uma perda de carga.

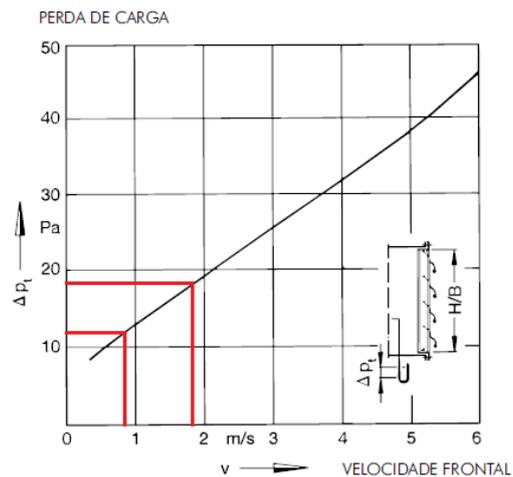


Figura 5. 22 Perda de carga x Velocidade frontal (TROX).

Do gráfico: Δp = 18 [Pa] corresponde a uma V ≅ 1,8 [m/s]

O valor da largura da grelha de sobre pressão é encontrado substituindo os dados na Equação 5.4.

$$V = \frac{Q}{(B \cdot H) \cdot 0,0036} \text{ [m/s]} \quad (5.4)$$

$$B = 353,8 \text{ [mm]}$$

A largura mais próxima comercial do valor encontrado é B = 400 [mm]. Por conseguinte as dimensões da grelha de exaustão são: 400 x 215 [mm].

- Área pré/pós-operatória

Dados:

- Q = 444,55 [m³/h]
- H = 515 [mm]
- Δp = 12 [Pa]

Do gráfico da Figura 5. 22: $\Delta p = 12$ [Pa] corresponde a uma $V \cong 0,9$ [m/s]

O valor da largura da grelha de sobre pressão é encontrado substituindo os dados na Equação 5.4.

$$B = 266,42 \text{ [mm]}$$

A largura mais próxima comercial do valor encontrado é $B = 300$ [mm]. Por conseguinte as dimensões da grelha de exaustão são: 300×515 [mm].

5.11. Grelha na situação de retorno

Grelhas na situação de retorno foram selecionadas para permitir que o ar circulado nas salas possa retornar até a caixa de mistura. As grelhas foram selecionadas a partir de uma ficha técnica com tabelas de seleção rápida (TROX). As grelhas são da série AT e possuem lâminas horizontais ajustáveis e registro para o controle de vazão. Estas são feitas de perfis de alumínio estruído e a sua fixação é feita através de parafusos ocultos.

A partir dos cálculos realizados para a carga térmica do bloco pela planilha Excel é possível obter os valores de renovação de ar para cada sala. A Vazão de renovação para a área pré/pós-operatória é de $480 \text{ m}^3/\text{h}$, enquanto que para o centro cirúrgico é de $576 \text{ m}^3/\text{h}$. Portanto foram selecionadas grelhas para atender essas vazões, as suas dimensões estão presentes no Anexo IX. Também foram selecionados registros para controlar as vazões do ar de retorno.



Figura 5. 23 Grelha série AT (TROX).

5.12. FILTRO HEPA

O filtro incluso na unidade interna do ar-condicionado deve ser trocado para o filtro HEPA que é o mais eficiente dentre os demais tipos de filtro e é o tipo de filtro recomendado para salas limpas como é o caso do bloco cirúrgico.



Figura 5. 24 Filtro HEPA (CONSUL).

5.13. INDICADOR DE TEMPERATURA E UMIDADE

Para monitorar a temperatura e umidade da zona pré/pós-operatória e da sala cirúrgica serão utilizados dois termos-higrômetros.

- Informações técnicas (INCOTERM, Acesso em 2016).
 - Escala interna: 0 [°C];
 - Faixa de medição da temperatura: interna 0 a 50 [°C] e externa -50 a +70 [°C];
 - Faixa de medição da umidade: 15% a 95% (UR);
 - Resolução Temperatura: 0,1 [°C];
 - Resolução Umidade: 1%;
 - Precisão temperatura: ± 1 [°C];
 - Precisão da Umidade: $\pm 5\%$ (UR);
 - Alimentação: 1 pilha 1,5 [V] AAA.



Figura 5. 25 Termo higrômetro digital (INCOTERM).

6. MANUAIS

Este capítulo apresenta os manuais: de fabricação, manutenção, operação e montagem do sombreamento do bloco cirúrgico.

6.1. MANUAL DE FABRICAÇÃO

6.1.1. Caixa de mistura

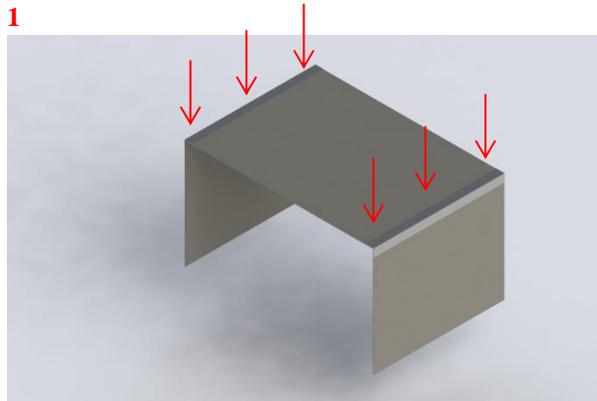
A caixa de mistura é fabricada com chapas de aço galvanizado com espessura de 1,5 [mm]. As dimensões da caixa de mistura são:

- Chapas laterais: 250x300 [mm] (HxB)
- Chapa superior: 300x600 [mm] (HxB)
- Entrada do ar de retorno: 300x600 [mm] (HxB)
- Entrada de ar de ventilação: 250x600 [mm] (HxB)
- Saída de ar para o ar-condicionado: 250x600 [mm] (HxB)

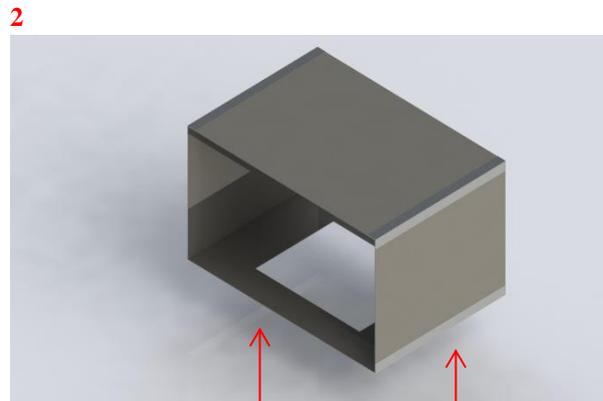
Os seguintes cortes devem ser realizados:

- Corte quadrado no centro da chapa da entrada do ar de retorno: 200x200 [mm] (HxB)
- Corte retangular no centro da chapa de entrada de ar de ventilação: 150 x 500 [mm] (HxB)
- Furo no centro da chapa de saída de ar para o ar-condicionado: \varnothing 92 [mm]

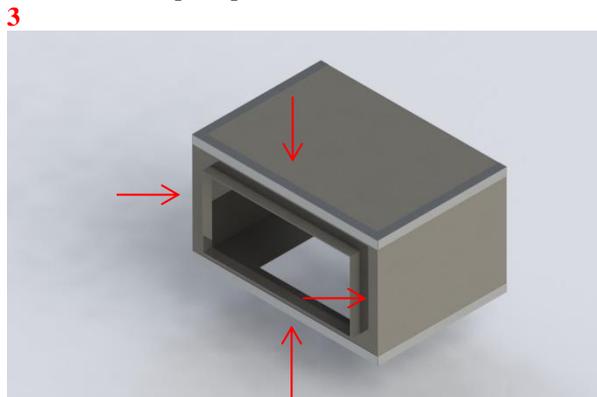
O processo de solda MIG deve ser utilizado para unir essas partes da caixa de mistura.



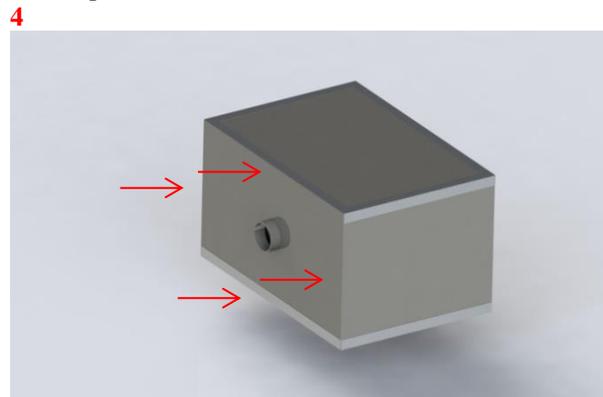
1
As chapas laterais da caixa de mistura devem ser soldadas na chapa superior da caixa.



2
A chapa da entrada do ar de retorno deve ser soldada nas chapas laterais



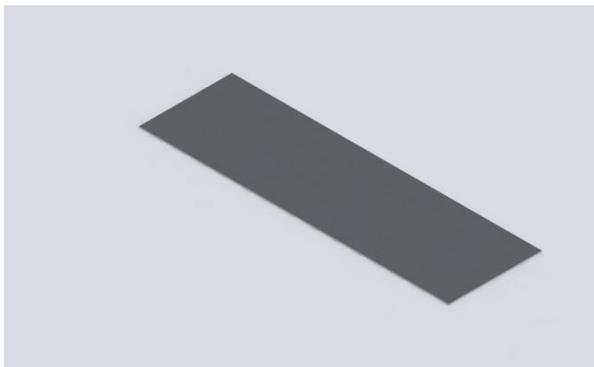
3
A chapa da entrada do ar do ar de ventilação deve ser soldada nas chapas: laterais, superior e inferior.



4
A chapa da saída do ar para o ar-condicionado deve ser soldada nas chapas: laterais, superior e inferior.

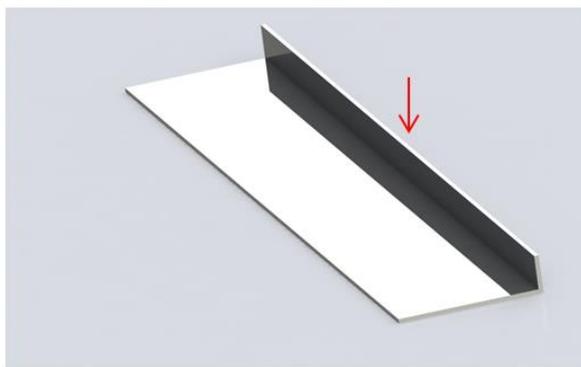
6.1.2. Duto reto

1



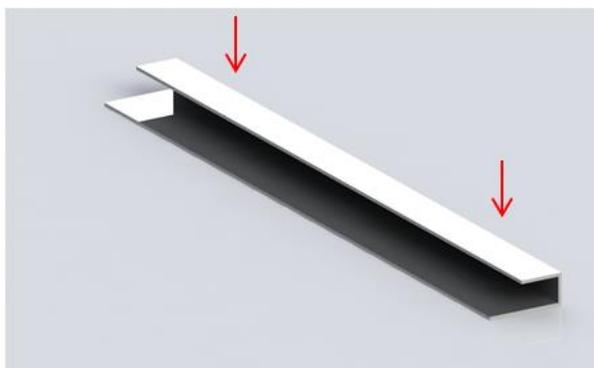
Meça no painel de espuma rígida (LxBxE): (4 x 1,2 x 0,2 [m]) as medidas do duto reto (HxB): (0,15 x 0,25 [m]).

2



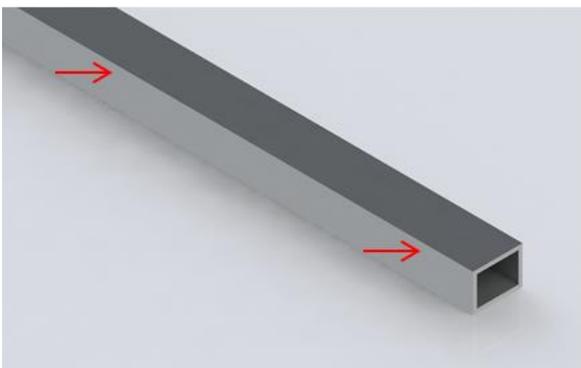
Corte o painel (B: 0,15 [m]) e realize a primeira dobra.

3



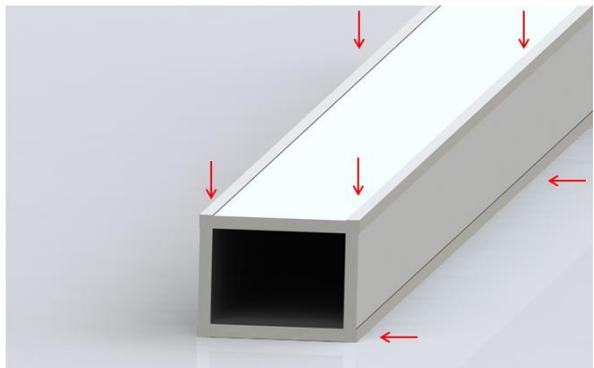
Corte o painel (B: 0,25 m) e realize a segunda dobra.

4



Corte o painel (B: 0,15 m), realize a terceira dobra e feche o duto reto.

5



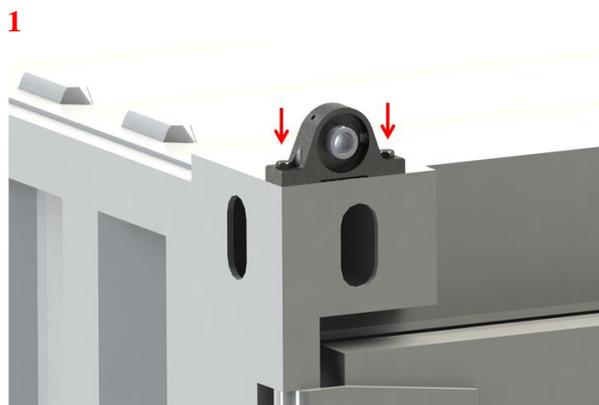
Utilize fita de alumínio e canto de pvc para fixar os cantos do duto.

6

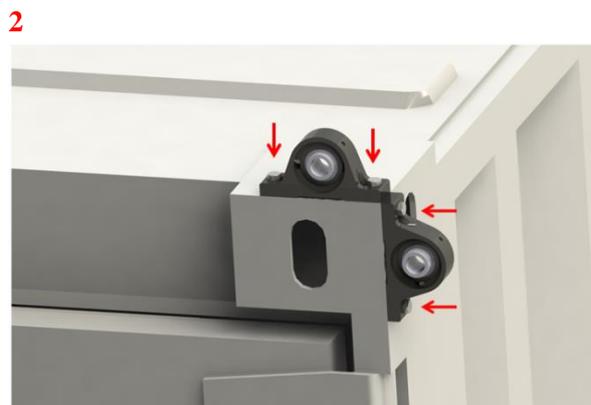


Utilize cola e silicone para selar os dutos.

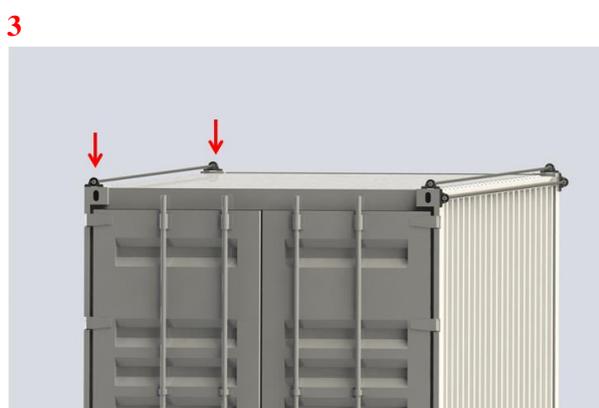
6.2. MANUAL DE MONTAGEM DO SOMBREAMENTO



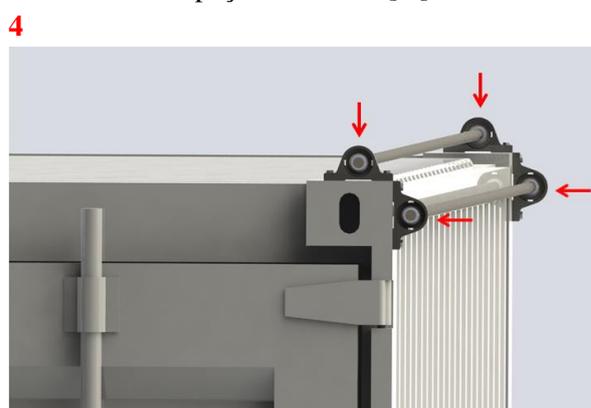
1
Posicione e fixe o suporte no canto superior frontal esquerdo do container. O mesmo procedimento deverá ser realizado na parte traseira e no meio do container com espaçamento de 2 [m].



2
Posicione e fixe dois suportes no canto superior frontal direito do container com um ângulo de 90°. O mesmo procedimento deverá ser realizado na parte traseira e no meio do container com espaçamento de 2 [m].



3
Fixe um varão nos suportes do canto superior esquerdo.



4
Fixe dois varões nos suportes do canto superior direito.



5
Fixe a tenda no varão do canto esquerdo superior.



6
Fixe a tenda no varão do canto esquerdo superior.

6.3. MANUAL DE MANUTENÇÃO

- A manutenção das unidades interna e externa do ar-condicionado devem seguir os manuais de manutenção disponibilizados pelos fabricantes;
- O filtro HEPA da unidade interna do ar-condicionado deve ser substituído de 6 em 6 meses;

- O filtro HEPA do ventilador deve ser higienizado todas as vezes que o bloco operatório mudar de local de atendimento;
- Ao substituir os filtros absolutos, deve-se verificar se há vazamento através do filtro e do aperto da junta;
- Verifique periodicamente a direção do fluxo de ar. Preste bastante atenção na possível redução do fluxo de ar através da variação da queda de pressão através dos filtros. O fluxo de ar deve permanecer constante sempre;
- As grelhas na situação de exaustão devem ser higienizadas em um intervalo de 3 e 3 semanas;
- A Limpeza manual dos difusores lineares e radiais e grelhas de retorno devem ser realizadas todas as vezes que o bloco operatório mudar de local de atendimento.

6.3.1. Dutos retos e flexíveis

A manutenção dos dutos retos e flexíveis deve ser realizada todas as vezes que o bloco cirúrgico mude de local de atendimento da seguinte forma:

- Inspeção visual interna dos dutos;
- Utilizar os acessos ao interior dos dutos retos já existentes (grelhas e difusores) e providenciar abertura de novos acessos se necessário;
- Higienização completa do dos dutos retos com a remoção dos contaminantes;
- Fechar e vedar as aberturas de modo que se restabeleça a integridade/ características dos dutos;
- Descarte adequado do material retirado;
- Não devem ser feitas aberturas em dutos flexíveis;
- Higienização completa do dos dutos flexíveis.

6.4. RECOMENDAÇÕES BÁSICAS PARA OPERAÇÃO

- A sala de vestuário e armazém não necessita de nenhum sistema de condicionamento de ar;
- A área pré/pós-operatória e o centro cirúrgico devem possuir ar-condicionado e devem manter a temperatura interna entre 22 – 24°C;
- As unidades externas do aparelho de ar condicionado devem está situadas na zona de equipamentos e possuírem calço vibratório para diminuir o nível de ruído no bloco cirúrgico quando o mesmo estiver em funcionamento;
- A unidade cirúrgica deve conter um humidificador para controlar a umidade relativa das salas.

7. CONCLUSÕES

Este último capítulo apresenta as conclusões da segunda etapa do projeto de graduação e algumas propostas para um futuro projeto envolvendo este trabalho.

O sistema de climatização do bloco cirúrgico original era bem mais simples que o atual. Aquele contava apenas com isolamento térmico do tipo reflexivo com pequena espessura (3 [mm]) e com um ar-condicionado do tipo Split instalado no centro cirúrgico. A área pré/pós-operatória da unidade cirúrgica original não tinha aparelho condicionador de ar e contava apenas com ventiladores. Já no sistema de climatização do bloco cirúrgico modificado tanto para a sala do centro cirúrgico quanto para a zona pré/pós-operatória conta com: ar-condicionado do tipo dutado slim de média pressão estática, grelhas na situação de retorno e exaustão, difusores linear e radial, caixa de mistura, dutos retos e flexíveis e ventilador.

O aumento no número de equipamentos, a troca do tipo e espessura (25 [mm]) do isolamento térmico e a construção do mecanismo de sombreamento elevou bastante o custo do sistema de climatização (aproximadamente 16.745,05 [R\$]). Entretanto, apesar do aumento dos gastos com o novo sistema é válido ressaltar que a carga térmica do centro cirúrgico reduziu cerca de 36% enquanto para zona pré/pós-operatória reduziu aproximadamente 54%, considerando o clima tropical. Para o clima desértico os resultados foram ainda mais satisfatórios, a carga de resfriamento do centro cirúrgico reduziu cerca de 38%, enquanto para a zona pré/pós-operatória reduziu aproximadamente 57%. Esta redução proporcionou a seleção de um aparelho de ar condicionado com capacidade de refrigeração de aproximadamente 9000 [Btu/h] a menos que o sistema Split selecionado inicialmente e, portanto, possibilitando maior economia de energia.

Apesar do novo sistema de climatização consumir mais energia que o sistema original, pelo número maior de aparelhos de ar-condicionado e pela utilização de ventiladores, esse sistema é capaz de manter os níveis de pressão, temperatura e filtragem de ar adequado para o bloco operatório. Além disso, o sistema atual utiliza difusores lineares acima da mesa de operações e difusores radiais distribuídos pelas salas, diminuindo o risco de transmissão aérea de doenças e proporcionando maior segurança para o paciente e para a equipe média.

O sistema atual também conta com caixa de mistura e grelhas de exaustão e retorno que permitem a renovação do ar e a saída do mesmo, elevando a qualidade do ar insuflado nas salas, ao contrário do sistema de climatização inicial que apenas recirculava o ar, aumentando o risco de infecção no local.

Finalmente, são apresentadas a seguir algumas propostas para o aprimoramento do projeto ou trabalhos futuros:

- Usar simulação computacional para o cálculo da carga térmica

O cálculo de carga térmica do bloco cirúrgico foi realizado sem o auxílio de simulação computacional. Para dar continuidade ao projeto, uma proposta seria a realização de uma simulação térmica como, geralmente, são realizadas em edificações para conferir se os resultados obtidos manualmente estão corretos. Estas simulações permitem modelar o processo térmico e energético dos edifícios antes de serem construídos para buscar diferentes alternativas para melhorar o projeto inicial.

Um dos programas mais utilizados atualmente para esta finalidade é o *EnergyPlus*, que envolve todos os processos de transferência de calor que ocorrem nas superfícies internas e externas. Assim como foi calculado a carga de resfriamento pelo método da CLTD/CLF, esse programa é capaz de contabilizar os ganhos de calor: interno (pessoas, equipamentos e iluminação), pela renovação e infiltração do ar externo e por superfícies opacas e transparentes. Além disso, a simulação permite testar vários sistemas e fontes energéticas para atender a necessidade da energia requerida para resfriar ou aquecer o edifício associado a diferentes condições ambientais e operacionais.

- Melhorar a acessibilidade para as manutenções

Como a evaporadora, dutos retos, dutos flexíveis e a caixa de mistura estão instalados no forro, dificulta o acesso para realizar as manutenções necessárias. Uma solução seria realizar cortes no teto dos containers para facilitar este acesso. Outra proposta construtiva para o bloco cirúrgico é a utilização de grelhas e dutos na zona de equipamentos onde a condensadora está exposta ao ambiente externo, pois as portas principais dos containers devem permanecer abertas. Por uma questão de segurança, quando a unidade cirúrgica estiver em funcionamento essas portas poderiam permanecer fechadas e o ar externo poderia ser transportado para a unidade externa por meio de grelhas e dutos.

- Aumentar o número de condensadoras

Para evitar que o sistema de climatização pare seu funcionamento devido a falhas na condensadora, poderia ser selecionado uma terceira unidade externa que seria utilizada caso fosse necessário à manutenção de algum componente que foi danificado significativamente.

- Desenvolver os manuais

Os manuais de fabricação poderiam ser melhorados para proporcionar confiabilidade ao cliente que necessitar fabricar e posteriormente montar todas as peças da caixa de mistura e do duto reto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários Parte1: Projeto das Instalações**. Primeira. ed. [S.l.]: [s.n.], 2008. 66 p.

ABRAVA. **Higienização em Redes de Ar Condicionado**. Disponível em: <http://www.abrava.com.br/down/DN-QAI/Curso_de_Higienizacao_de_Sistemas_de_Condicionamento_de_Ar_e_Refrigeracao/Araujo.pdf>. Acesso em: Fevereiro 2016.

ADAM, M. Q. et al. In: _____ **Quirófano Modular**. [S.l.]: [s.n.], 2015.

ADIAS. **Princípio de funcionamento de um ar condicionado**. Disponível em: <http://www.adias.com.br/funcionamento_do_ar>. Acesso em: janeiro 2016.

AISLATERMIC. **Aislamiento Térmico Reflexivo**. Disponível em: <<http://www.aislatermic.com/images/Aislatermic.pdf>>. Acesso em: Novembro 2015.

ARCONDICIONADO.COM.BR. **O que é ar condicionado inverter?** Disponível em: <<http://www.arcondicionado.com.br/ar-condicionado-inverter-tecnologia-inverter>>. Acesso em: janeiro 2016.

ARTEMP. **A Importância do Ar Condicionado em Hospitais**. Disponível em: <<http://www.artemp.com.br/2013/10/a-importancia-da-climatizacao-em-hospitais/>>. Acesso em: Setembro 2015.

ASHRAE. **Cooling Load Calculation**, 2001. Disponível em: <http://me.lsu.edu/~meniki/me4643/downloads/Chapter7_CoolingLoadCopy.pdf>. Acesso em: Novembro 2015.

ASHRAE. **Nonresidential Cooling and Heating Load Calculation Procedures**. [S.l.]: [s.n.], v. Capítulo 29, 2001.

ASHRAE. **Heating, Ventilating, and Air-Conditioning APPLICATIONS**. [S.l.]: [s.n.], 2007.

BBC. **Por que o Nepal é tão vulnerável a terremotos?**, 2015. Disponível em: <http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/04/150425_nepal_vulneravel_rb>. Acesso em: fevereiro 2016.

BRICO MARKT. **Pies de pilar regulables**. Disponível em: <<http://www.bricomarkt.com/madera/herrajes-madera/pdf/ficha-base-basic.pdf>>. Acesso em: dezembro 2015.

BRUM, N. C. **Tecnologia do calor.** Disponível em: <http://mecanica.scire.coppe.ufrj.br/uttl/b2evolution/media/nisio/Psicrometria_Aplicada_CA.pdf>. Acesso em: janeiro 2016.

CIKALA. **Lona pvc branca com blackout.** Disponível em: <<http://www.cikala.com.br/bobina-lona-pvc-td-1000-branca-blackout-resistente-a-trac-o-50-metros-lineares>>. Acesso em: Fevereiro 2016.

CONSUL. **Filtro HEPA.** Disponível em: <<http://www.consul.com.br/produto/filtro-hepa-para-ar-condicionado-split-consul/#especificacoes>>. Acesso em: Fevereiro 2016.

CW ESTRUTURAS METÁLICAS. **Container Marítimo.** Disponível em: <http://www.cwestruras.com.br/container_maritimo.html>. Acesso em: 2015.

DICKERT, A. **Análise Comparativa de Distintos Materiais Isolantes Térmicos e sua Sustentabilidade no Campo do Frio.** Disponível em: <<file:///C:/Users/Fam%20ADlia/Downloads/An%C3%A1lise%20Comparativa%20de%20Distintos%20Materiais%20Isolantes%20T%C3%A9rmicos%20e%20sua%20Sustentabilidade%20no%20Campo%20do%20Frio%20Rev%20XVIII.pdf>>. Acesso em: Novembro 2015.

EATON. **Manual for the EATON ATC-300.** Disponível em: <<http://www.eaton.com/ecm/groups/public/@pub/@electrical/documents/content/ib01602009e.pdf>>. Acesso em: Dezembro 2015.

EL MUNDO. **El Seísmo en Nepal Deja ya Casi 1.900 Muertos,** 2015. Disponível em: <<http://www.elmundo.es/internacional/2015/04/25/553b3d3122601d26658b456f.html>>. Acesso em: Outubro 2015.

EL MUNDO. **Número de Muertos por terremoto en Nepal supera ya los 8.000,** 2015. Disponível em: <<http://www.dw.com/es/n%C3%BAmero-de-muertos-por-terremoto-en-nepal-supera-ya-los-8000/a-18442202>>. Acesso em: Outubro 2015.

ENERGIA BELÉM. **LUMINÁRIA DE EMERGÊNCIA AVANT 30 LEDS.** Disponível em: <https://www.energiabelem.com.br/produto_86_luminaria-de-emergencia-avant-30-leds-.html>. Acesso em: 2016.

ENGINEERINGTOOLBOX. **Roughness & Surface Coefficients of Ventilation Ducts.** Disponível em: <http://www.engineeringtoolbox.com/surface-roughness-ventilation-ducts-d_209.html>. Acesso em: Fevereiro 2016.

FARIA, C. **Clima Tropical.** Disponível em: <<http://www.infoescola.com/geografia/clima-tropical/>>. Acesso em: Outubro 2015.

FIC FRIO. **Compressores rotativos x alternativos vantagens e desafios.** Disponível em: <http://www.refrigeracao.net/Assuntos_atuais/Compressor_rot_X_alt.pdf>. Acesso em: janeiro 2016.

FILHO, R. M. D. B. **Metais e Ligas Metálicas**. Disponível em: <http://faculdadeinap.edu.br/materiais_didaticos_disciplinas/materiais%20e%20tecnologia/metais_e_ligas_metlicas.pdf>. Acesso em: Outubro 2015.

FOCACCIA, R. **Tratado de Infectologia**. 4ª. ed. [S.l.]: Atheneu, v. 1, 2005.

FORATO, D. **Gás refrigerante**, 2012. Disponível em: <http://denilsonforato.blogspot.com.br/2012_11_06_archive.html>. Acesso em: janeiro 2016.

G1. **Países Pobres têm 93% das Doenças do Mundo**, 2007. Disponível em: <<http://g1.globo.com/Noticias/Ciencia/0,MUL156209-5603,00-PAISES+POBRES+TEM+DAS+DOENCAS+DO+MUNDO+DIZ+OMS.html>>. Acesso em: Setembro 2015.

G1. **Forte Terremoto Atinge Índia e Nepal e Provoca Avalanche no Himalaia**, 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/mundo/noticia/2015/04/forte-terremoto-atinge-india-e-nepal-e-provoca-avalanche-no-himalaia.html>>. Acesso em: Outubro 2015.

GENTILINI, R. A.; MENDES, N.; MENDONÇA, K. **Avaliação da Predição dos Métodos de Cálculo de Carga Térmica CLTD e Balanço de Energia para uma Edificação de Pequeno Porte**. MERCOFRIO 2014 - 9º Congresso Internacional de Ar Condicionado, Refrigeração, Aquecimento e Ventilação. Porto Alegre: [s.n.]. 2014. p. 10.

GOMES, C. **Centro Cirúrgico**, 2014. Disponível em: <<http://slideplayer.com.br/slide/283752/#>>. Acesso em: Outubro 2015.

GOULART, S. V. G.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. **Dados Climáticos para Projeto e Avaliação Energética de Edificações para 14 Cidades Brasileiras**. 2ª. ed. Florianópolis: [s.n.], 1998.

GOVERNO DA PARAÍBA. **Hospital de campanha começa a receber pacientes em suas instalações**, 2015. Disponível em: <<http://paraiba.pb.gov.br/hospital-de-campanha-comeca-a-receber-pacientes-em-suas-instalacoes/>>. Acesso em: Novembro 2015.

GRUPO VECO. **Unidade de ventilação**. Disponível em: <http://www.academia.edu/17572150/07-CLARISSA_ZOMER_2009>. Acesso em: janeiro 2016.

HYUNDAI. **Hyundai 2015 - 16**. Disponível em: <http://sonpicornell.eu/images/sonpicornell/GRUPOS/HYUNDAI/HUYNDAI_cataleg_2015_16.pdf>. Acesso em: Dezembro 2015.

INCOTERM. **Termo-higrômetro digital**. Disponível em: <<http://www.incoterm.com.br/saude/7663+02+0+00+termo-higrometro+digital>>. Acesso em: janeiro 2016.

INTERNATIONAL STANDARD. **ISO 668 Series 1 freight containers — Classification, dimensions and ratings**. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/221785902/ISO-668-Freight-Containers#scribd>>.

ISOTERMIA. **Aislamiento de suelo de cámaras frigoríficas**. Acesso em: Novembro 2016.

IVE. INSTITUTO VALENCIANO DE LA EDIFICACIÓN. **Productos y Materiales Propiedades de Aislantes Térmicos para Rehabilitación energética**. Disponível em: <http://www.five.es/descargas/archivos/P1_portada.pdf>. Acesso em: Novembro 2015.

JARABA, C. R. Estudo comparativo del método de cálculo de carga térmica para sistemas de aire acondicionado en buques. **Ciencia & Tecnología de Buque**, 2007.

KOPPEN WORLD MAP. **Koppen world map**, 2015. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Koppen_World_Map_Hi-Res.png>. Acesso em: setembro 2015.

LEROY MERLIN. **Varão inspire branco**. Disponível em: <http://www.leroymerlin.com.br/kit-de-varao-inspire-branco-2m-32mm_86952936?origin=efcd03faa9e74dcfdedbd9c0>. Acesso em: fevereiro 2016.

LG. **Aire Acondicionado**. Disponível em: <<http://www.lg.com/co/aire-acondicionado-residencial/lg-SP122CM>>. Acesso em: Outubro 2015.

MEGACLIMA. **A História do Ar Condicionado**. Disponível em: <<http://www.megaclima.pt/informacoes-historia-ac.php>>. Acesso em: Outubro 2015.

MELO, A. P.; BARCELOS, M. M. **Energia**. Disponível em: <<http://www.engenhariaearquitectura.com.br/noticias/417/Engenheiros-e-arquitetos-se-rendem-ao-EnergyPlus.aspx>>. Acesso em: janeiro 2015.

MIDEA. **Manual de projeto unidades internas**. Disponível em: <http://cdn-carrier-qa.brivia.com.br/downloads_docs/441b7-Manual-de-Projeto---mproj.-mdv4--unidades-internas---b---10.13.pdf>. Acesso em: Fevereiro 2016.

MINISTERIO DE SALUD. Sistema de Aire Acondicionado en Instalaciones de Salud. Disponível em:

<<http://www.minsa.gob.pe/dgiem/cendoc/pdfs/SISTEMA%20AIRE%20ACONDICIONADO%20INSTALACIONES%20DE%20SALUD.pdf>>. Acesso em: Outubro 2015.

MOREIRA, J. R. S. **Processos de Transferência de Calor**, 2012. Disponível em: <<http://sites.poli.usp.br/pme/sisea/Portugues/disciplinas/ApostilaPME2361/Aulas%201-11-Condu%C3%A7%C3%A3o.pdf>>.

MULTI-AR. **O filtro do ar condicionado**. Disponível em: <<http://www.multiar.blog.br/o-papel-dos-filtros-no-ar-condicionado/>>. Acesso em: janeiro 2016.

MULTI-AR. **Ar condicionado split midea inverter 9000 Btu.** Disponível em: <<http://www.multiar.com.br/ar-condicionado-split-midea-vita-inverter-9000-btus-frio/p>>. Acesso em: fevereiro 2016.

NEPOMUCENO, J. **Coefficientes de Condutividade Térmica de Materiais**, 2012. Disponível em: <<http://juliananarquitectura.blogspot.com.br/2012/03/coeficientes-de-condutividade-termica.html>>.

Acesso em: Novembro 2015.

NEVES, P. **No Caminho da Ciência: a saúde no mundo**, 2014. Disponível em: <http://menuleiturasbeco.blogspot.com.br/2014/02/no-caminho-da-ciencia_16.html>. Acesso em: Setembro 2015.

NEWTEMP. **Benefícios do Ar Condicionado para a Climatização Hospitalar.** Disponível em: <<http://blog.newtemp.com.br/index.php/beneficios-do-ar-condicionado/beneficios-do-ar-condicionado-climatizacao-hospitalar/>>.

NOVAEXAUSTORES. **DAMPER.** Disponível em: <<http://www.novaexaustores.com.br/produto/damper-regulador-de-vazao-em-chapa-galvanizada/4145>>. Acesso em: Fevereiro 2016.

NUNES, N. V. **Elementos de Isolamento Térmico de Instalações.** 4ª. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 1972.

PARDELL, J. **Clasificación de Quirófanos**, 2015. Disponível em: <<http://www.electromedicina.pardell.es/clasificacion-quirofanos.html>>. Acesso em: outubro 2015.

PHILIPS. **Arano LED BCS640.** Disponível em: <http://www.lighting.philips.com/main/prof/indoor-luminaires/surface-mounted/arano-led-bcs640/910504075603_EU/product>. Acesso em: Novembro 2015.

PHILIPS. **Celino TPS680/682.** Disponível em: <http://www.lighting.philips.com/main/prof/indoor-luminaires/suspended/celino-tps680-682/910501397303_EU/product>. Acesso em: Setembro 2015.

PHILIPS. **FCW098 Mini Vandalite.** Disponível em: <<http://www.lighting.philips.com/main/prof/indoor-luminaires/waterproof-and-cleanroom/waterproof-luminaires/mini-vandalite-fcw098>>. Acesso em: Setembro 2015.

POLIPARTES. **Calço Condensadora Ar Condicionado Mini Até 32Kg Parafuso 5/16.** Disponível em: <<http://www.polipartes.com.br/calco-condensadora-mini-80453/p>>. Acesso em: janeiro 2016.

POLIURETANOS. **Plancha de Poliuretano D/35.** Disponível em: <www.poliuretanos.com>. Acesso em: Novembro 2015.

PONS, A. B. **Climas y paisajes de la Tierra**, 2012. Disponível em: <<http://iessonferrerdgh1e07.blogspot.com.br/2012/11/ud-6-climas-y-paisajes-de-la-tierra.html>>. Acesso em: Outubro 2015.

PORTAL DA REFRIGERAÇÃO. **Compressores.** Disponível em: <<http://www.refrigeracao.net/Topicos/compressores.htm>>. Acesso em: janeiro 2016.

POSSARI, J. F. **Centro Cirúrgico Planejamento, Organização e Gestão.** 5ª. ed. São Paulo: Iátria, 2013.

PROTEC. **Painel para Rede de Gases - Quality One.** Disponível em: <<http://www.protec.com.br/produto/gradeProdutos/categoria:30>>. Acesso em: Novembro 2015.

REFRIMAQ. **História do Ar Condicionado.** Disponível em: <<http://cursodearcondicionado.com/historia-do-ar-condicionado/>>.

ROCKTEC. **Duto flexível isolado.** Disponível em: <<http://rocktec.com.br/>>. Acesso em: fevereiro 2016.

ROCKTEC. **Alupir.** Disponível em: <<http://rocktec.com.br/alupir/>>. Acesso em: Fevereiro 2016.

ROMANI, T. K. **Iluminância em Centros Cirúrgicos em Cuiabá: Estudo de Caso, Cuiabá,** 2013.

SARRES, C. **OMS diz que Qualidade da Saúde Melhorou nos Países Pobres, mas está Longe do Desejado,** 2013. Disponível em: <<http://www.ebc.com.br/noticias/saude/2013/05/oms-diz-que-qualidade-da-saude-melhorou-nos-paises-pobres-mas-esta-longe-do>>. Acesso em: Setembro 2015.

SHERWIN. **Pintura Vinílica Antibacterial.** Disponível em: <<https://www.sherwin.com.mx/productos/leed/pvinilicaanti.html>>. Acesso em: Dezembro 2015.

TEIXEIRA, A. M. C. **Evolução da Cirurgia,** 2005. Disponível em: <<http://www.hportugues.com.br/hospital/noticias/2005/janeiro/artigo-evolucao-da-cirurgia>>. Acesso em: Outubro 2015.

TH COAT. **Temp-coat 101.** Disponível em: <<http://www.thcoat.com/tempcoat-temp-coat-101.html>>. Acesso em: Novembro 2015.

TIBA. **Transporte Marítimo em Contenedor Reefer.** Disponível em: <<http://www.tibagroup.com/es/transporte-maritimo-contenedor-reefer>>. Acesso em: Outubro 2015.

TROX. **Tabelas de seleção rápida - Grelhas.** Acesso em: Janeiro 2016.

TROX. **Difusor circular radial.** Disponível em: <http://www.contimetra.com/catalogos/net_dep_arcondicionado/fichas/trox/difusores_e_grelhas/adlr_ficha_trox_sp.pdf>. Acesso em: Fevereiro 2016.

TROX. **Persiana de sobre pressão.** Disponível em: <http://www.contimetra.pt/catalogos/net_dep_arcondicionado/fichas/trox/reguladores_caudal_ar/ul_kul_ficha_trox_sp.pdf>. Acesso em: Fevereiro 2016.

TROX. **Difusor linear.** Disponível em: <http://www.contimetra.com/catalogos/net_dep_arcondicionado/fichas/trox/difusores_e_grelhas/vsd35_ficha_trox_sp.pdf>. Acesso em: Fevereiro 2016.

TROX. **Grelha de alumínio.** Disponível em: <http://www.contimetra.com/catalogos/net_dep_arcondicionado/fichas/trox/grelhas/at_ficha_trox_sp.pdf>. Acesso em: Fevereiro 2016.

TUBINO, P.; ALVES, E. História da Cirurgia, 2009.

VEJA. **Infecções Hospitalares são mais Comuns em Países em Desenvolvimento**, 2010. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/saude/infeccoes-hospitalares-sao-mais-comuns-em-paises-subdesenvolvidos/>>. Acesso em: Setembro 2015.

VENTDEPOT. **Procedimiento de Cálculo para Equipos de Aire Acondicionado.** Disponível em: <<http://www.ventdepot.net/mexico/procedimientoscalculo/Procedimiento%20de%20Calculo%20Aire%20Acondicionado%20VentDepot.pdf>>. Acesso em: Outubro 2015.

VICENTE, G. H. E.; DANIEL, O. M. J. **Aplicación de Aislante Térmico en un Aula Académica para el Ahorro de Energía.** Poza Rica: [s.n.], 2011.

VICREONENERGY. **Multiplus - 3kva.** Disponível em: <<https://www.victronenergy.com.br/inverters-chargers/multiplus-12v-24v-48v-800va-3kva>>. Acesso em: Dezembro 2015.

VICTRONENERGY. **Bateria de lítio de 24 V 180 Ah.** Disponível em: <<https://www.victronenergy.com.es/batteries/lithium-battery-24v-180ah>>. Acesso em: Dezembro 2015.

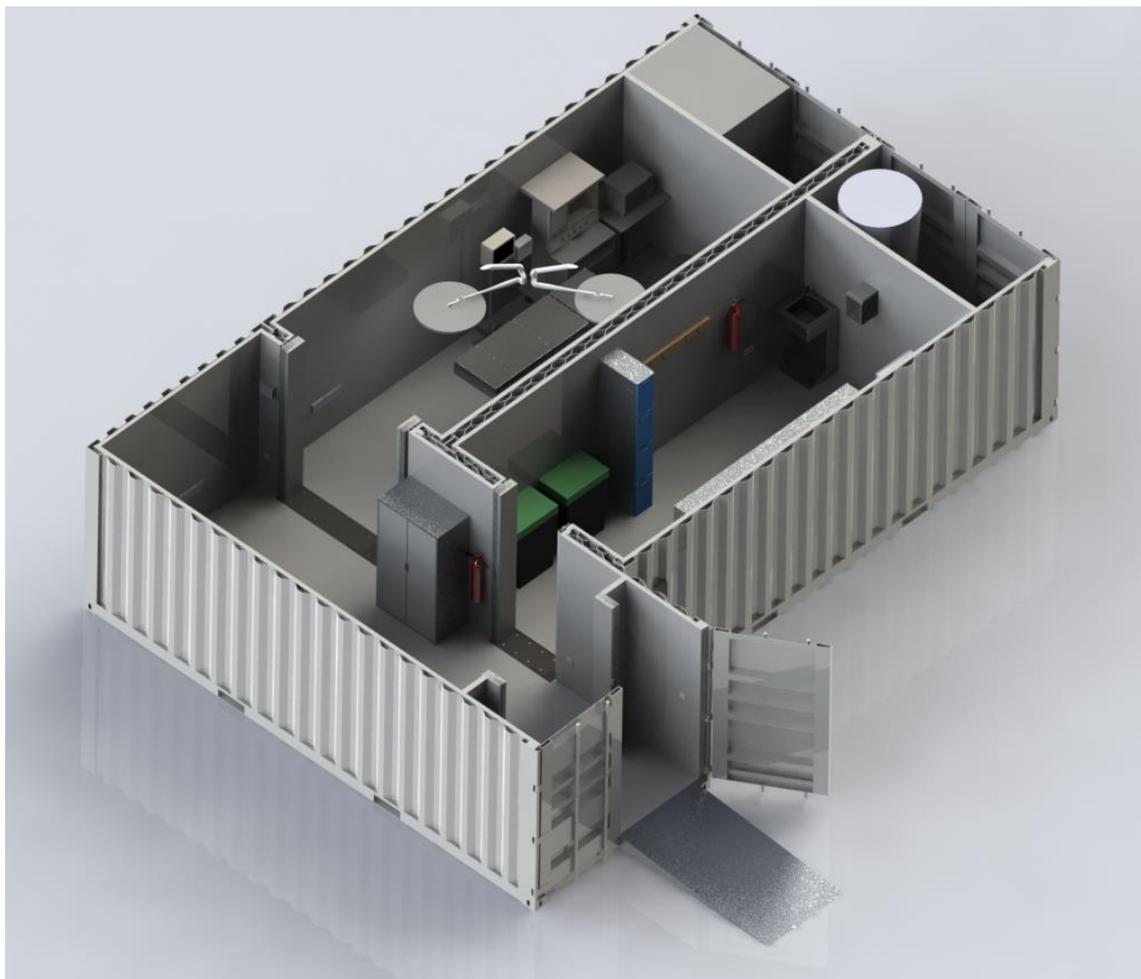
WEATHERSPARK. **Average Weather For Mecca, Saudi Arabia.** Disponível em: <<https://weatherspark.com/averages/32773/Mecca-Makkah-Saudi-Arabia>>. Acesso em: Novembro 2015.

WEB ARCONDICIONADO. **Os Desafios da Climatização Hospitalar no Brasil**, 2012. Disponível em: <<http://www.webarcondicionado.com.br/climatizacao-hospitalar>>. Acesso em: Setembro 2015.

ZOMER, C. D. O sol: caminho para a sustentabilidade energética de uma casa-contêiner , Florianópolis, 2009.

ANEXOS

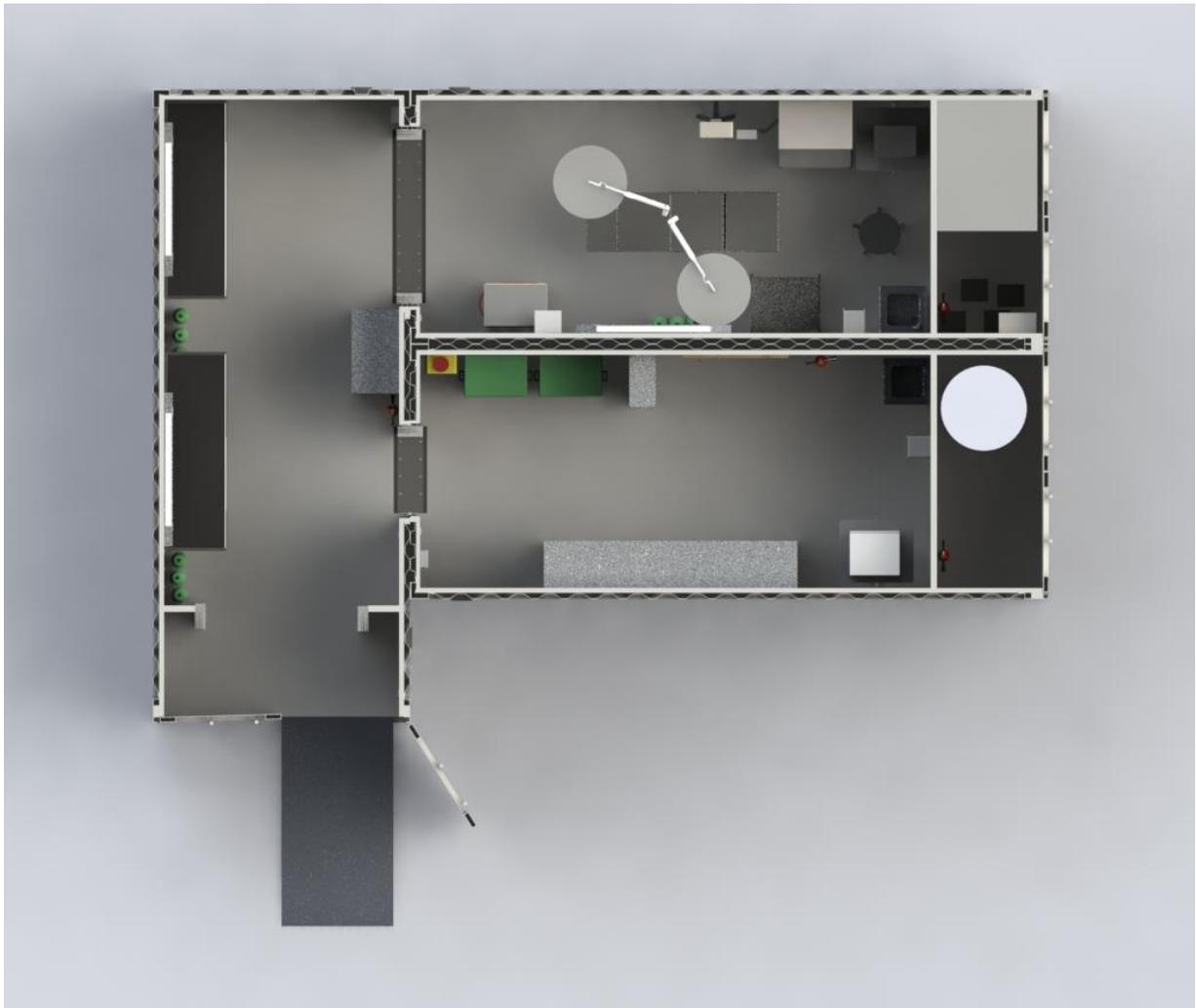
		Pág.
Anexo I	Posicionamento de equipamentos e instrumentos do bloco cirúrgico	122
Anexo II	Desenhos 3D	123
Anexo III	Comparação de propriedades de isolastes térmicos	126
Anexo IV	Equipamentos e instrumentos do bloco cirúrgico	127
Anexo V	Especificações do ar-condicionado dutado slim de média pressão estática	131
Anexo VI	Dimensões e especificações da unidade condensadora	132
Anexo VII	Dimensões para difusor linear	133
Anexo VIII	Dimensões do difusor radial	134
Anexo IX	Dimensões da grelha na situação de retorno	135
Anexo X	Tabelas para seleção das CLTD's	136
Anexo XI	Visita ao Hospital Regional de Santa Maria	137
Anexo VII	Orçamento do bloco cirúrgico	138



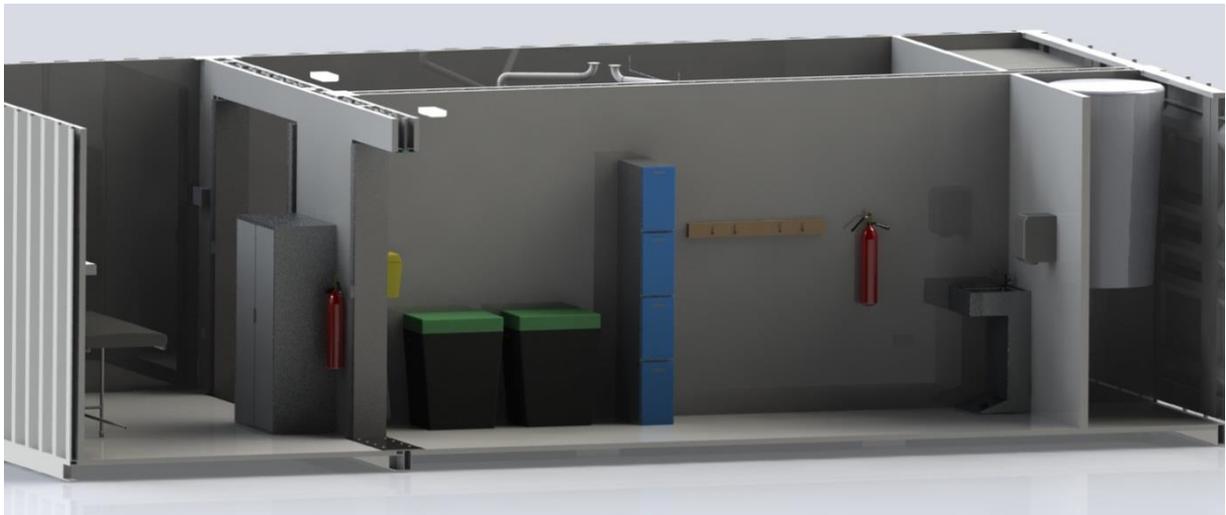
Vista isométrica do bloco cirúrgico



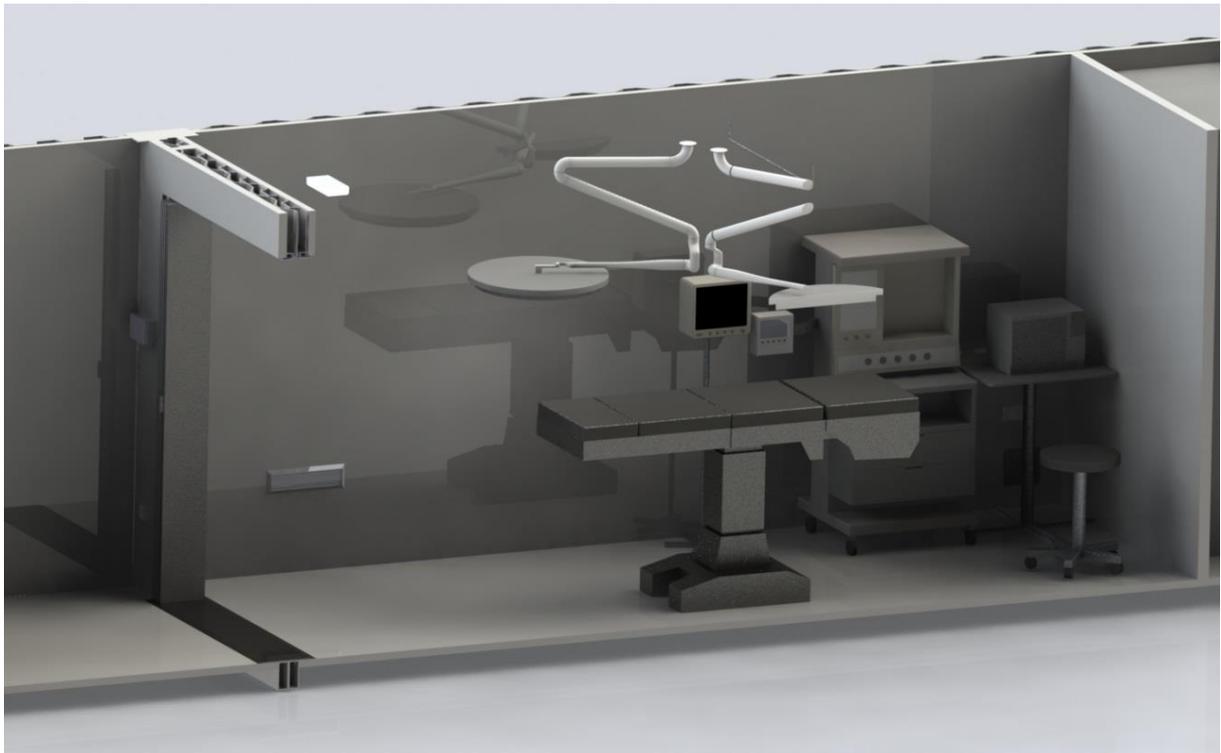
Vista em corte da área pré/pós-operatória



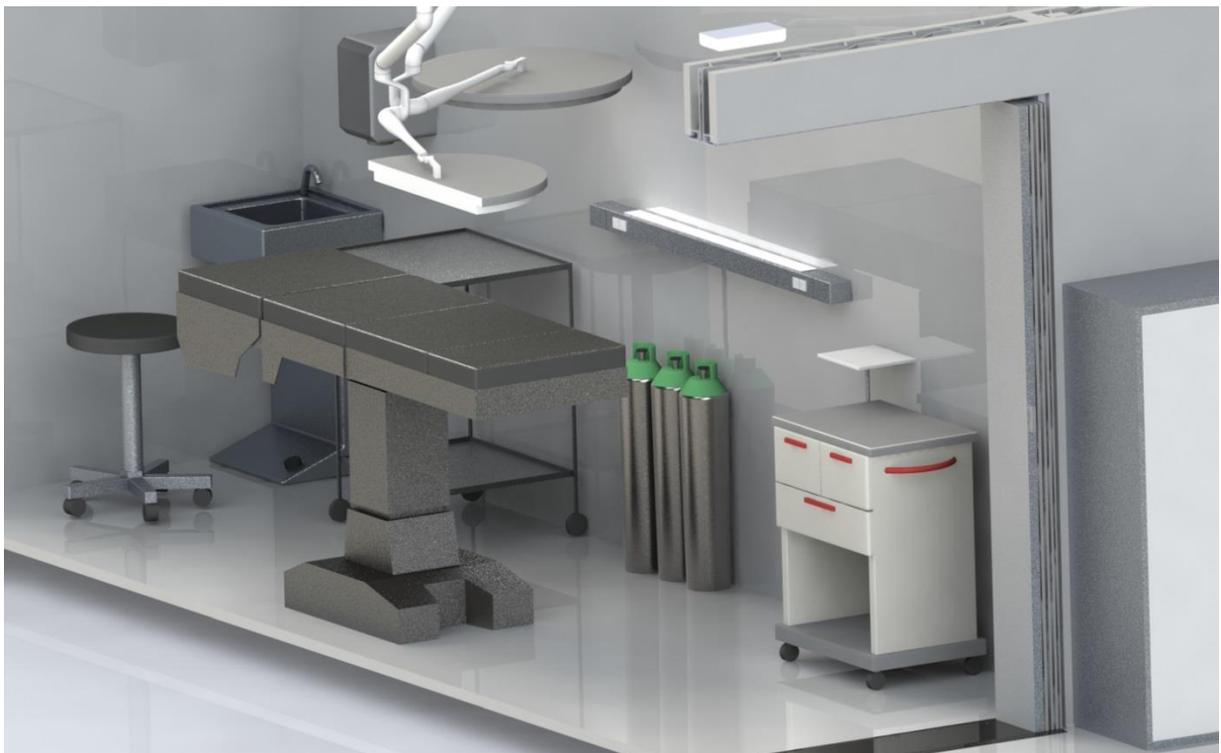
Vista superior do bloco cirúrgico



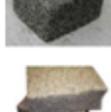
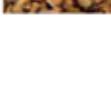
Vista em corte do vestuário e armazém



Vista em corte do centro cirúrgico frontal



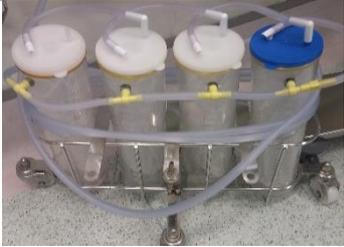
Vista em corte do centro cirúrgico traseira

	Denominação	Origem	Condutividade W/(m.K)	Inflamável (1)	Preço R\$/m ²	Forma
	Lã de rocha	Mineral	0,03 – 0,05	Não	< 25	Painel, rolo, a granel.
	Lã de vidro	Mineral	0,03 – 0,05	Não	< 25	Painel, rolo, a granel.
	Poliestireno expandido	Sintético	0,029 – 0,053	Sim	< 25	Painel e a granel
	Poliestireno extruído	Sintético	0,025 – 0,04	Sim	< 75	Painel
	Poliuretano	Sintético	0,019 – 0,040	Sim	< 50	Painel e espuma
	Perlita expandida	Mineral	0,040 - 0,060	Não	< 25	Painel, rolo, espuma e a granel.
	Vidro celular	Mineral	0,035 – 0,055	Não	< 300	Painel e espuma
	Lã de ovelha	Animal	0,035 – 0,050	Sim	< 125	Rolo e a granel
	Celulose	Vegetal	0,034 – 0,069	Auto-extinguível	< 125	Painel, rolo, projetado, a granel.
	Cortiça	Vegetal	0,034 – 0,100	Não	< 125	Painel, rolo, a granel.

1 inflamável: que queima com facilidade e provoca imediatamente chamas.

ANEXO IV: Equipamentos e instrumentos do bloco cirúrgico

		
<p>Aparelho de Anestesia. É responsável pela administração de gases e/ou vapores anestésicos ao paciente por meio de ventilação mecânica.</p>	<p>Monitor multiparamétrico. Monitora parâmetros fisiológicos com alta capacidade de monitoração para pacientes que requerem cuidados intensivos.</p>	<p>Mini autoclave. Esteriliza os instrumentos médicos utilizados durante o ato operatório.</p>
		
<p>Bisturi eletrônico. Gera e aplica corrente elétrica alternada de baixa frequência e alta potência. Essa transformação da corrente elétrica é necessária para eliminar os efeitos indesejáveis da aplicação da</p>	<p>Foco central/ cirúrgico. Promove a iluminação necessária às cirurgias.</p>	<p>Desfibrilador. Descarrega a energia, previamente armazenada em um capacitor, no paciente de forma interna ou externamente.</p>

<p>corrente elétrica comum no ser humano.</p>		
		
<p>Mini frigorífico. Utilizado para resfriar e manter a temperatura adequada de alguns medicamentos.</p>	<p>Mesa de operação. Item indispensável para as intervenções cirúrgicas. Deve manter a segurança e o conforto do paciente durante o procedimento de posicionamento cirúrgico.</p>	<p>Painel para rede de gases. Utilizado para conectar saídas de gases, pontos de elétrica, interruptores, luzes diretas e indiretas e suporte de soro.</p>
		
<p>Lavabo. O Acionamento de água é realizado pelo pé para evitar a contaminação pelas mãos utilizando torneiras.</p>	<p>Aspirador (Forma parte do aparelho de anestesia)</p>	<p>Aparelho de pressão analógico</p>
		
<p>Mesa instrumental</p>	<p>Suporte de soro (fixação teto)</p>	<p>Maca com rodas</p>



Carro com medicamentos



Capnógrafo com pulsioxímetro.
Monitora a quantidade de CO2 espirado final, proporcionando uma imagem clara do estado respiratório dos pacientes. Também é possível medir a pressão arterial.



Banco giratório



Armário instrumental.
Armazena instrumentos médicos, roupas cirúrgicas e medicamentos que não precisam ser resfriados.



Rampa metálica. Fixada na entrada do bloco cirúrgico, para facilitar a passagem de cadeirantes.



Balde cirúrgico. É utilizado para a retirada do material usado durante a intervenção cirúrgica.



Coletor de roupas.



Coletor de produtos tóxicos



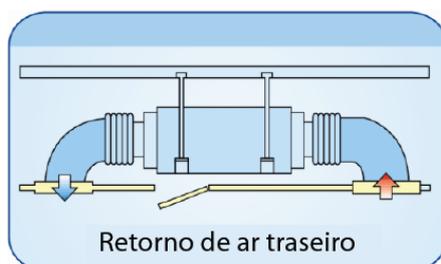
Extintor CO₂ portátil.

<p>Armazena as roupas cirúrgicas após o ato operatório.</p>		<p>Caso ocorra um incêndio, estão disponíveis 4 extintores CO₂ no bloco cirúrgico que podem ser utilizados para combatê-lo.</p>
		
<p>Manguito de torniquete. Evita o sangramento durante os procedimentos cirúrgicos.</p>	<p>Dispensador de papel.</p>	<p>Canto PVC. Utilizado na fixação das paredes dos dutos retos.</p>
		
<p>Fita de alumínio. Utilizado na fixação das paredes dos dutos retos.</p>	<p>Cola e silicone. São utilizados para selar os dutos retos.</p>	

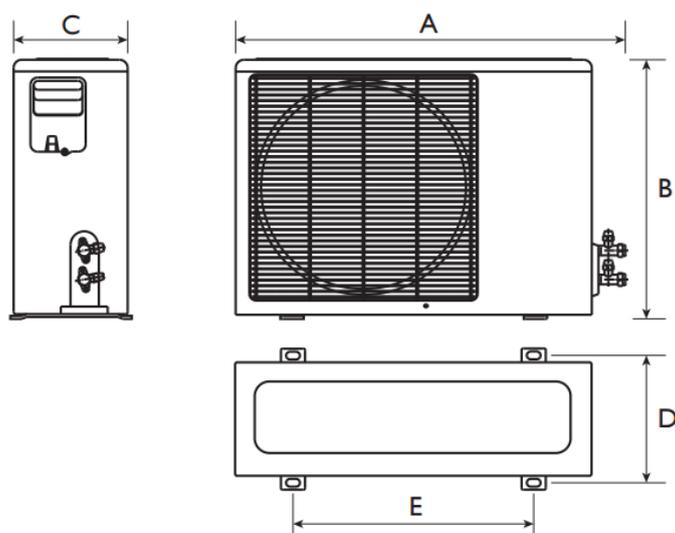
ANEXO V: Especificações do ar-condicionado dutado slim de média pressão estática

Modelo			MDV-D22T2/VN1-DA5	MDV-D28T2/VN1-DA5	MDV-D36T2/VN1-DA5
Alimentação		V- Ph-Hz	208-230V~,1Ph, 60Hz		
Refrigeração	Capacidade	kW	2,2	2,8	3,6
		Btu/h	7500	9600	12300
	Potência	W	66	72	77
	Corrente nominal	A	0,28	0,28	0,28
Aquecimento	Capacidade	kW	2,6	3,2	4
		Btu/h	8900	10900	13600
	Potência	W	66	72	77
	Corrente nominal	A	0,28	0,28	0,28
Motor do ventilador	Tipo		Motor CA		
	Potência	W	47,1	47,1	60
	Capacitor	µF	1,5µF/220V	1,5µF/220V	2µF/220V
	Velocidade (Muito Alta/Alta/Méd/Bx)	rpm	1150/1040/960/850	1150/1040/960/850	1235/1100/980/870
Serpentina	Nº fileiras		2	2	3
	Passo do tubo (a) × Passo da fileira (b)	in. (mm)	13/16×17/32(21×13,37)		
	Espaçamento da aleta	in. (mm)	1/16(1,5)	1/16(1,5)	1/16(1,5)
	Tipo de aleta		Alumínio hidrófilo		
	Diâmetro externo do tubo e tipo	in. (mm)	9/32 (Ø 7) Tubo com sulcos internos		
	Dimensões (c×a×l)	mm	515×26,74×147		515×40,1×147
	Nº circuitos		3	4	4
Vazão de ar (Muito alta/Alta/Méd/Bx)	m³/h	578/523/443/378	580/552/443/373	623/566/481/430	
	CFM	340/308/261/223	342/325/261/220	367/333/283/253	
Pressão estática disponível (Hi)	Pa	10(10~30)			
Nível de ruído (Alto/Méd/Bx)	dB(A)	36/35/32	37/35/32	39/38/36	
Unidade interna	Dimensões (L×A×P)	mm	700×210×450		
	Embalagem (L×A×P)	mm	870×285×525		
	Peso líquido/bruto	kg	17,5/20		
Diâmetro da entrada de ar de renovação	mm	Ø 92	Ø 92	Ø 92	
Tipo de refrigerante		R410A			
Válvula de expansão	Tipo	EXV			
Pressão do projeto	MPa	4,4/2,6			
Tubulação de refrigerante	Líquido / Gás	in. (mm)	1/4 (Ø 6,35) / 1/2 (Ø 12,7)		
Fiação de conexão	Fiação de alimentação	mm²	3×2,5 (L≤20m); 3×3,5 (L≤50m)		
	Fiação comunicação	mm²	3×0,75		
Diâmetro externo do tubo do dreno	in. (mm)	1-17/64 (Ø 32) [ID 63/64 (Ø 25), OU 1-17/64 (Ø 32)]			
Controlador		Controle com fio KJR-29B/BK-E (fio de conexão de 6 metros)			
Temperatura em operação	°C	Refrigeração: 17~32 / Aquecimento: 10~28			

- Ar de retorno traseiro



ANEXO VI: Dimensões e especificações técnicas da unidade condensadora



Modelos	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)
38MKC_09	843	540	250	276	549
38MKQ_09					
38MKC_12	843	540	250	276	549
38MKQ_12					
38MKC_18	843	540	250	276	549
38MKQ_18	908	700	320	335	560
38MKC_22	908	700	320	335	560
38MKQ_22		860	315	333	590

• Especificações técnicas do condensador

Capacidade nominal refrigeração – kW[BTU/h]	2,64 (9000)	12000	
Alimentação [V-Ph-Hz]	220-1-60	220-1-60	
Corrente a plena carga [A]	3,70	5,00	
Potência a plena carga [W]	776	1069	
Eficiência [W / W]	3,4	3,29	
Disjuntor [A]	10	15	
Refrigerante	HFC-R410	HFC-R410	
Sistema de expansão	Capilar	Capilar	
Massa do produto sem embalagem[kg]	25,0	28,0	
Distância equivalente entreunidades [m]	10	10	
Desnível entre unidades [m]	5	5	
Diâmetro de dreno - mm [in]	25,4 [1]	25,4 [1]	
Compressor tipo	Rotativo	Rotativo	
Diâmetro das conexões	Sucção - mm [in]	9,52 [3/8]	12,70 [1/2]
	Expansão - mm [in]	9,52 [3/8]	6,35 [1/4]
Diâmetro das linhas	Sucção - mm [in]	6,35 [1/4]	12,70 [1/2]
	Expansão - mm [in]	6,35 [1/4]	6,35 [1/4]

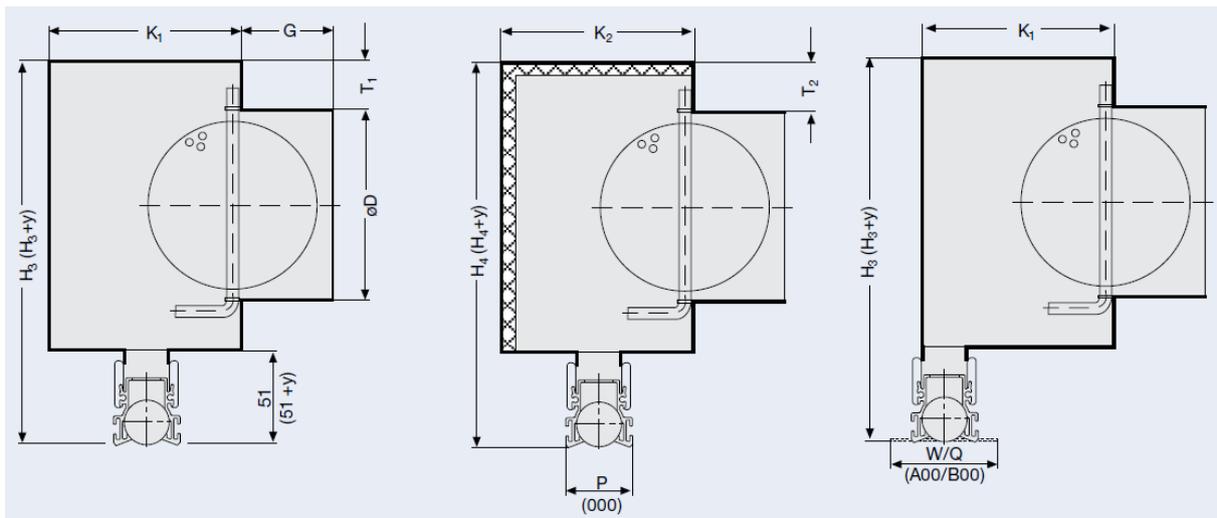
- Dimensões do difusor linear

VSD35-...-AK; VSD35-...-DK; VSD35-...-AA
com fixação com grampo

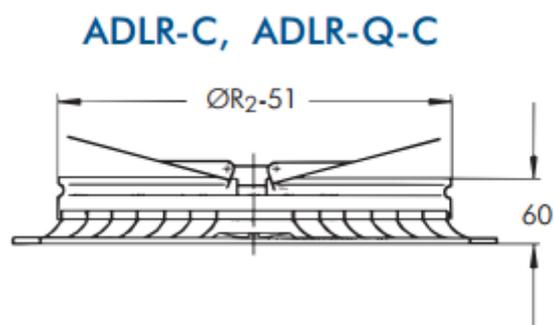
Nº de frestas	K ₁	K ₂	H ₃ ⁽¹⁾	H ₄ ⁽¹⁾	P	Q	øD	T ₁	T ₂	G	W
1	100	138	202	223	35	68	98 123	26 14	26 34	48	55
2	138	176	233	253	62	95	123 148	29 21	49 41	48	82
3	176	214	251	271	89	122	138 178	30 20	50 40	48	109
4	214	254	283	303	116	149	158 198	36 16	56 36	48	136

1) Se y=0 (Padrão)
outros valores possíveis para y = 30, 55, 80, 105 e 129mm;
comprimento máximo do colarinho do difusor 51+y = 180mm, altura total
máxima H₃ ou H₄ + y

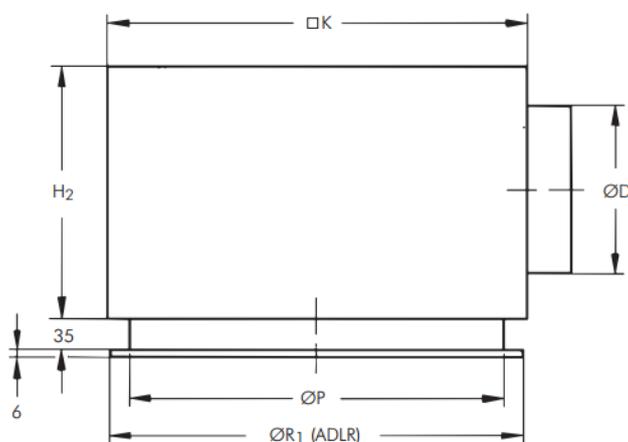
- Vistas laterais cotadas do difusor linear



- Vista frontal do difusor com o registro borboleta.



- Vista frontal do difusor com colarinho



- Dimensões do difusor circular radial

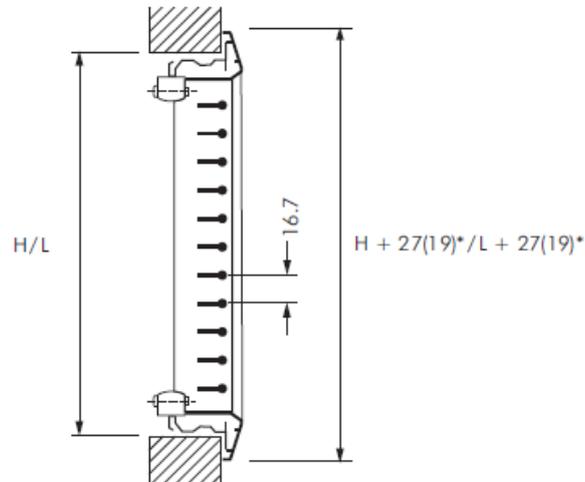
TAMANHO	ØD	H ₂	□K	ØP	ØR ₁	ØR ₂	PLENO (CÓDIGO)
1	123	220	266	202	244	192	AK 019
2	158	250	290	258	300	248	AK 020
3	198	295	372	314	356	304	AK 021

- Valores de vazão, perda de carga e perda sonora dependendo do tamanho do difusor circular

TABELA DE SELECÇÃO RÁPIDA							
Difusor com pleno com entrada lateral e registro completamente aberto							
TAMANHO	Área efectiva A _{eff}	L _{WA}	dB(A)				
			25	30	35	40	45
1	0,0085	Ṃ ΔP	130 14	155 20	180 26	210 35	- -
2	0,0157	Ṃ ΔP	205 13	240 18	280 25	325 34	380 45
3	0,0257	Ṃ ΔP	300 13	355 19	420 26	490 36	560 46

ANEXO IX: Dimensões da grelha na situação de retorno

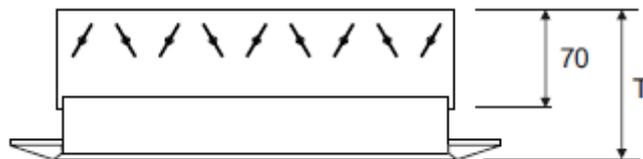
- Vista lateral da grelha



- Dimensões das grelhas de acordo com a vazão

CAUDAL MÁXIMO RECOMENDADO	DIMENSÃO H (mm)	DIMENSÃO L (mm)							
	VAT/ AT / TRS-K/ TRS-K	225	325	425	525	625	825	1025	1225
V̇ (m³/h)	75	118	180	235	290	350	450	540	620
	125	230	350	450	540	620	770	920	1100
	165	340	480	620	780	870	1050	1280	1460
	225	460	620	770	920	1050	1300	1550	1800
	325		840	1050	1300	1550	1800	2100	2500
	425					1800	2200	2700	3000
	525							3100	3600

- Vista frontal da grelha com registro.



- Profundidade considerando a utilização de registro

Acessórios	Profundidade (T)					
	ASL · AT SL · TR TRS	AH	AWT	AF	TRS-K	TRS-R
(sem) ...-A	37	34	52	53	37	35...50
...-AG	108	105	123	123	-	-
...-D	70	67	85	85	45	45...60
...-DG	108	105	123	123	-	-
...-AS	80...100	70...90	-	-	-	-
...-KS/...-RS	-	-	-	-	70	70...86
...-K5/...-R5	-	-	-	-	94...217	95...231

ANEXO X: Tabelas para seleção das CLTD's

Tabela 7-33-J40 Diferença de temperatura da carga de resfriamento em julho para o cálculo da carga térmica de telhados planos a 40° de latitude norte.

Roof.	Tempo solar, h																							
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	0	-2	-4	-5	-6	-6	0	13	29	45	60	73	83	88	88	83	73	60	43	26	15	9	5	2
2	2	0	-7	-4	-5	-6	-4	4	17	32	48	62	74	82	86	85	80	70	56	39	25	15	9	5
3	12	8	5	2	0	-2	0	5	13	24	35	47	57	66	72	74	73	67	59	48	38	30	23	17
4	17	11	7	3	1	-1	-3	-3	0	7	17	29	42	54	65	73	77	78	74	67	56	45	34	24
5	21	16	12	8	5	3	1	2	6	12	21	31	41	51	60	66	69	69	65	59	51	42	34	27
8	28	24	21	17	14	12	10	10	12	16	21	28	35	42	48	53	56	57	56	52	48	43	38	33
9	32	26	21	16	13	9	6	4	4	7	12	19	27	36	45	53	59	63	64	63	58	52	45	38
10	37	32	27	23	19	15	12	10	9	10	12	17	23	30	37	44	50	55	57	58	56	52	47	42
13	34	31	28	25	22	20	18	16	16	17	20	24	28	33	38	42	46	48	49	48	46	44	40	37
14	35	32	30	27	25	23	21	20	19	20	22	24	28	32	36	39	42	44	45	45	44	42	40	37

Tabela 7-35-J40 Diferença de temperatura da carga de resfriamento em julho para o cálculo da carga térmica das paredes iluminadas pelo sol a 40° de latitude norte.

Direção	Parede No. 1				Tempo solar, h																			
Parede	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	1	0	-1	-2	-3	-1	7	11	11	13	17	21	25	27	29	29	28	29	27	17	11	7	5	3
NE	1	0	-1	-2	-3	2	24	42	47	43	35	28	27	28	29	29	27	24	20	14	10	7	5	3
E	1	0	-1	-2	-2	2	18	51	62	64	59	48	36	31	30	30	28	25	20	14	10	7	5	3
SE	1	0	-1	-2	-3	0	15	32	46	55	58	56	49	39	33	31	28	25	20	14	10	7	5	3
S	1	0	-1	-2	-3	-2	0	4	11	21	33	43	50	52	50	44	34	27	20	14	10	7	5	3
SW	2	0	-1	-2	-2	-2	0	4	8	13	17	25	39	53	64	70	69	61	45	24	13	8	5	3
W	2	1	-1	-2	-2	-2	1	4	8	13	17	21	27	42	59	73	80	79	62	32	16	9	6	3
NW	2	0	-1	-2	-2	-2	0	4	8	13	17	21	25	29	38	50	61	64	55	29	15	9	5	3

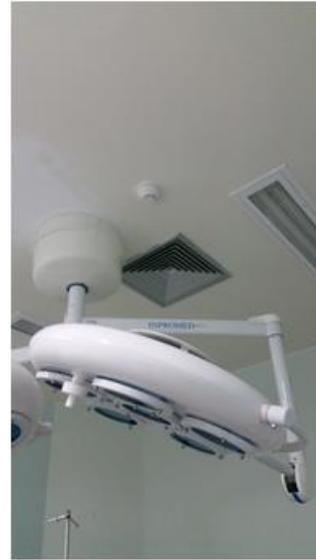
Direção	Parede No. 2				Tempo solar, h																			
Parede	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	5	3	2	0	1	2	-1	3	7	9	11	14	18	21	24	26	27	28	28	27	22	17	12	8
NE	5	3	2	0	-1	-2	2	13	26	36	39	37	33	31	29	29	29	28	26	23	18	14	10	7
E	5	3	2	0	-1	-1	2	15	32	47	55	57	52	44	38	34	32	30	27	23	19	14	11	8
SE	5	3	2	0	-1	-2	0	8	20	33	43	50	53	51	45	39	35	31	28	24	19	14	11	8
S	5	3	2	0	-1	-2	-2	-1	2	7	14	24	33	42	47	48	46	40	33	27	21	15	11	8
SW	7	4	2	1	0	-1	-2	0	2	5	9	13	20	30	41	53	61	65	62	53	39	27	17	11
W	8	5	3	1	0	-1	-2	0	2	5	9	13	17	23	33	46	59	69	73	66	50	34	22	14
NW	8	4	2	1	1	-2	-2	-1	2	5	9	13	17	21	25	32	41	51	57	54	42	29	19	12



Centro Cirúrgico – Sala de operações



Cortina de ar



Difusor para isulflamento de ar condicionado



Cortina de ar envolta da mesa de operações



Grelha de exaustão

ANEXO XII: Orçamento do bloco cirúrgico

O orçamento do bloco cirúrgico é dividido entre os custos da instrumentação cirúrgica e das instalações elétrica e mecânica. Este orçamento não considera os gastos com transporte e tampouco os gastos de limpeza e nivelamento do terreno para receber o bloco cirúrgico. Além disso, não são contabilizados os gastos da mão de obra para realizar as instalações necessárias.

Orçamento da instrumentação cirúrgica

Descrição	Preço	Quantidade	Total (R\$)
Aparelho de anestesia	8.360,00	1	8.360,00
Foco cirúrgico	27.655,00	1	27.655,00
Bisturi eletrônico	2.765,00	1	2.765,00
Desfibrilador	6.700,00	1	6.700,00
Monitor multiparamétrico	11.150,00	1	11.150,00
Aparelho de tensão analógico	127,00	1	127,00
Capnógrafo com pulsioxímetro	10.000,00	1	10.000,00
Mesa de operação	1.900,00	1	1.900,00
Carro com medicamentos	3.150,00	1	3.150,00
Mesa instrumental	670,00	1	670,00
Mini autoclave	6.580,00	1	6.580,00
Mesa para mini autoclave	405,00	1	405,00
Banco giratório	215,00	1	215,00
Balde cirúrgico	316,00	1	316,00
Suporte de soro (fixação teto)	171,00	1	171,00
Manguito de torniquete	180,00	1	180,00
Dispensador de papel	111,00	2	222,00
Lavabo	1.630,00	2	3.260,00
Coletor de produtos tóxicos	13,00	1	13,00
Coletor de roupa	64,00	2	128,00
Maca com rodas	1.680,00	3	5.040,00
Armário individual	822,00	1	822,00
Armário instrumental	998,00	2	1996,00
Mini frigorífico	566,00	1	566,00
Cabide (fixação parede)	122,00	1	122,00
Preço total (R\$)			92.513,00

Orçamento da instalação elétrica

Descrição	Preço	Quant	Total (R\$)
AFLMEX 1000 V 10 mm ² (AS) RZ1 –K (AS) PRYSMIAN	15,00	15	225,00
AFLUMEX FIRS 4 mm ² 1000 V (AS+) (1 m)	6,00	6	36,00
AFLUMEX FIRS 2,5 mm ² 1000 V (AS+) (1 m)	4,00	50	200,00
AFLUMEX FIRS 1,5 mm ² 1000 V (AS+) (1 m)	2,00	14	28,00
Barra equipotencial cobre 10 conexões	700,00	1	700,00
Tampa barra de compensação equipotencial	155,00	1	155,00
Cabo unipolar 16 mm 2 livres de halogênio H07Z1	9,00	18	162,00
Tubeo BG 22 RG10 80 mm ²	9,00	5	45,00
Tubeo corrugado 20 mm ² livre de halogênio (1 m)	1,50	50	75,00
Tubeo corrugado 16 mm ² livre de halogênio (1 m)	1,00	14	14,00
Quadro 12 elementos SOLERA	60,00	1	60,00
Quadro 4 elementos SOLERA	35,00	2	70,00
Caixa CETAAC 2911 – PT JANGAR (2P + T, 16 A , 230V)	165,00	2	330,00
Caixa CETAAC 2906 – PT JANGAR (2P + T, 16 A , 230V)	130,00	2	260,00
Interruptor diferencial 25 A HAGER, classe AC, 30 mA	65,00	6	390,00
Interruptor magneto-térmico 25 A HAGER, curva C	16,00	5	80,00
Interruptor magneto-térmico 20 A HAGER, curva C	15,00	3	45,00
Interruptor magneto-térmico 10 A HAGER, curva C	15,00	4	60,00
Transformador de isolamento 16 kVA POLYLUX TKZ	4.535,00	1	4.535,00
Monitor de isolamento ISOMETER IR427	1.100,00	1	1.100,00
Bypass	6.800,00	1	6.800,00
Bateria de lítio-íon de 24 V 180Ah VICTRON ENERGY	21.180,00	1	21.180,00
Inversor-carregador Victron Multiplus 3000 VA (24 V)	8.800,00	1	8.800,00
Grupo eletrogêneo	25.130,00	1	25.130,00
Painel para rede de gases	875,00	3	2.625,00
PHILIPS TCS760 2x TL5-25W	210,00	10	2.100,00
PHILIPS TCS760 2x TL5-25W	815,50	4	3.262,00
PHILIPS TCS760 2x TL5-25W	186,00	4	744,00
Base 16A Schuko SIMON 82, 75432	25,00	10	250,00
Interruptor unipolar SIMON82, 85041	32,00	3	96,00
Tampa base Schuko SIMON 82, 85041-39	20,00	10	200,00
Tampa interruptor SIMON82, 82613-30	15,00	13	195,00
Preço total (R\$)			79952,00

Orçamento da instalação mecânica

Descrição	Preço	Quantidade	Total (R\$)
Pé de pilar regulável	125,00	18	2.250,00
Passador WA M10 -78/5	9,50	72	684,00
Porta dobrável de plástico	215,00	5	1.075,00
Perfil retangular metálico (7 m)	808,50	1	808,50
Parafuso hexagonal SS410	0,45	200	90,00
Cordão de polietileno (Ø25 mm – 10m)	195,00	1	195,00
MS Hidrostop (10 litros)	740,00	1	740,00
Perfil alumínio para o solo (4 m)	1560,00	1	1.560,00

Parafuso hexagonal ruspert	0,20	100	20,00
Depósito de água (500 L)	640,50	1	640,50
Pintura vinílica antibacterial (L)	20,50	150	3.075,00
Piso vinílico Ariel	98,00	42	4.116,00
Pintura cerâmica (L)	7,00	150	1.050,00
Cartão gesso para parede	24,00	108	2.592,00
Cartão gesso para teto	15,00	42	630,00
Tube multicamadas Pex	30,00	1	30,00
Joelho 90°	56,00	2	112,00
Tê 90°	68,00	1	68,00
Válvula de comporta	19,00	1	19,00
Container (6 metros)	8.780,00	3	26.340,00
Rampa	3160,50	1	3.160,5,00
Extintor	330,00	4	1.320,00
Painel poliuretano (Ø25 mm - m²)	44,00	128	5.632,00
Ar-condicionado (9600 BTUs)	1.899,00	1	1.899,00
Ar-condicionado (12300 BTUs)	2.195,00	1	2.195,00
Ventilador (UV – 300)	600,00	2	1.200,00
Grelha de retorno (165x325 mm)	138,00	2	276,00
Grelha de retorno (165x425 mm)	160,00	2	320,00
Grelha de exaustão (425x215 mm)	466,00	1	466,00
Grelha de exaustão (300x515 mm)	526,00	1	526,00
Difusor Linear com registro (600 mm)	246,00	2	492,00
Difusor Linear com registro (1050 mm)	330,00	2	660,00
Difusor Linear com registro (1500 mm)	392,00	2	784,00
Difusor radial com registro	213,00	2	426,00
Duto reto (m²)	35,00	9	315,00
Duto flexível com isolamento (10 m)	160,00	1	160,00
Caixa de ar	330,00	1	330,00
Suporte e varão (2 m)	70,00	27	1.890,00
Lona (60 m²)	670,00	1	670,00
Termo higrômetro digital	78,00	2	156
Preço total (R\$)			68.972,50

Resumo dos preços

	Preço (R\$)
Instrumentação cirúrgica	92.513,00
Instalação Elétrica	79952,00
Instalação Mecânica	68.972,50
Total	241.437,50