

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

PECE – PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA DA ESCOLA POLITÉCNICA DA USP

THIAGO GOYA NOGIRI

ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM ACADEMIAS

SÃO PAULO

2018

THIAGO GOYA NOGIRI

## ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM ACADEMIAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para a obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética da Universidade de São Paulo

Área de concentração: Eficiência Energética.

Orientador: Prof. Msc. Eduardo Seiji Tamada

SÃO PAULO

2018



## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer ao Prof. Msc. Eduardo Seiji Yamada por me orientar ao longo do desenvolvimento deste trabalho. Sem a sua orientação este trabalho não seria possível.

Sou muito grato a minha família por sempre me apoiar nos momentos difíceis e por ser o meu suporte nestes momentos. Agradeço também a todos os Professores do curso de Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética, por me transmitirem os seus conhecimentos e aos colegas de curso por proporcionar um ambiente de companheirismo.

## RESUMO

O Brasil tem passado por muitos problemas na geração e distribuição de energia elétrica. Uma maneira de auxiliarmos nesta situação é realizando instalações de projetos visando uma melhor eficiência energética dos empreendimentos. Projetos energeticamente eficientes visam à redução do consumo de energia, mantendo a mesma capacidade dos serviços oferecidos.

Um dos maiores consumidores de energia elétrica nos empreendimentos comerciais é o sistema de ar condicionado. Este trabalho tem o objetivo de avaliar o consumo de três tipos de sistemas de ar condicionado em uma academia, um tipo de empreendimento em que o sistema de ar condicionado pode representar até 50% do consumo de energia elétrica.

O primeiro sistema analisado é um sistema tipo central, de expansão direta que é muito utilizado pela rede de academias alvo do estudo. O segundo sistema analisado foi um sistema tipo central, de expansão indireta, utilizando chiller, bombas de água gelada e fan coils. O terceiro sistema analisado é um sistema de expansão direta tipo VRF. Juntamente com as duas simulações propostas de C.A.G. e VRF, adotamos sensores de CO<sub>2</sub> para adequar as vazões de exaustão dos vestiários e ar externo de acordo com a ocupação da academia.

O sistema VRF mostrou-se ao longo do trabalho como o sistema que mais economizará energia e por consequência com o melhor payback, que está inferior a 5 anos. Por se adequar melhor a oscilação de carga térmica devido a ocupação.

Palavras-chave: Ar Condicionado, Eficiência Energética, VRF, Academias

## **ABSTRACT**

Brazil has experienced many problems in the generation and distribution of electricity. One way to help in this situation is to carry out project installations to improve the energy efficiency of the projects. Energy efficient projects aim at reducing energy consumption while maintaining the same capacity of the services offered.

One of the biggest consumers of electric power in commercial ventures is the air conditioning system. This study aims to evaluate the consumption of three types of air conditioning systems in a gym, a type of enterprise in which the air conditioning system can represent up to 50% of the electricity consumption.

The first system analyzed is a central, direct expansion system that is widely used by the network of academies targeted by the study. The second system analyzed was a central, indirect expansion system using chiller, ice water pumps and fan coils. The third system analyzed is a direct expansion system type VRF. Together with the two proposed simulations of C.A.G. and VRF, we adopted CO<sub>2</sub> sensors to adjust the exhaust flow rates of the locker rooms and external air according to the occupation of the gym.

The VRF system has been shown throughout the work as the system that will save energy and consequently with the best payback, which is less than 5 years. For better suit the oscillation of thermal load due to occupation.

Keywords: Air Conditioning, Energy Efficiency, VRF, Gym

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fonte ONS (17/08/18) .....	12
Figura 2: Consumo Elétrico por Setores.....	13
Figura 3: Consumo Elétrico Mensal de uma Academia.....	14
Figura 4: Esquema de Ciclo de Refrigeração Padrão - Fonte: Inst. Fed. de SC (11/09/18) .....	16
Figura 5: Expansão direta – (IOSHIMOTO, E., 2018) .....	17
Figura 6: Expansão indireta (chiller condensação a ar) – (IOSHIMOTO, E., 2018).....	17
Figura 7: Expansão indireta (chiller condensação a água) – (IOSHIMOTO, E., 2018) .....	17
Figura 8: Módulo Ventilador - Fonte: Carrier (11/09/18) .....	18
Figura 9: Unidade Condensadora - Fonte: Carrier (11/09/18).....	19
Figura 10: Fan Coil - Fonte: Carrier (11/09/18) .....	19
Figura 11: C.A.G. com chiller com condensação a ar – (IOSHIMOTO, E., 2018).....	20
Figura 12: C.A.G. com chiller com condensação a água – (IOSHIMOTO, E., 2018) .....	21
Figura 13: Esquema do Sistema Variable Refrigerant Flow – (IOSHIMOTO, E., 2018).....	22
Figura 14: Layout da Academia .....	24
Figura 15: Legenda do Layout .....	24
Figura 16: Ampliação da Casa de Máquinas de Ar Condicionado .....	25
Figura 17: Corte AA – Casa de Máquinas .....	26
Figura 18: Consumo Elétrico Mensal.....	30
Figura 19: Gráfico de Ocupação Diária – Fonte: Smart Fit.....	33
Figura 20: Comparação de Consumo de Energia Elétrica dos Sistemas de Ar Condicionado.....	38
Figura 21: Custo Anual de Energia Elétrica dos Sistemas de Ar Condicionado.....	39

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Total de Unidades em Funcionamento – Fonte: Resultados 3T18 Smart Fit .....	13
Tabela 2: Total de Unidades em Funcionamento – Fonte: Resultados 3T18 Smart Fit .....	14
Tabela 3: Dados Climáticos de São Paulo – Fonte: HAP 4.8.....	26
Tabela 4: Dados Internos para o Cálculo de Carga Térmica.....	27
Tabela 5: Resumo de Carga Térmica .....	27
Tabela 6: Resumo da Exaustão Mecânica .....	28
Tabela 7: Horários de Funcionamento .....	28
Tabela 8: Quadros Elétricos .....	29
Tabela 9: Horários de Funcionamento.....	29
Tabela 10: Consumo elétrico Mensal da Academia .....	29
Tabela 11: Seleção do Fan Coil de 15 TR.....	31
Tabela 12: Seleção do Fan Coil de 20 TR.....	31
Tabela 13: Consumo Elétrico dos Fan Coils.....	32
Tabela 14: Consumo Elétrico da Caixa de Exaustão.....	33
Tabela 15: Consumo Elétrico do Chiller .....	34
Tabela 16: Seleção do VRF – Parte 01.....	35
Tabela 17: Seleção do VRF – Parte 02.....	36
Tabela 18: Seleção do VRF – Parte 03.....	37
Tabela 19: Consumo Elétrico do VRF .....	37
Tabela 20: Tarifa de Energia Elétrica da AES Eletropaulo .....	38
Tabela 21: Consumo Anual de Energia.....	39
Tabela 22: Custo de Instalação do Sistema Padrão .....	40
Tabela 23: Custo de Instalação do Sistema de Expansão Indireta .....	40
Tabela 24: Custo de Instalação do Sistema VRF.....	41
Tabela 25: Consumo Anual de Energia.....	41
Tabela 26: Custos Anuais de Manutenção dos Sistemas .....	41
Tabela 27: Análise Financeira.....	42
Tabela 28: Fluxos de Caixas.....	42

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

NOS	Operador Nacional do Sistema
PIB	Produto Interno Bruto
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design (em inglês). Liderança em Energia e Design Ambiental (em português).
C. A. G.	Central de Água Gelada
VRF	Variable Refrigerant Flow (em inglês). Fluxo de Refrigerante Variável (em português).
QGBT	Quadro Geral de Baixa Tensão
BAC	Bombas de Água de Condensação
BAGP	Bombas de Água Primária
BAGS	Bombas de Água Secundária
FC	Fan Coil
CH	Chiller
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
COP	Coefficiente de Performance
IPLV	Valor Integrado de Carga Parcial
HAP	Hourly Analysis Program
VPL	Valor Presente Líquido
TIR	Taxa Interna de Retorno

# SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1.	Objetivo .....	12
1.2.	Motivação .....	12
1.3.	Justificativa .....	13
<b>2.</b>	<b>ESTADO DA ARTE .....</b>	<b>15</b>
2.1.	Eficiência energética.....	15
2.2.	Sistema de ar condicionado.....	15
2.2.1.	Ciclo padrão de compressão a vapor.....	15
2.2.2.	Tipo de expansão do sistema de ar condicionado.....	16
2.2.3.	Equipamentos de Ar Condicionado .....	18
2.2.3.1.	Ecosplit .....	18
2.2.3.2.	Fan Coil .....	19
2.2.3.3.	Chillers e Centrais de Água Geladas (C.A.G.) .....	20
2.2.3.4.	Variable Refrigerant Flow (VRF).....	21
2.2.4.	Carga Térmica .....	22
<b>3.</b>	<b>DESENVOLVIMENTO DO PROJETO PADRÃO .....</b>	<b>23</b>
3.1.	Layout da Academia.....	24
3.1.	Casas de Máquinas dos Equipamentos de Ar Condicionado.....	25
3.2.	Carga Térmica .....	26
3.2.1.	Dados Internos para o Cálculo de Carga Térmica .....	27
3.2.2.	Resumo da Carga Térmica .....	27
3.2.3.	Seleção dos Equipamentos de Ar Condicionado .....	28
3.2.4.	Resumo da Exaustão Mecânica .....	28
3.2.5.	Seleção dos Equipamentos de Exaustão.....	28
3.3.	Consumo de Energia Elétrica do Empreendimento.....	28
<b>4.</b>	<b>ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....</b>	<b>30</b>
4.1.	Sistema de Ar Condicionado - Troca dos Ecosplits por Sistema de Expansão Indireta com Fan Coil e C.A.G. ....	30
4.1.1.	Fan Coil .....	31
4.1.1.1.	Seleção dos Fan Coils .....	31
4.1.1.2.	Consumo elétrico dos Fan Coils.....	31
4.1.2.	Consumo elétrico da Caixa de Exaustão .....	32

4.1.3.	Chiller e Bombas .....	34
4.1.3.1.	Seleção do Chiller.....	34
4.1.3.2.	Consumo Elétrico do Chiller e Bomba .....	34
4.2.	Sistema de Ar Condicionado - Troca dos Ecosplits por VRF .....	34
4.2.1.	Seleção do VRF.....	34
4.2.2.	Consumo Elétrico do VRF.....	37
<b>5.</b>	<b>ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA.....</b>	<b>38</b>
5.1.	Custos da Instalação dos Sistemas de Ar Condicionado.....	39
5.2.	Payback Descontado, VPL e TIR.....	41
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>43</b>
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>44</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>.....</b>	<b>45</b>
Anexo A – Catálogo Ecosplit – Unidades Evaporadoras - Carrier.....		45
Anexo B – Catálogo Ecosplit – Unidades Condensadoras - Carrier.....		46
Anexo C – Catálogo de Caixa de Exaustão – Air Quality.....		47
Anexo D – Data Sheet – Fan Coil 15 TR - Carrier .....		48
Anexo E – Data Sheet – Fan Coil 20 TR – Carrier.....		49
Anexo F – Catálogo Chiller – Carrier.....		50
Anexo G – Data Sheet das Bombas de Água Gelada - Grundfos.....		51
Anexo H – Catálogo das Unidades Evaporadoras e Condensadoras VRF - Daikin .....		53
Anexo I – Resultado da Simulação do Consumo do Chiller (HAP).....		57
Anexo J – Resultado da Simulação do Consumo do VRF (HAP) .....		57

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Objetivo

Esta monografia tem o objetivo de estudar a eficiência energética em academias. Comparando a utilização de diferentes tipos de sistemas de ar condicionado central.

### 1.2. Motivação

Nos últimos anos o Brasil vem atravessando uma grande crise de geração e distribuição de energia, com as usinas termoelétricas sendo muito acionadas devido a seca que vem atingindo os reservatórios das usinas hidrelétricas brasileiras. Segundo o ONS, as termoelétricas estão gerando 20,44% do total da energia do país, conforme a figura abaixo.

#### Balanco de Energia - Semanal

Valores Verificados - MWmed

SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL - SIN - MWmed			
<b>Produção</b>			
Hidro Nacional	31.908	31.343	52,24%
Itaipu Binacional	7.885	7.913	13,19%
Termo Nuclear	1.990	2.023	3,37%
Termo Convencional	12.185	12.262	20,44%
Eólica	6.233	6.414	10,69%
Solar	37	43	0,07%
<b>Total SIN</b>	<b>60.238</b>	<b>59.998</b>	<b>100,00%</b>
Intercâmbio Internacional	-251	-253	
<b>Carga (*)</b>	<b>60.568</b>	<b>60.363</b>	

Figura 1: Fonte ONS (17/08/18)

Na tabela abaixo, podemos ver que o setor de academias e atividades recreativas é responsável por 1,6% do consumo do setor comercial brasileiro. Que foi equivalente a 1.388 GWh em um total de 87.873 GWh de consumo total do setor.

## Brazil - Commercial Consumption

	2012	2013	2014	2015	2016	Δ% (2016/2015)	Part. % (2016)
<b>Brasil Comercial</b>	<b>79.226</b>	<b>83.704</b>	<b>89.840</b>	<b>90.893</b>	<b>87.873</b>	<b>-3,3</b>	<b>100</b>
47 - COMÉRCIO VAREJISTA	22.376	21.175	24.037	31.201	31.416	0,7	35,8
46 - COMÉRCIO POR ATACADO, EXCETO VEÍCULOS AUTOMOTORES E MOTOCICLETAS	6.160	5.911	6.817	6.668	6.911	3,7	7,9
81 - SERVIÇOS PARA EDIFÍCIOS E ATIVIDADES PAISAGÍSTICAS	3.512	4.193	4.921	5.848	5.567	-4,8	6,3
61 - TELECOMUNICAÇÕES	3.937	3.959	4.261	4.940	5.153	4,3	5,9
56 - ALIMENTAÇÃO	4.176	3.918	4.310	4.228	4.013	-5,1	4,6
86 - ATIVIDADES DE ATENÇÃO À SAÚDE HUMANA	3.222	3.185	3.524	3.803	3.742	-1,6	4,3
64 - ATIVIDADES DE SERVIÇOS FINANCEIROS	3.521	3.411	3.672	3.637	3.412	-6,2	3,9
82 - SERVIÇOS DE ESCRITÓRIO, DE APOIO ADMINISTRATIVO E OUTROS SERVIÇOS PRESTADOS ÀS EMPRESAS	2.138	2.170	2.251	2.144	2.941	37,2	3,3
55 - ALOJAMENTO	2.623	2.567	2.864	2.699	2.701	0,1	3,1
68 - ATIVIDADES IMOBILIÁRIAS	2.077	1.941	2.517	2.572	2.632	2,3	3,0
52 - ARMAZENAMENTO E ATIVIDADES AUXILIARES DOS TRANSPORTES	2.081	1.914	2.238	2.238	2.431	8,6	2,8
85 - EDUCAÇÃO	2.157	2.069	2.317	2.325	2.379	2,3	2,7
94 - ATIVIDADES DE ORGANIZAÇÕES ASSOCIATIVAS	2.273	2.237	2.476	2.381	2.366	-0,6	2,7
96 - OUTRAS ATIVIDADES DE SERVIÇOS PESSOAIS	2.369	2.353	2.735	2.513	2.206	-12,2	2,5
45 - COMÉRCIO E REPARAÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES E MOTOCICLETAS	2.130	1.826	1.955	1.807	1.716	-5,0	2,0
93 - ATIVIDADES ESPORTIVAS E DE RECREAÇÃO E LAZER	1.238	1.298	1.442	1.400	1.388	-0,8	1,6
49 - TRANSPORTE TERRESTRE	958	925	1.013	1.047	1.036	-1,1	1,2
MICROCLASSES com participação < 1%	5.658	5.636	7.714	7.105	7.334	3,2	8,3
NÃO CATALOGADAS	4.931	11.360	8.776	2.335	-1.473	-163,1	-1,7

Figura 2: Consumo Elétrico por Atividade – Fonte: EPE

### 1.3. Justificativa

De acordo com os números divulgados por uma rede de academias, durante o último ano (3º trimestre de 2017 até o 3º trimestre de 2018) foram inauguradas 78 unidades no país. No total, a rede possui 351 unidades em todo o território nacional. Como podemos ver na tabela 1 abaixo.

Unidades	Período				
	3T17	4T17	1T18	2T18	3T18
Próprias	201	218	223	237	249
Franquias	72	78	89	93	102
Total	273	296	312	330	351

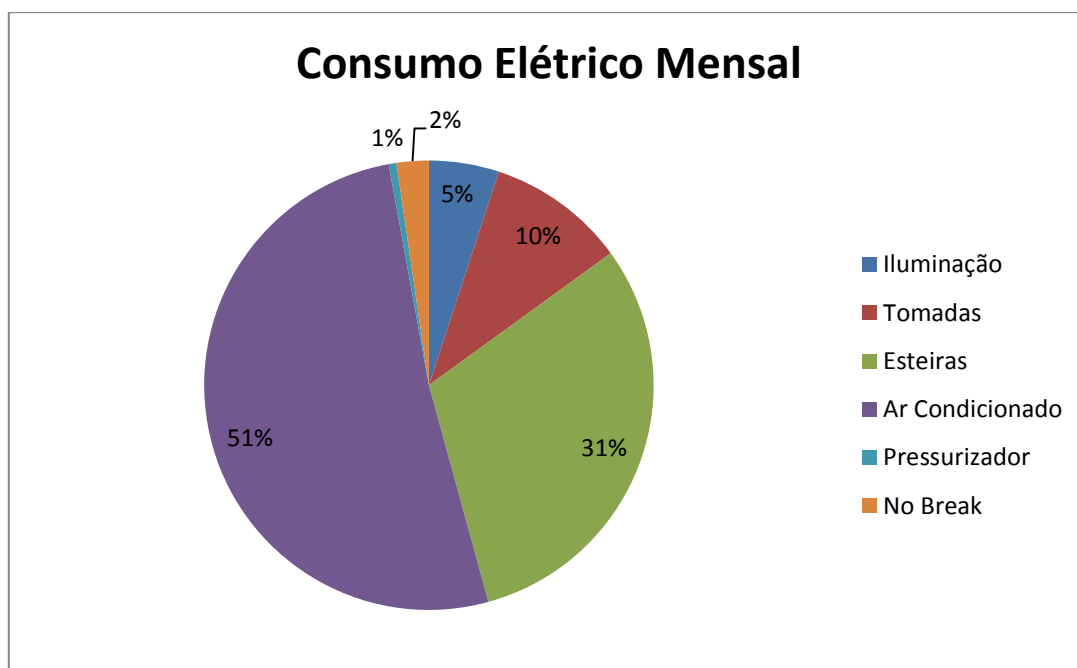
Tabela 1: Total de Unidades em Funcionamento – Fonte: Resultados 3T18 Smart Fit

Neste último ano a receita total da rede de academias foi de R\$ 194 milhões, um crescimento de 29,51% no período, como a tabela 2 nos mostra. Assim, observamos que o segmento segue em franca expansão, mesmo com a crise econômica que atingiu o país nos últimos anos.

Receita Líquida (R\$ milhões)	3T18	3T17	Variação
	194	149,8	29,51%

**Tabela 2: Total de Unidades em Funcionamento – Fonte: Resultados 3T18 Smart Fit**

Portanto, projetos eficientes energeticamente são necessários para que essas novas instalações com alta demanda energética não utilizem de maneira errada os recursos. Neste estudo, iremos verificar como podemos melhorar o consumo de energia em academias. Estes empreendimentos possuem sistemas de ar condicionado, iluminação e outros itens que consomem energia elétrica.



**Figura 3: Consumo Elétrico Mensal de uma Academia**

O sistema de ar condicionado especialmente em academias consome muita energia por conta da quantidade de calor latente que eles devem retirar do ambiente para proporcionar o conforto aos usuários, esta franquia de academias tem como padrão utilizar sistemas do tipo expansão direta. Como podemos ver no gráfico acima, este valor pode chegar a 52% do consumo de energia elétrica do empreendimento.

O estudo irá abordar o consumo de energia do sistema de ar condicionado, comparando o atual sistema de expansão direta com um sistema de expansão indireta composto por chiller, bombas de água gelada e fan coils, e um sistema de expansão direta tipo VRF.

## **2. ESTADO DA ARTE**

### **2.1. Eficiência energética**

Um empreendimento é eficiente energeticamente quando ele consome menos energia em comparação com um empreendimento comum, mantendo o mesmo nível de serviços disponíveis. Para reduzir o consumo mantendo o mesmo trabalho produzido, devem-se utilizar equipamentos que sejam mais eficientes. No Brasil, atualmente, existe o selo Procel, que visa certificar a eficiência do consumo de energia de equipamentos de ar condicionado, lâmpadas, geladeiras, etc.

Um empreendimento pode ser concebido na fase de projeto visando ser energeticamente eficiente, para isso, existem algumas certificações que incentivam os projetos a buscarem cada vez mais a otimização e eficiência energética. Atualmente, no Brasil, existem diversas metodologias de avaliação não só da eficiência energética, mas também da sustentabilidade dos empreendimentos, sendo a Certificação LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), criada nos EUA, uma das principais certificações amplamente aplicadas internacionalmente, e o Processo AQUA, de origem francesa, ambas criadas para avaliar o nível de sustentabilidade e eficiência energética dos empreendimentos. Já na questão energética somente foi criada a Etiqueta PROCEL EDIFICA, desenvolvida no Brasil para avaliar o nível de eficiência energética de edifícios.

### **2.2. Sistema de ar condicionado**

O processo de condicionamento do ar visa controlar a temperatura, a umidade, a velocidade e a renovação simultaneamente. Dependendo do ambiente, o sistema também controla a pressão interna, mantendo a pressão positiva ou negativa da sala.

#### **2.2.1. Ciclo padrão de compressão a vapor**

Este ciclo é o básico de um sistema de ar condicionado. O ciclo é composto por quatro componentes que são um condensador, um evaporador, uma válvula de

expansão e um compressor. O processo começa com o compressor, que comprime o fluido refrigerante no estado gasoso, passando-o de vapor saturado seco para vapor superaquecido, após este processo, o fluido passa pelo condensador, onde ele é resfriado e condensado a uma pressão constante, se tornando assim um líquido saturado em alta pressão. Em seguida, o fluido passa pela válvula de expansão onde ocorre uma expansão isentálpica, na sequência o fluido passa pelo evaporador, onde ele será evaporado a uma pressão constante, retirando assim o calor do ar que está no ambiente.

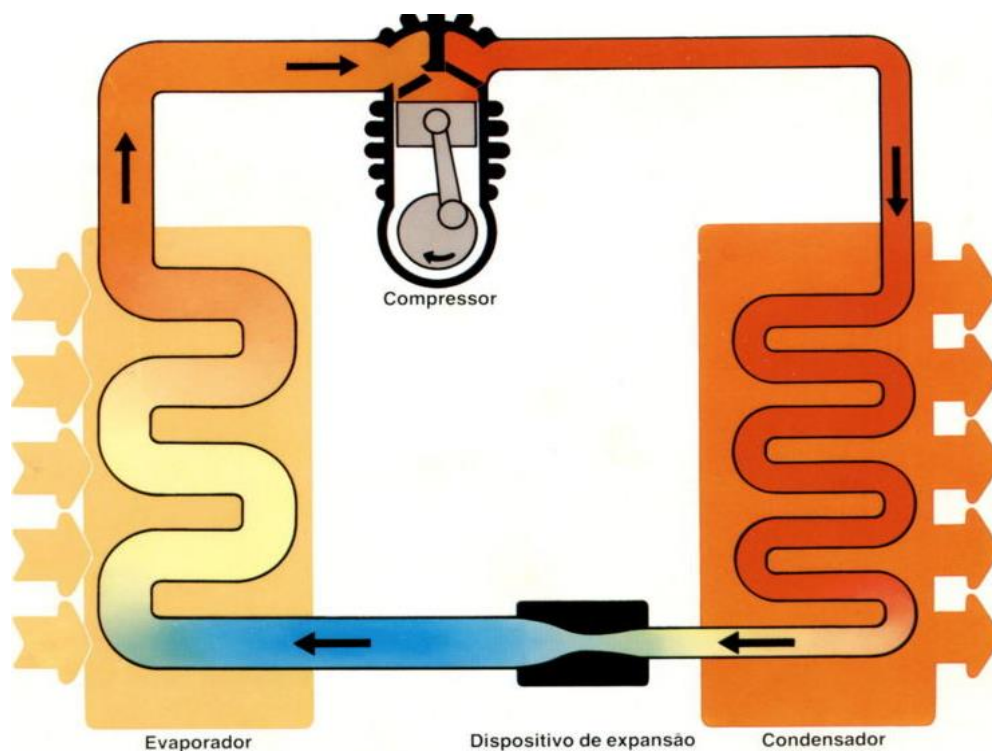
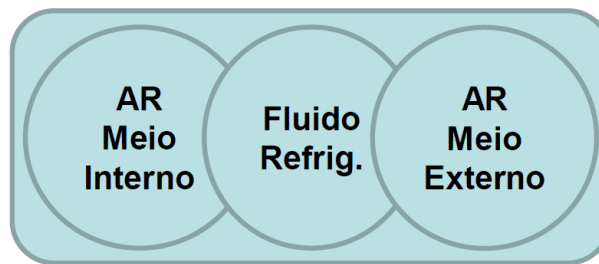


Figura 4: Esquema de Ciclo de Refrigeração Padrão - Fonte: Inst. Fed. de SC (11/09/18)

### 2.2.2. Tipo de expansão do sistema de ar condicionado

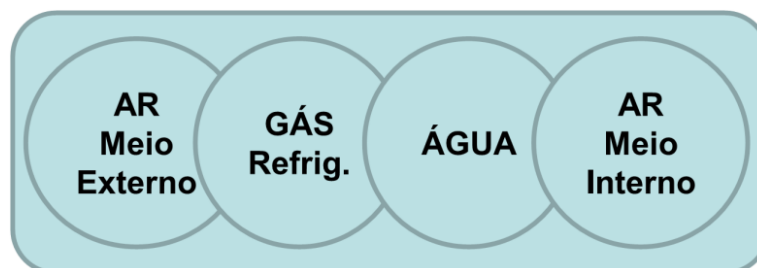
Os sistemas de ar condicionado podem ser de expansão direta ou indireta, um sistema de expansão direta é o que realiza a troca de calor através de um único fluido refrigerante, que utiliza como princípio o ciclo de compressão a vapor padrão, como podemos ver na figura abaixo.



**Figura 5: Expansão direta – (IOSHIMOTO, E., 2018)**

Já o sistema de expansão indireta, utiliza a água como um fluido intermediário para realizar as trocas de calor. O sistema de expansão indireta pode possuir duas configurações.

A primeira consiste em realizar a troca de calor do ambiente utilizando a água gelada como fluido, que por sua vez é recondicionada pelo fluido refrigerante. Este fluido refrigerante é condensado pelo meio externo para que possa voltar a realizar a troca de calor novamente com a água, como podemos observar na figura abaixo.



**Figura 6: Expansão indireta (chiller condensação a ar) – (IOSHIMOTO, E., 2018)**

A segunda configuração adiciona um estágio entre o fluido refrigerante e o meio externo, é acrescido um fluido que é chamado como água de condensação.



**Figura 7: Expansão indireta (chiller condensação a água) – (IOSHIMOTO, E., 2018)**

Além da diferença dos tipos de expansão, os sistemas também podem ser unitários ou centrais. Um sistema central geralmente é composto por um

equipamento locado em uma casa de máquina, com o ar sendo distribuído através dos ambientes por redes de dutos e bocas de ar. Um sistema unitário é caracterizado pela evaporadora de ar com um controle individual e independente atendendo apenas um ambiente normalmente.

### **2.2.3. Equipamentos de Ar Condicionado**

No seguinte estudo, iremos comparar um sistema de expansão direta, central tipo Ecosplit, e um sistema de expansão indireta central, com fan coils e chiller.

#### **2.2.3.1. Ecosplit**

Este sistema é composto por uma unidade evaporadora instalado no interior do empreendimento e uma unidade condensadora no ambiente externo. A unidade evaporadora possui um módulo ventilador e um módulo trocador, o fluido refrigerante passa através da serpentina no módulo trocador realizando a troca do calor no ar, este que por sua vez é insuflado para o ambiente através do módulo ventilador e a rede de dutos e bocas do sistema. O compressor fica localizado na unidade condensadora no ambiente externo.



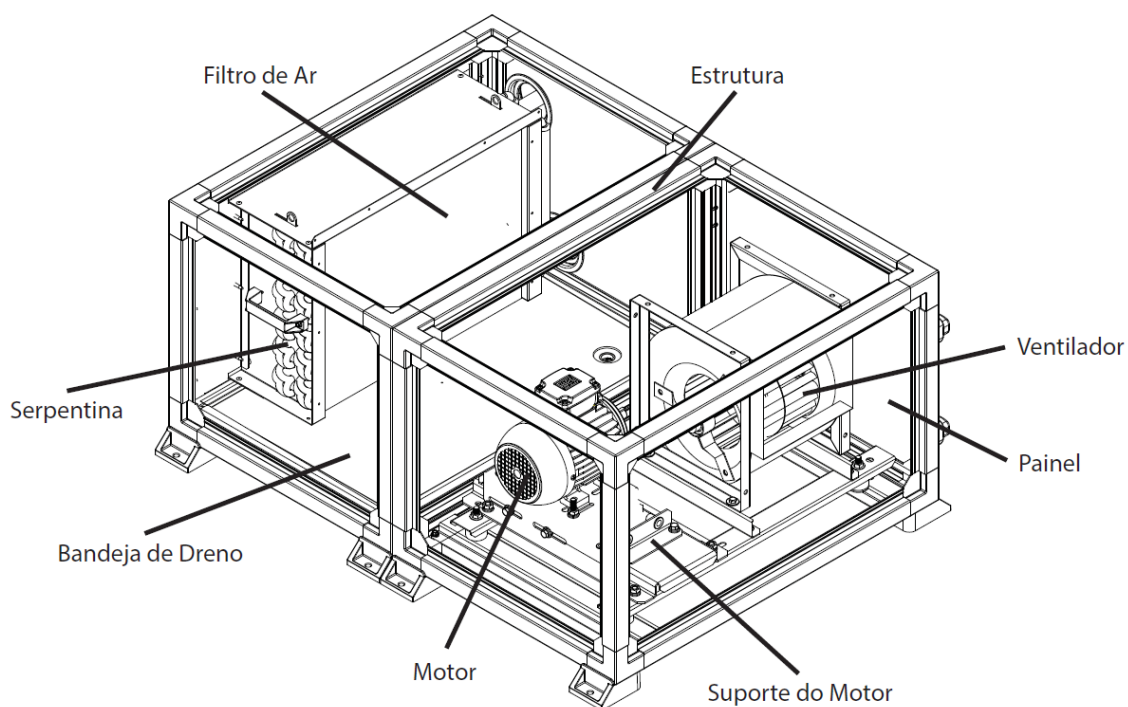
**Figura 8: Módulo Ventilador - Fonte: Carrier (11/09/18)**



**Figura 9: Unidade Condensadora - Fonte: Carrier (11/09/18)**

### 2.2.3.2. Fan Coil

Um equipamento tipo fan coil, se assemelha muito a uma unidade evaporadora de splitão, porém na serpentina do módulo trocador, ao invés de um fluido refrigerante a base de Fluor Carbono, é utilizada água como o fluido secundário, transformando o sistema em expansão indireta.



**Figura 10: Fan Coil - Fonte: Carrier (11/09/18)**

### 2.2.3.3. Chillers e Centrais de Água Geladas (C.A.G.)

O Chiller é o equipamento que realiza a troca de calor para resfriar a água que foi aquecida no processo do fan coil, o chiller pode ser de condensação a ar ou condensação a água. Geralmente, estes equipamentos possuem compressores tipo parafuso, alguns modelos utilizam compressores scroll.

O chiller de condensação a ar utiliza a expansão indireta padrão, necessitando de bombas para movimentar a água gelada entre o fan coil e o chiller. O chiller realiza a troca de calor da água mais quente advinda do fan coil com o gás refrigerante, o gás refrigerante por sua vez troca o calor com o ar exterior. O conjunto do chiller mais as bombas de água primária (BAGP) e secundárias (BAGS) são chamados de central de água gelada (C.A.G.).

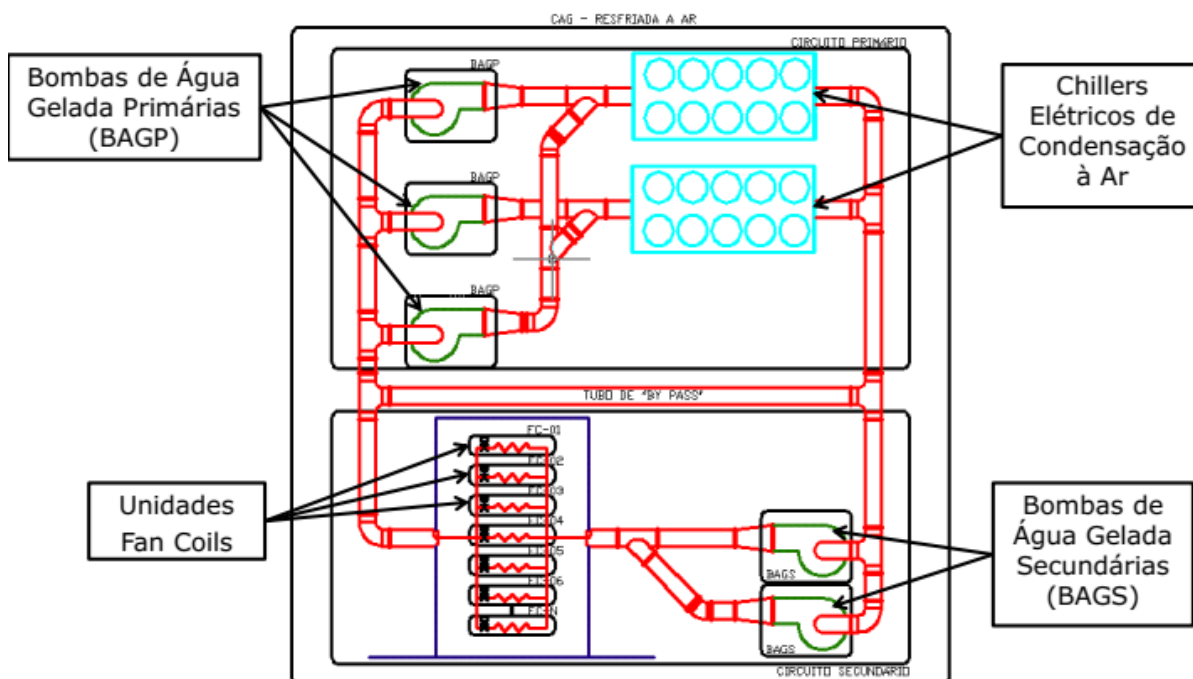


Figura 11: C.A.G. com chiller com condensação a ar – (IOSHIMOTO, E., 2018)

Os sistemas com chiller de condensação a água necessitam de torres de resfriamentos, bombas de água de condensação para transportar a água entre o chiller e as torres de resfriamentos, e bombas de água primárias e secundárias para movimentar a água do chiller para os fan coils.

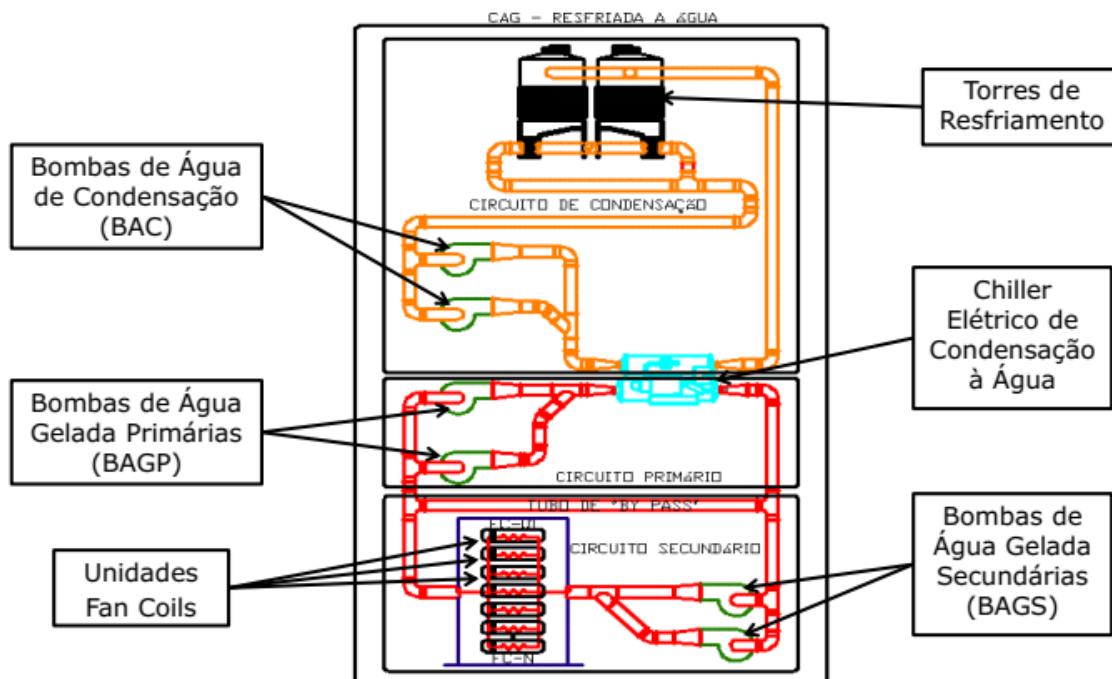
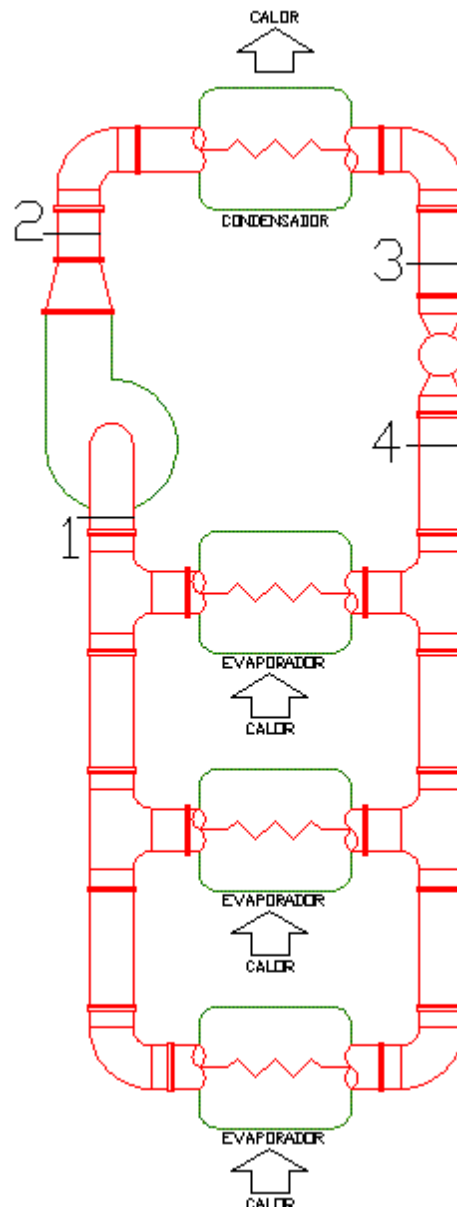


Figura 12: C.A.G. com chiller com condensação a água – (IOSHIMOTO, E., 2018)

#### 2.2.3.4. Variable Refrigerant Flow (VRF)

O sistema Variable Refrigerant Flow (VRF) é um sistema de expansão direta que permite múltiplas evaporadoras em longas distâncias de rede frigorífica, conectadas em poucos módulos de unidades condensadoras. Este sistema possui uma alta eficiência em cargas parciais, devido aos variadores de frequência nos compressores das unidades condensadoras, e a sua automação própria que permite um melhor controle e monitoramento do sistema.



**Figura 13: Esquema do Sistema Variable Refrigerant Flow – (IOSHIMOTO, E., 2018)**

#### **2.2.4. Carga Térmica**

Para saber obter o valor de calor sensível e latente que se deve retirar de um ambiente, é realizado o cálculo de carga térmica. Neste cálculo são considerados parâmetros externos e internos que possam contribuir para o calor do ambiente.

Os parâmetros externos variam de acordo com a localização geográfica, a orientação do prédio, as características físicas da região como temperatura, umidade, etc. A insolação nas áreas de paredes e telhados, as características arquitetônicas e de materiais que o edifício utiliza.

Os parâmetros internos de uma carga térmica envolvem a densidade ocupacional e o tipo de atividade que as pessoas irão realizar dentro do ambiente, a iluminação utilizada, e a vazão de ar externo que varia de acordo com o nível de ocupação do local.

### **3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO PADRÃO**

Os projetos de ar condicionado e luminotécnico originais, não foram concebidos visando um melhor aproveitamento energético, a academia possui 1211,6 m<sup>2</sup> de área total, sendo 1115,9 m<sup>2</sup> de áreas de atividades físicas, e 95,7 m<sup>2</sup> de vestiários.

As áreas de atividades físicas possuem ar condicionado para conforto térmico, o sistema é do tipo central, com equipamentos de expansão direta, Ecosplit, com os equipamentos locados em casas de máquinas, e distribuição de ar através de rede de dutos, dampers e difusão de ar através de bocas de ar, como difusores e grelhas.

Os vestiários possuem sistemas de exaustão mecânica para retirar os odores gerados pelas pessoas, decorrentes da atividade física, este sistema é composto por uma caixa de exaustão, rede de dutos e bocas de ar tipo grelha. Além do sistema de exaustão, os vestiários possuem chuveiros que utilizam gás natural para realizar o aquecimento da água.

Na sala de quadros é instalado um split Hi Wall como backup, caso ocorra algum problema com o sistema de ar condicionado principal. Nesta sala ficam locados os equipamentos de CPD da academia, estes equipamentos geram muito calor, e em uma eventual manutenção do sistema principal, este split será o responsável por manter a temperatura condicionada no ambiente.



### 3.1. Casas de Máquinas dos Equipamentos de Ar Condicionado

Logo abaixo, pode-se ver uma ampliação da casa de máquinas de ar condicionado, onde podemos observar a casa de máquinas principal com cinco equipamentos centrais do tipo Ecosplit de 20 TR de capacidade nominal, e a casa de máquinas da sala de ginástica com um equipamento tipo Ecosplit de 15 TR de capacidade nominal.

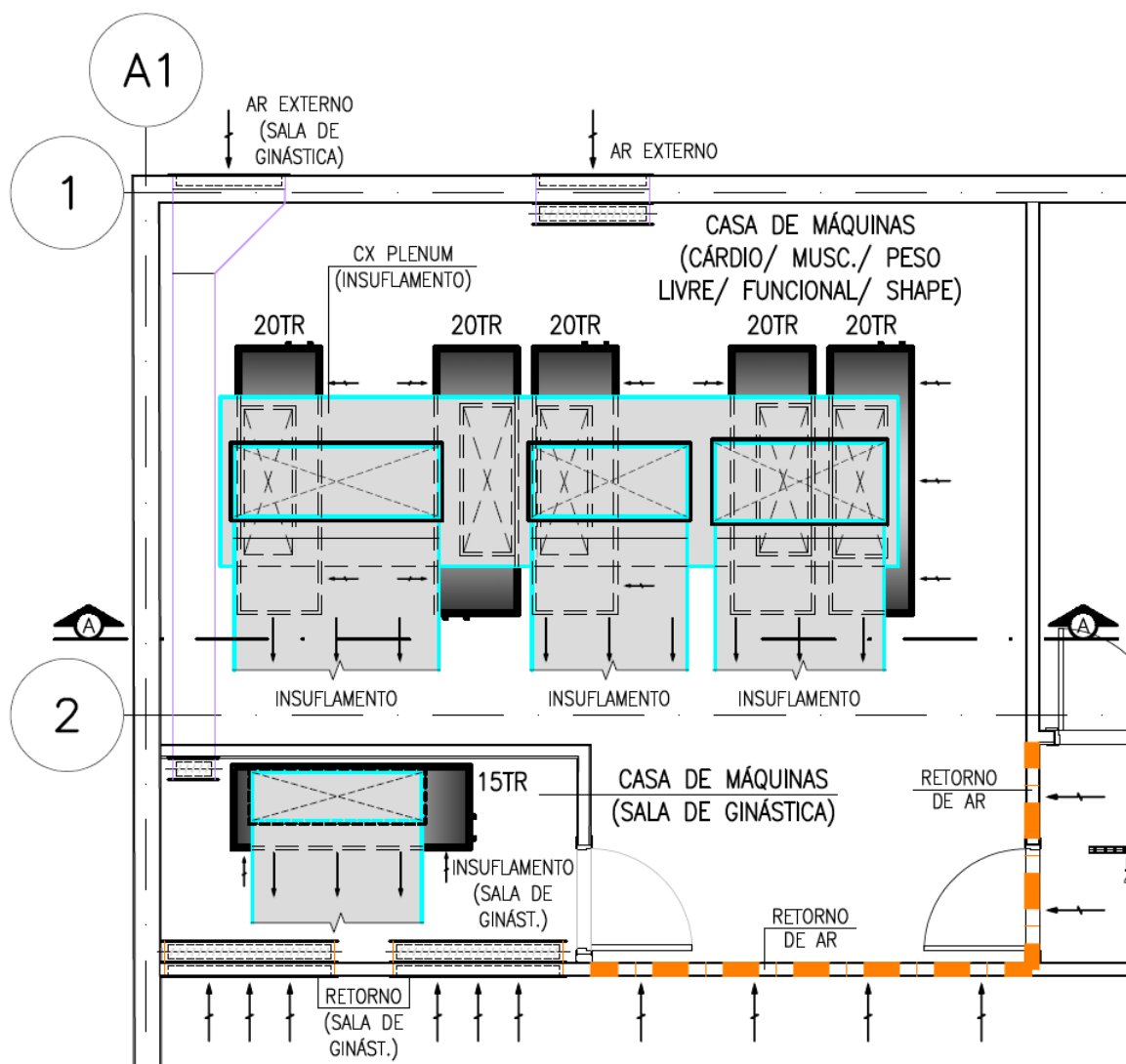
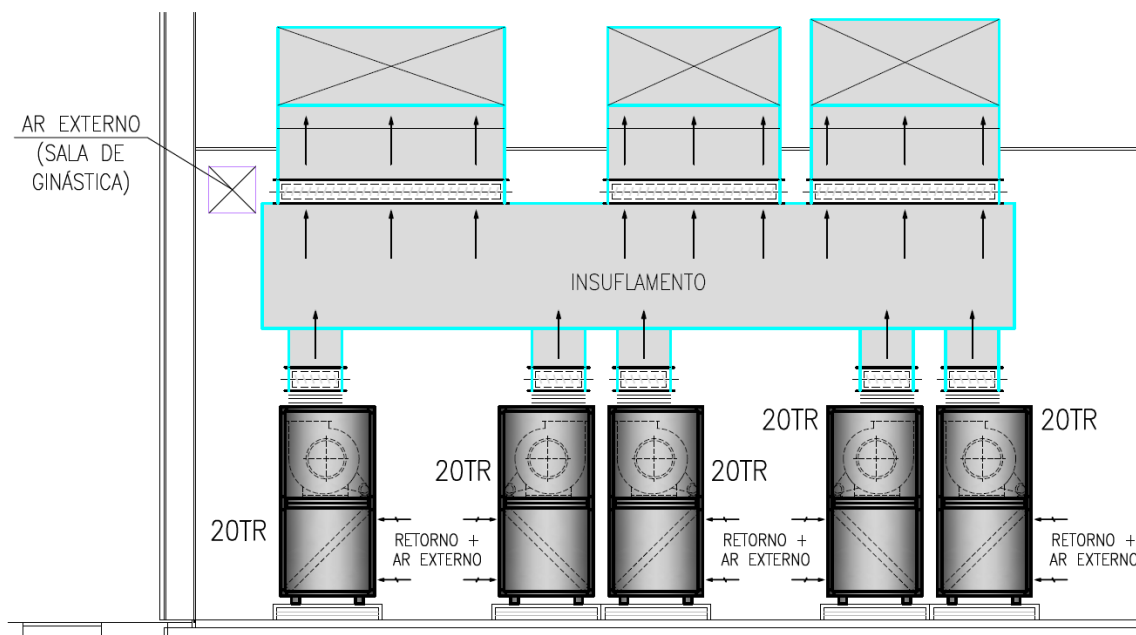


Figura 16: Ampliação da Casa de Máquinas de Ar Condicionado



**Figura 17: Corte AA – Casa de Máquinas**

### 3.2. Carga Térmica

A academia está localizada no bairro de Interlagos em São Paulo – SP. O software utilizado para realizar o cálculo foi o HAP fornecido pela Carrier. Segue abaixo os dados da cidade de São Paulo alimentados no software.

City Name .....	<b>Sao Paulo</b>
Location .....	<b>Brazil</b>
Latitude .....	<b>-23,6</b> Deg.
Longitude .....	<b>46,7</b> Deg.
Elevation .....	<b>802,8</b> m
Summer Design Dry-Bulb .....	<b>31,7</b> °C
Summer Coincident Wet-Bulb .....	<b>20,6</b> °C
Summer Daily Range .....	<b>8,3</b> °K
Winter Design Dry-Bulb .....	<b>8,9</b> °C
Winter Design Wet-Bulb .....	<b>4,4</b> °C
Atmospheric Clearness Number .....	<b>1,00</b>
Average Ground Reflectance .....	<b>0,20</b>
Soil Conductivity .....	<b>1,385</b> W/(m·°K)
Local Time Zone (GMT +/- N hours) .....	<b>3,0</b> hours
Consider Daylight Savings Time .....	<b>Não</b>
Simulation Weather Data .....	<b>none/N/A</b>
Current Data is .....	<b>2001 ASHRAE Handbook</b>
Design Cooling Months .....	<b>January to December</b>

**Tabela 3: Dados Climáticos de São Paulo – Fonte: HAP 4.8**

### 3.2.1. Dados Internos para o Cálculo de Carga Térmica

Geral					Interior					
Ambiente	Área (m <sup>2</sup> )	PD (m)	Vazão (l/s/pessoa)	Vazão (l/s/m <sup>2</sup> )	Ilum (W/m <sup>2</sup> )	OE (W/m <sup>2</sup> )	Ocupação		Calor Liberado por pessoa	TBS Int (°C)
APOIO	5,8	2,60	2,5	0,3	16	20	1,0	pessoa	75/55	23
CÁRDIO	264,7	4,00	10,0	0,3	10	20	50,0	pessoa	210/315	22
COLABORADORES	15,7	2,60	2,5	0,3	16	15	4,0	pessoa	75/55	23
FUNCIONAL	49,0	3,00	5,0	0,6	10	20	4,0	m <sup>2</sup> /pessoa	210/315	22
GERÊNCIA/RACK	9,1	2,60	2,5	0,3	16	1750 W	3,0	pessoa	75/55	23
MUSCULAÇÃO	285,9	4,00	5,0	0,6	10	20	4,0	m <sup>2</sup> /pessoa	210/315	22
PESO LIVRE	237,0	4,00	5,0	0,6	10	20	4,0	m <sup>2</sup> /pessoa	210/315	22
QUADROS	8,1	2,60	3,8	0,6	16	15	1,0	pessoa	75/55	22
RECEPÇÃO	48,9	3,20	2,5	0,3	16	15	5,0	pessoa	75/55	22
SALA DE GINÁSTICA	142,1	3,00	10,0	0,3	14	20	4,0	m <sup>2</sup> /pessoa	210/315	22
SHAPE	49,6	3,00	10,0	0,3	14	20	4,0	m <sup>2</sup> /pessoa	210/315	22

Tabela 4: Dados Internos para o Cálculo de Carga Térmica

### 3.2.2. Resumo da Carga Térmica

Geral			Carga Térmica				Vazão de Ar Externo	
Ambiente	Área (m <sup>2</sup> )	PD (m)	Calor Sensível (kW)	Calor Latente (kW)	Calor Total (kW)	Calor Total (TR)	L/s - HAP	m <sup>3</sup> /h
APOIO	5,8	2,60	1,8	0,0	1,8	0,5	4	14,4
CÁRDIO	264,7	4,00	74,4	18,3	92,7	26,4	579	2084,4
COLABORADORES	15,7	2,60	4,6	0,3	4,9	1,4	15	54
FUNCIONAL	49,0	3,00	12,7	4,0	16,7	4,7	91	327,6
GERÊNCIA/RACK	9,1	2,60	3,7	0,3	4,0	1,1	10	36
MUSCULAÇÃO	285,9	4,00	79,6	25,2	104,8	29,8	529	1904,4
PESO LIVRE	237,0	4,00	49,5	20,6	70,1	19,9	438	1576,8
QUADROS	8,1	2,60	1,8	0,1	1,9	0,5	9	32,4
RECEPÇÃO	48,9	3,20	11,0	0,4	11,4	3,2	27	97,2
SALA DE GINÁSTICA	142,1	3,00	31,0	12,4	43,4	12,3	398	1432,8
SHAPE	49,6	3,00	10,7	4,3	15,0	4,3	139	500,4
			280,8	85,9	366,7	104,3		8060,4

Tabela 5: Resumo de Carga Térmica

### 3.2.3. Seleção dos Equipamentos de Ar Condicionado

Com base nos valores obtidos pelo cálculo de carga térmica, foram definidos no projeto seis equipamentos tipo Ecosplit da Carrier, sendo cinco equipamentos com 20TR de capacidade nominal, as evaporadoras são do modelo 40MX20 e as condensadoras são do modelo 38EXC20. Este conjunto possui 3,16 de COP em 100% de capacidade e 21,24 kW de potência nominal.

O equipamento de 15TR de capacidade nominal é dedicado para a sala de ginástica, a evaporadora é do modelo 40MX15 e a condensadora é do modelo 38EXC15. Este conjunto possui 3,07 de COP em 100% de capacidade e 18,39 kW de potência nominal. Nos anexos A e B podem-se ver os dados técnicos dos equipamentos.

### 3.2.4. Resumo da Exaustão Mecânica

Ambiente	Área (m <sup>2</sup> )	PD (m)	TROCAS	VAZÃO(m <sup>3</sup> /h)
VESTIÁRIO MASCULINO	36,7	2,60	25,0	2.382,90
VESTIÁRIO FEMININO	39,4	2,60	25,0	2.559,70
PNE	7,3	2,60	25,0	474,50
COLABORADORES	15,7	2,60	15,0	611,52
DEPÓSITO	9,7	2,50	15,0	363,38
DML	2,7	2,50	15,0	100,50
TOTAL				6.492,50

**Tabela 6: Resumo da Exaustão Mecânica**

### 3.2.5. Seleção dos Equipamentos de Exaustão

De acordo com a tabela 6, foi-se selecionado a caixa de exaustão CVQ-10 da Air Quality. No anexo C observamos os dados técnicos do equipamento utilizado.

## 3.3. Consumo de Energia Elétrica do Empreendimento

O consumo de energia elétrica da academia se dá através do sistema de ar condicionado, iluminação e de equipamentos da própria academia como esteiras e TVs por exemplo. O empreendimento funciona de acordo com a tabela abaixo.

Dia	Horário
Segunda a Sexta	6h às 23h
Sábado	9h às 18h
Domingo	10h às 16h

**Tabela 7: Horários de Funcionamento**

De acordo com as potências elétricas dos equipamentos e luminárias os quadros elétricos foram divididos da seguinte forma:

<b>QGBT - Quadro Geral de Baixa Tensão</b>	
<b>QUADROS</b>	<b>POTÊNCIA INSTALADA (kW)</b>
Iluminação	17,72
Tomadas	34,99
Esteiras	107,88
Ar Condicionado 1	4,66
Ar Condicionado 2	21,55
Ar Condicionado 3	154,25
Pressurizador	1,95
No Break	5
<b>TOTAL</b>	<b>347,90</b>

**Tabela 8: Quadros Elétricos**

Para o consumo de energia elétrica foi utilizada a fórmula abaixo obter-se os valores de consumo mensal e anual da academia.

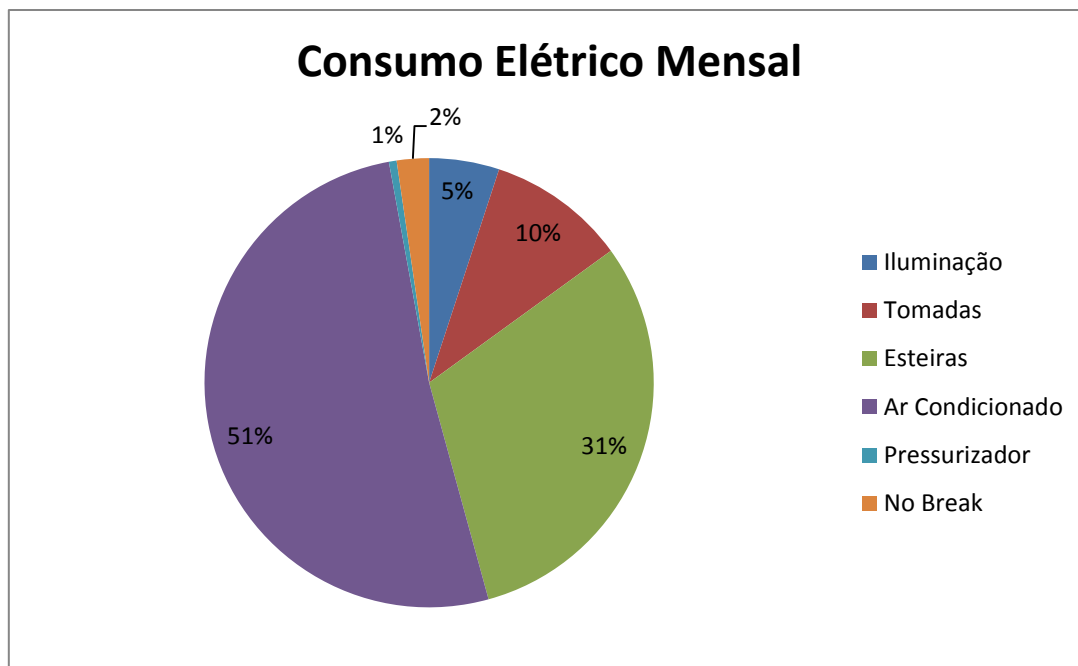
$$\text{Consumo (kWh)} = \text{Potência (kW)} \times \text{Tempo de Uso (h)}$$

Dia	Horário	Dias/ Mês	Tempo (h/mês)
Segunda a Sexta	6h às 23h	22	374
Sábado	9h às 18h	4	36
Domingo	10h às 16h	4	24
<b>Tempo Total (h/mês)</b>			<b>434</b>

**Tabela 9: Horários de Funcionamento**

<b>QGBT</b>			
<b>QUADROS</b>	<b>POTÊNCIA INSTALADA (kW)</b>	<b>TEMPO (h/mês)</b>	<b>CONSUMO MENSAL (kWh)</b>
Iluminação	17,72	434	7689,40
Tomadas	34,99	434	15185,66
Esteiras	107,88	434	46819,92
Ar Condicionado	180,46	434	78319,64
Pressurizador	1,95	434	846,30
No Break	5	720	3528,00
<b>TOTAL</b>	<b>347,90</b>		<b>152388,92</b>

**Tabela 10: Consumo elétrico Mensal da Academia**



**Figura 18: Consumo Elétrico Mensal**

#### **4. ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

Para este estudo de eficiência energética, adotaremos as soluções abaixo:

- Sistema de Ar Condicionado – Troca dos Ecosplits por Sistema de Expansão Indireta com Fan Coil e C.A.G.;
- Sistema de Ar Condicionado – Troca dos Ecosplits por VRF;
- Sistema de Ar Condicionado – Instalação do Sensor de  $CO_2$ .

##### **4.1. Sistema de Ar Condicionado - Troca dos Ecosplits por Sistema de Expansão Indireta com Fan Coil e C.A.G.**

Para o sistema de ar condicionado, trocaremos o sistema de expansão direta, com compressores fixos, por um sistema de expansão indireta, com um chiller de condensação a ar, bombas de água gelada e fan coils.

Além da troca do tipo de sistema, será previsto um atuador no damper de ar externo, assim a vazão de ar externo irá variar de acordo com a ocupação, o sensor de  $CO_2$  irá enviar sinais ao variador de frequência do motor da caixa de exaustão, que por consequência demandará mais ou menos vazão de ar externo para reposição do ar exaurido.

#### 4.1.1. Fan Coil

##### 4.1.1.1. Seleção dos Fan Coils

Tendo a carga térmica como base, selecionamos cinco fan coils de 20 TR de capacidade nominal, e um fan coil de 15 TR de capacidade nominal para atender a sala de ginástica.

Carga Térmica				
Ambiente	Calor Sensível (kW)	Calor Latente (kW)	Calor Total (kW)	Calor Total (TR)
SALA DE GINÁSTICA	31,0	12,4	43,4	12,3
Equipamento	Calor Sensível (kW)	Calor Latente (kW)	Calor Total (kW)	Calor Total (TR)
FC-01	37,4	12,8	50,1	14,3
<b>ATENDE</b>				

Tabela 11: Seleção do Fan Coil de 15 TR

Carga Térmica				
Ambiente	Calor Sensível (kW)	Calor Latente (kW)	Calor Total (kW)	Calor Total (TR)
APOIO	1,8	0,0	1,8	0,5
CÁRDIO	74,4	18,3	92,7	26,4
COLABORADORES	4,6	0,3	4,9	1,4
FUNCIONAL	12,7	4,0	16,7	4,7
GERÊNCIA/RACK	3,7	0,3	4	1,1
MUSCULAÇÃO	79,6	25,2	104,8	29,8
PESO LIVRE	49,5	20,6	70,1	19,9
QUADROS	1,8	0,1	1,9	0,5
RECEPÇÃO	11	0,4	11,4	3,2
SHAPE	10,7	4,3	15	4,3
<b>TOTAL</b>	<b>249,8</b>	<b>73,5</b>	<b>323,3</b>	<b>91,9</b>
Equipamento	Calor Sensível (kW)	Calor Latente (kW)	Calor Total (kW)	Calor Total (TR)
FC-02 à 06 (CADA)	57,6	15,0	72,6	20,6
<b>TOTAL</b>	<b>287,8</b>	<b>75,1</b>	<b>362,9</b>	<b>103,2</b>
<b>ATENDE</b>				

Tabela 12: Seleção do Fan Coil de 20 TR

##### 4.1.1.2. Consumo elétrico dos Fan Coils

Com base nos dados técnicos dos fan coils que estão nos Anexos D e E. O consumo de energia ocorrerá de acordo com a tabela abaixo. Estes valores foram

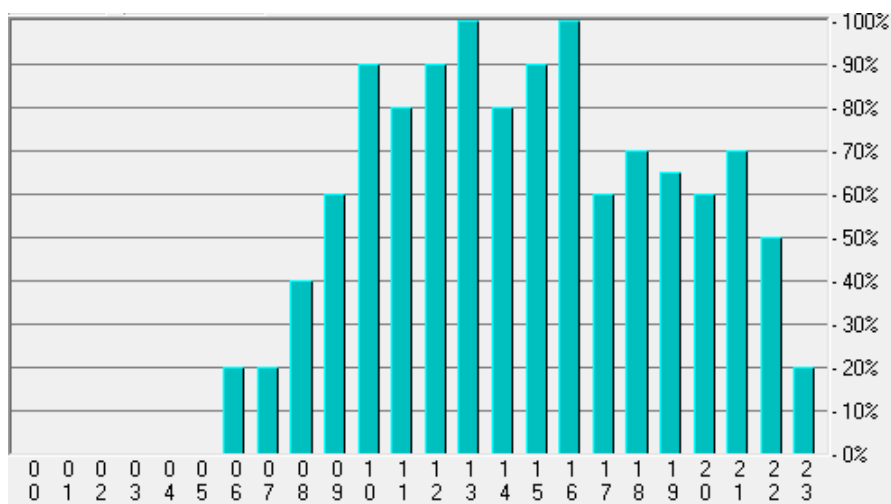
obtidos através das potências nominais dos motores dos fan coils de 20 TR e 15 TR, multiplicado pelas quantidades de equipamentos.

<b>Fancoil</b>						
	<b>DIAS</b>	<b>Seg. à Sex.</b>	<b>Sábado</b>	<b>Domingo</b>		
<b>HORAS</b>	<b>Potência Instalada Total (kW)</b>	<b>Potência (kW)</b>	<b>Potência (kW)</b>	<b>Potência (kW)</b>		
6 - 7	32,0	31,99				
7 - 8		31,99				
8 - 9		31,99				
9 - 10		31,99	31,99			
10 - 11		31,99	31,99			
11 - 12		31,99	31,99			
12 - 13		31,99	31,99			
13 - 14		31,99	31,99			
14 - 15		31,99	31,99			
15 - 16		31,99	31,99			
16 - 17		31,99	31,99			
17 - 18		31,99	31,99			
18 - 19		31,99				
19 - 20		31,99				
20 - 21		31,99				
21 - 22		31,99				
22 - 23		31,99				
TOTAL POR MÊS (kWh)					10877,62	1151,75
TOTAL GERAL POR MÊS (kWh)			12797,20			

**Tabela 13: Consumo Elétrico dos Fan Coils**

#### **4.1.2. Consumo elétrico da Caixa de Exaustão**

Para a variação dos motores da caixa de exaustão, estamos considerando a utilização de sensores de  $CO_2$ . Estes sensores irão enviar sinais para o inversor de frequência do motor da caixa de exaustão, que irá adequar a quantidade de vazão de exaurida de acordo com a ocupação da academia, o atuador do damper de ar externo também será ativado para repor a vazão de ar pelo sistema de exaustão.



**Figura 19: Gráfico de Ocupação Diária – Fonte: Smart Fit**

Foi adotado a taxa de ocupação abaixo para o cálculo do consumo de energia do motor da caixa de exaustão, esta taxa de ocupação irá influenciar no sensor de  $CO_2$ . Aumentando ou diminuindo a demanda por renovação de ar.

CAIXA DE EXAUSTÃO							
	DIAS	Seg. à Sex.		Sábado		Domingo	
HORAS	Potência Instalada Total (kW)	Fator de Demanda	Potência (kW)	Fator de Demanda	Potência (kW)	Fator de Demanda	Potência (kW)
6 - 7	4,7	0,2	0,93				
7 - 8		0,2	0,93				
8 - 9		0,4	1,86				
9 - 10		0,6	2,80	0,3	1,40		
10 - 11		0,9	4,19	0,3	1,40	0,3	1,40
11 - 12		0,8	3,73	0,3	1,40	0,3	1,40
12 - 13		0,9	4,19	0,3	1,40	0,3	1,40
13 - 14		1	4,66	0,3	1,40	0,3	1,40
14 - 15		0,8	3,73	0,3	1,40	0,3	1,40
15 - 16		0,9	4,19	0,3	1,40	0,3	1,40
16 - 17		1	4,66	0,3	1,40		
17 - 18		0,6	2,80	0,3	1,40		
18 - 19		0,7	3,26				
19 - 20		0,65	3,03				
20 - 21		0,6	2,80				
21 - 22		0,7	3,26				
22 - 23	0,5	2,33					
TOTAL POR MÊS (kWh)		1067,14		50,33		33,55	
TOTAL GERAL POR MÊS (kWh)		1151,02					

**Tabela 14: Consumo Elétrico da Caixa de Exaustão**

### 4.1.3. Chiller e Bombas

#### 4.1.3.1. Seleção do Chiller

Foi selecionado um chiller com capacidade nominal de 118,5 TR, que atende os 104,3 TR da carga térmica calculada, conforme podemos observar no Anexo F. O chiller selecionado possui um COP de 2,82 e um IPLV de 4,02. O equipamento irá operar de acordo com a variação da taxa de ocupação da figura 16 anteriormente apresentada, por consequência o ar externo será modulado pela emissão de CO<sub>2</sub> emitida pela ocupação.

#### 4.1.3.2. Consumo Elétrico do Chiller e Bomba

Com os dados do chiller selecionado acima, obtemos o consumo energético do equipamento através do software HAP da Carrier. Para o funcionamento da C.A.G., foi considerada uma bomba com 11 kW de potência nominal como podemos observar no anexo G. Assim podemos verificar o consumo da C.A.G. conforme a tabela 19 abaixo e no anexo I.

Mês	Consumo Mensal Chiller (kWh)	Consumo Mensal Bomba (kWh)
Janeiro	78648	4774
Fevereiro	68080	4185
Março	65396	4199
Abril	52079	3609
Maiο	33469	2872
Junho	23695	2423
Julho	29193	2686
Agosto	28627	2676
Setembro	34816	2888
Outubro	53775	3728
Novembro	60031	3927
Dezembro	71492	4465
Total	599301	42432
Consumo Total Anual	641733	

Tabela 15: Consumo Elétrico do Chiller

## 4.2. Sistema de Ar Condicionado - Troca dos Ecosplits por VRF

### 4.2.1. Seleção do VRF

De acordo com a carga térmica, realizamos o dimensionamento do sistema VRF do fabricante Daikin, o sistema será composto por 28 unidades evaporadoras do tipo

cassete para o atendimento dos ambientes Córdio, Funcional, Musculação, Peso Livre e Shape. A Sala de Ginástica será composta por 4 unidades evaporadoras do tipo cassete. A recepção será atendida por 2 unidades evaporadoras cassete e os demais ambientes serão atendidos por unidades evaporadoras tipo hi wall. Os dados técnicos dos equipamentos estão no anexo H.

Podemos ver nas tabelas abaixo as capacidades das unidades evaporadoras e condensadoras e quais os ambientes que elas se destinam a condicionar.

Ambientes	Unidades Internas (Modelos)	Carga Térmica (kW)	Capacidade do Equipamento (kW)	Unidades Internas (Modelos)	Capacidade do Equipamento (kW)
CARDIO/ FUNC/ MUSC/ P.L./ SHAPE - 1	FXFSQ112AVE	10,6	11,5	RXQ56TAYM	157
CARDIO/ FUNC/ MUSC/ P.L./ SHAPE - 2	FXFSQ112AVE	10,6	11,5		
CARDIO/ FUNC/ MUSC/ P.L./ SHAPE - 3	FXFSQ112AVE	10,6	11,5		
CARDIO/ FUNC/ MUSC/ P.L./ SHAPE - 4	FXFSQ112AVE	10,6	11,5		
CARDIO/ FUNC/ MUSC/ P.L./ SHAPE - 5	FXFSQ112AVE	10,6	11,5		
CARDIO/ FUNC/ MUSC/ P.L./ SHAPE - 6	FXFSQ112AVE	10,6	11,5		
CARDIO/ FUNC/ MUSC/ P.L./ SHAPE - 7	FXFSQ112AVE	10,6	11,5		
CARDIO/ FUNC/ MUSC/ P.L./ SHAPE - 8	FXFSQ112AVE	10,6	11,5		
CARDIO/ FUNC/ MUSC/ P.L./ SHAPE - 9	FXFSQ112AVE	10,6	11,5		
CARDIO/ FUNC/ MUSC/ P.L./ SHAPE - 10	FXFSQ112AVE	10,6	11,5		
CARDIO/ FUNC/ MUSC/ P.L./ SHAPE - 11	FXFSQ112AVE	10,6	11,5		
CARDIO/ FUNC/ MUSC/ P.L./ SHAPE - 12	FXFSQ112AVE	10,6	11,5		
CARDIO/ FUNC/ MUSC/ P.L./ SHAPE - 13	FXFSQ112AVE	10,6	11,5		
CARDIO/ FUNC/ MUSC/ P.L./ SHAPE - 14	FXFSQ112AVE	10,6	11,5		
CARGA TÉRMICA TOTAL (kW)		148,4	ATENDE		

**Tabela 16: Seleção do VRF – Parte 01**

Ambientes	Unidades Internas (Modelos)	Carga Térmica (kW)	Capacidade do Equipamento (kW)	Unidades Internas (Modelos)	Capacidade do Equipamento (kW)
CARDIO/ FUNC/ MUSC/ P.L./ SHAPE - 15	FXFSQ112AVE	10,6	11,5	RXQ56TAYM	157
CARDIO/ FUNC/ MUSC/ P.L./ SHAPE - 16	FXFSQ112AVE	10,6	11,5		
CARDIO/ FUNC/ MUSC/ P.L./ SHAPE - 17	FXFSQ112AVE	10,6	11,5		
CARDIO/ FUNC/ MUSC/ P.L./ SHAPE - 18	FXFSQ112AVE	10,6	11,5		
CARDIO/ FUNC/ MUSC/ P.L./ SHAPE - 19	FXFSQ112AVE	10,6	11,5		
CARDIO/ FUNC/ MUSC/ P.L./ SHAPE - 20	FXFSQ112AVE	10,6	11,5		
CARDIO/ FUNC/ MUSC/ P.L./ SHAPE - 21	FXFSQ112AVE	10,6	11,5		
CARDIO/ FUNC/ MUSC/ P.L./ SHAPE - 22	FXFSQ112AVE	10,6	11,5		
CARDIO/ FUNC/ MUSC/ P.L./ SHAPE - 23	FXFSQ112AVE	10,6	11,5		
CARDIO/ FUNC/ MUSC/ P.L./ SHAPE - 24	FXFSQ112AVE	10,6	11,5		
CARDIO/ FUNC/ MUSC/ P.L./ SHAPE - 25	FXFSQ112AVE	10,6	11,5		
CARDIO/ FUNC/ MUSC/ P.L./ SHAPE - 26	FXFSQ112AVE	10,6	11,5		
CARDIO/ FUNC/ MUSC/ P.L./ SHAPE - 27	FXFSQ112AVE	10,6	11,5		
CARDIO/ FUNC/ MUSC/ P.L./ SHAPE - 28	FXFSQ112AVE	10,6	11,5		
CARGA TÉRMICA TOTAL (kW)		148,4	ATENDE		

Tabela 17: Seleção do VRF – Parte 02

Ambientes	Unidades Internas (Modelos)	Carga Térmica (kW)	Capacidade do Equipamento (kW)	Unidades Internas (Modelos)	Capacidade do Equipamento (kW)
APOIO	FXAQ20PVE	1,8	2,1	RXQ26TAYM	73
COLABORADORES	FXUQ71AVEB	4,9	7,5		
GERÊNCIA/ RACK	FXAQ63PVE	3,8	6,7		
QUADROS	FXAQ25PVE	1,9	2,6		
RECEPÇÃO 1	FXUQ100AVEB	5,7	10,5		
RECEPÇÃO 2	FXUQ100AVEB	5,7	10,5		
SL DE GINASTICA - 1	FXFSQ112AVE	10,6	11,5		
SL DE GINASTICA - 2	FXFSQ112AVE	10,6	11,5		
SL DE GINASTICA - 3	FXFSQ112AVE	10,6	11,5		
SL DE GINASTICA - 4	FXFSQ112AVE	10,6	11,5		
CARGA TÉRMICA TOTAL (kW)		66,2	ATENDE		

**Tabela 18: Seleção do VRF – Parte 03**

#### 4.2.2. Consumo Elétrico do VRF

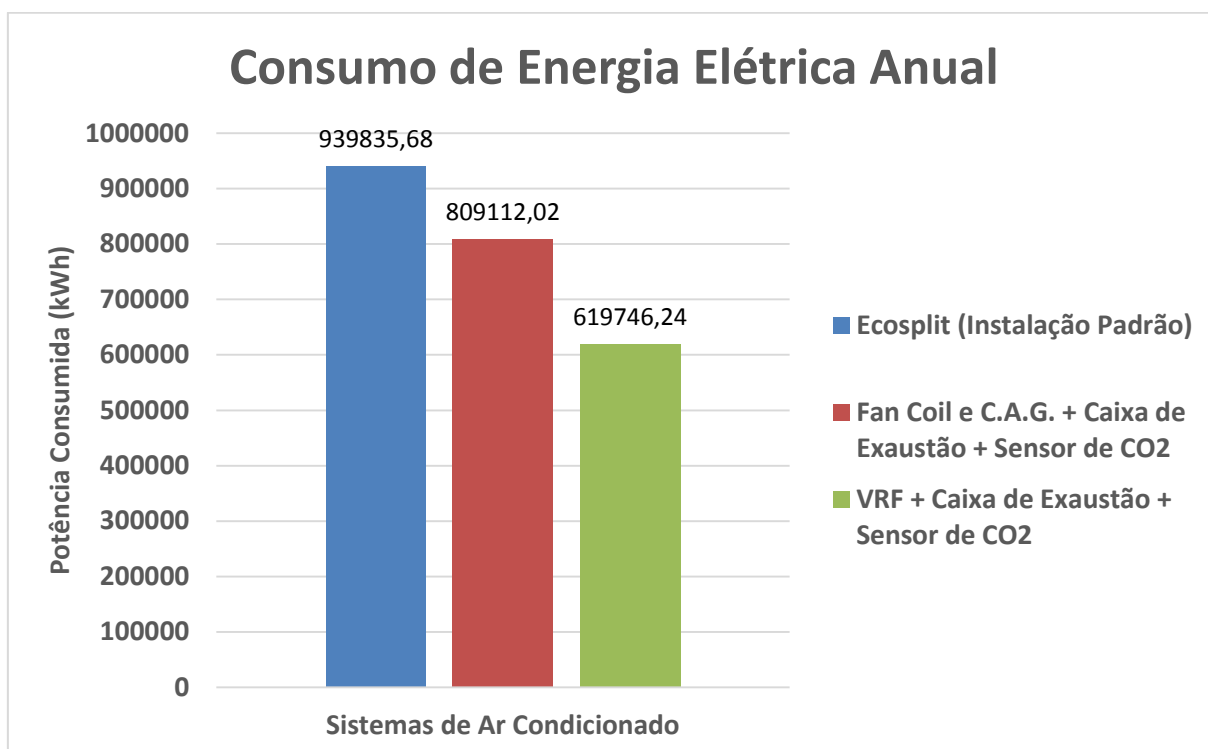
O equipamento VRF selecionado possui 4,03 de COP, com este valor e a taxa de ocupação já mostrada na figura 16, com auxílio do software HAP da Carrier, obtivemos os valores de consumo de energia elétrica dos equipamentos VRF de acordo com a tabela abaixo e no anexo J.

Mês	Consumo Mensal (kWh)
<b>Janeiro</b>	78745
<b>Fevereiro</b>	68126
<b>Março</b>	65445
<b>Abril</b>	52453
<b>Mai</b>	34206
<b>Junho</b>	24996
<b>Julho</b>	30144
<b>Agosto</b>	30401
<b>Setembro</b>	35639
<b>Outubro</b>	54110
<b>Novembro</b>	60174
<b>Dezembro</b>	71495
<b>Consumo Anual Total</b>	605934

**Tabela 19: Consumo Elétrico do VRF**

## 5. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

De acordo com os dados obtidos nos estudos realizados no capítulo 4, realizamos o gráfico abaixo para comparação dos consumos de energia elétrica anuais das 3 soluções de sistemas de ar condicionado. Neste gráfico estamos comparando o atual sistema padrão da academia, e o estudo com expansão indireta e o estudo do sistema VRF, ambos os estudos considerando os sensores de CO<sub>2</sub> para variar a taxa de ar externo e a vazão de exaustão.



**Figura 20: Comparação de Consumo de Energia Elétrica dos Sistemas de Ar Condicionado**

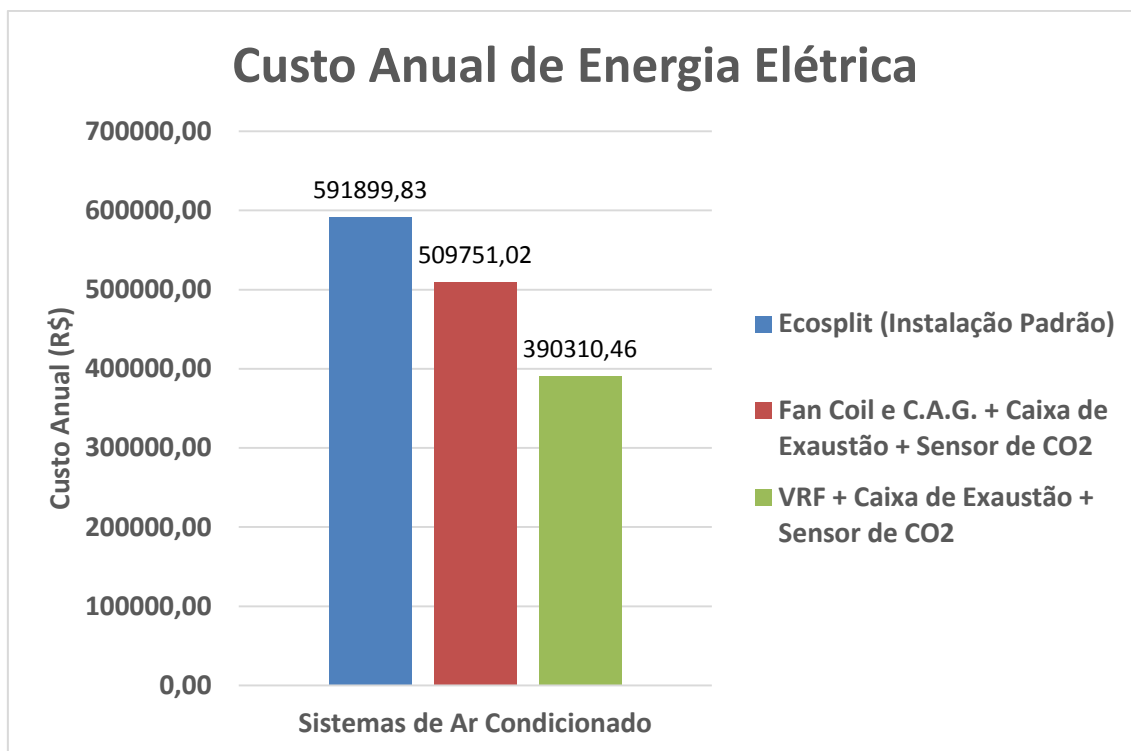
Como podemos observar, na figura 20, o sistema VRF é o sistema que mais irá economizar energia, ou seja, utilizará a energia de maneira mais eficiente.

Os valores da AES Eletropaulo do mês de novembro de 2018 do subgrupo B3 e bandeira amarela se encontram abaixo na tabela 20.

MODALIDADE TARIFÁRIA CONVENCIONAL		
SUBGRUPO / CLASSE / SUBCLASSE (R\$/kWh)	Tarifa do Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) (R\$/kWh)	Tarifa de Energia TE (R\$/kWh)
B3 - DE MAIS CLASSES	0,21276	0,27087

**Tabela 20: Tarifa de Energia Elétrica da AES Eletropaulo**

Com base nos valores de tarifação, considerando um ICMS de 18% e um PIS/COFINS de 3,62%. Podemos observar no gráfico abaixo os valores.



**Figura 21: Custo Anual de Energia Elétrica dos Sistemas de Ar Condicionado**

Custo Anual de Energia Elétrica (R\$)	
Ecosplit (Instalação Padrão)	R\$591.899,83
Fan Coil e C.A.G. + Caixa de Exaustão + Sensor de CO2	R\$509.751,02
VRF + Caixa de Exaustão + Sensor de CO2	R\$390.310,46

**Tabela 21: Consumo Anual de Energia**

### 5.1. Custos da Instalação dos Sistemas de Ar Condicionado

De acordo com valores de mercado, foi realizada uma estimativa dos custos de instalação dos sistemas de ar condicionado mencionados no trabalho. O projeto padrão possui um custo de instalação como se pode observar na tabela 22 abaixo de R\$ 314.440,00. Este valor considera apenas a instalação dos sistemas de ar condicionado e exaustão.

<b>Instalação Padrão</b>	
Ecosplit + Split Hi Wall	R\$155.000,00
Tubulação de Cobre	R\$16.000,00
Caixa de Exaustão	R\$4.150,00
Bocas de ar	R\$21.500,00
Dutos de aço galvanizado	R\$24.100,00
Elétrica	R\$8.840,00
Mão de Obra	R\$84.850,00
<b>Total</b>	<b>R\$314.440,00</b>

**Tabela 22: Custo de Instalação do Sistema Padrão**

O sistema de expansão indireta irá custar R\$ 532.960,00 como podemos observar na tabela 23, o valor mais elevado em comparação com o sistema padrão da academia se deve ao maior número de componentes de controles e equipamentos mais sofisticados que permitem que o sistema opere de acordo com a carga exigida.

<b>Fan Coil e C.A.G. + Caixa de Exaustão + Sensor de CO2</b>	
Chiller	R\$270.000,00
Bomba de Água	R\$10.000,00
Fan Coil	R\$125.000,00
Hidráulica	R\$15.000,00
Caixa de Exaustão	R\$4.150,00
Bocas de ar	R\$26.500,00
Dutos de aço galvanizado	R\$24.200,00
Elétrica + Automação	R\$10.000,00
Mão de Obra	R\$48.110,00
<b>Total</b>	<b>R\$532.960,00</b>

**Tabela 23: Custo de Instalação do Sistema de Expansão Indireta**

A instalação do sistema VRF custará R\$ 480.750,00 para ser instalado, ele fica mais barato em comparação com o sistema de expansão indireta devido as unidades evaporadoras que são mais simples que o sistema central, portanto mais baratas em termos de custo, e também devido a maior parte da automação já vir de fábrica, diminuindo o valor de automação e mão de obra.

<b>VRF + Caixa de Exaustão + Sensor de CO2</b>	
VRF	R\$366.400,00
Tubulação de Cobre	R\$45.000,00
Caixa de Exaustão	R\$4.150,00
Bocas de ar	R\$7.000,00
Dutos de aço galvanizado	R\$7.200,00
Elétrica + Automação	R\$5.000,00
Mão de Obra	R\$46.000,00
<b>Total</b>	<b>R\$480.750,00</b>

**Tabela 24: Custo de Instalação do Sistema VRF**

## 5.2. Payback Descontado, VPL e TIR

O valor de fluxo de caixa utilizado para a análise de viabilidade econômica foi o resultado da economia monetária que os estudos obtiveram em relação ao sistema padrão, portanto:

<b>Custo Anual de Energia Elétrica (R\$)</b>	
Ecosplit (Instalação Padrão)	R\$591.899,83
Fan Coil e C.A.G. + Caixa de Exaustão + Sensor de CO2	R\$509.751,02
VRF + Caixa de Exaustão + Sensor de CO2	R\$390.310,46

**Tabela 25: Consumo Anual de Energia**

$$F.C.C.A.G+FanCoil = R\$591.899,83 - R\$509.751,02 = R\$82.148,91$$

$$F.C.VRF = R\$591.899,83 - R\$390.310,46 = R\$201.589,37$$

Contudo, os sistemas possuem valores de manutenção que devem ser inclusos nos custos de operação dos sistemas. De acordo com os valores que foram levantados no mercado, o custo anual das manutenções periódicas para os casos estudados são:

<b>Manutenção Anual</b>	
Fan Coil e C.A.G. + Caixa de Exaustão + Sensor de CO2	R\$30.360,00
VRF + Caixa de Exaustão + Sensor de CO2	R\$72.000,00

**Tabela 26: Custos Anuais de Manutenção dos Sistemas**

Sendo assim, os valores de fluxo de caixas devem ser recalculados descontando estes valores de manutenção.

$$F.C.C.A.G+FanCoil = R\$82.148,91 - R\$30.360,00 = R\$51.788,91$$

$$F.C.VRF = R\$201.589,37 - R\$72.000,00 = R\$129.589,37$$

Utilizando uma taxa de desconto de 6,5%, que é a atual taxa de juros Selic. Calculamos o Payback Descontado, o VPL e a TIR para os dois estudos. Como nos mostra a tabela 27.

<b>Taxa de Desconto</b>	<b>6,50%</b>	
<b>Payback Descontado</b>	<b>17,56</b>	<b>4,39</b>
<b>VPL</b>	<b>R\$7.325,02</b>	<b>R\$57.781,88</b>
<b>TIR</b>	<b>6,69%</b>	<b>10,85%</b>

**Tabela 27: Análise Financeira**

Ano	Fan Coil e C.A.G. + Caixa de Exaustão + Sensor de CO2			VRF + Caixa de Exaustão + Sensor de CO2		
	Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa Ajustado	Saldo	Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa Ajustado	Saldo
0	-R\$532.960,00	-R\$532.960,00	-R\$532.960,00	-R\$480.750,00	-R\$480.750,00	-R\$480.750,00
1	R\$51.788,81	R\$48.627,99	-R\$484.332,01	R\$129.589,37	R\$121.680,16	-R\$359.069,84
2	R\$51.788,81	R\$45.660,09	-R\$438.671,92	R\$129.589,37	R\$114.253,67	-R\$244.816,17
3	R\$51.788,81	R\$42.873,32	-R\$395.798,60	R\$129.589,37	R\$107.280,44	-R\$137.535,73
4	R\$51.788,81	R\$40.256,64	-R\$355.541,97	R\$129.589,37	R\$100.732,81	-R\$36.802,92
5	R\$51.788,81	R\$37.799,66	-R\$317.742,31	R\$129.589,37	R\$94.584,80	R\$57.781,88
6	R\$51.788,81	R\$35.492,64	-R\$282.249,67	R\$129.589,37	R\$88.812,02	R\$146.593,90
7	R\$51.788,81	R\$33.326,42	-R\$248.923,25	R\$129.589,37	R\$83.391,56	R\$229.985,46
8	R\$51.788,81	R\$31.292,41	-R\$217.630,83	R\$129.589,37	R\$78.301,94	R\$308.287,40
9	R\$51.788,81	R\$29.382,55	-R\$188.248,28	R\$129.589,37	R\$73.522,95	R\$381.810,35
10	R\$51.788,81	R\$27.589,25	-R\$160.659,04	R\$129.589,37	R\$69.035,63	R\$450.845,98
11	R\$51.788,81	R\$25.905,40	-R\$134.753,64	R\$129.589,37	R\$64.822,19	R\$515.668,17
12	R\$51.788,81	R\$24.324,32	-R\$110.429,32	R\$129.589,37	R\$60.865,91	R\$576.534,07
13	R\$51.788,81	R\$22.839,73	-R\$87.589,59	R\$129.589,37	R\$57.151,08	R\$633.685,16
14	R\$51.788,81	R\$21.445,76	-R\$66.143,83	R\$129.589,37	R\$53.662,99	R\$687.348,15
15	R\$51.788,81	R\$20.136,86	-R\$46.006,97	R\$129.589,37	R\$50.387,78	R\$737.735,93
16	R\$51.788,81	R\$18.907,85	-R\$27.099,12	R\$129.589,37	R\$47.312,47	R\$785.048,41
17	R\$51.788,81	R\$17.753,85	-R\$9.345,26	R\$129.589,37	R\$44.424,86	R\$829.473,26
18	R\$51.788,81	R\$16.670,28	R\$7.325,02	R\$129.589,37	R\$41.713,48	R\$871.186,75

**Tabela 28: Fluxos de Caixas**

O sistema de expansão indireta, se paga em pouco mais de 17 anos. Em contrapartida, o sistema VRF se paga em pouco mais de 4 anos, se mostrando muito mais competitivo devido ao maior fluxo de caixa.

## 6. CONCLUSÃO

Podemos concluir que o sistema VRF foi o sistema que nos apresentou a melhor solução. Devido ao custo de instalação mais baixo em comparação com o sistema de expansão indireta, e principalmente pela economia de energia proporcionada, desempenhando uma melhor adaptação as variações das cargas térmicas ao longo do dia.

O sistema VRF é o mais oneroso com manutenções periódicas, devido ao grande número de evaporadoras, contudo, graças a grande economia de energia do sistema, em comparação com o projeto padrão, o valor de fluxo de caixa continuou bastante elevado. O que possibilitou esse payback de pouco mais de 4 anos.

O sistema de expansão indireta se mostrou mais econômico que o projeto padrão também, porém, devido ao alto custo de instalação o seu payback ficou prejudicado em relação ao VRF.

Este trabalho visou melhorar a eficiência do sistema de ar condicionado da academia, outro ponto que pode ser abordado para futuras melhorias na eficiência energética do setor de academias seria a implementação de sistemas solares térmicos para a economia de gás natural, ou energia elétrica nos chuveiros dos vestiários.

## 7. BIBLIOGRAFIA

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico – Balanço de Energia Semanal. Disponível em: <<http://sdro.ons.org.br/SDRO/semanal/>> Acesso em: 17 de agosto 2018

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2017vf.pdf>> Acesso em: 27 de novembro 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/comercioeservico/pas/analisepas99.shtm/>> Acesso em: 25 de novembro 2018.

Smart Fit Academias. Resultados 3T18. Disponível em: <[https://www.smartfit.com.br/attachments/fdf7eb3b46da92bc109ad13f0253abacf4957452/store/642f4b6bb2ca5b27ac8b96b31c468160145ab68ffd7e8bc5dd9a4dea3beb/Smartfit\\_ITR\\_3T2018.pdf](https://www.smartfit.com.br/attachments/fdf7eb3b46da92bc109ad13f0253abacf4957452/store/642f4b6bb2ca5b27ac8b96b31c468160145ab68ffd7e8bc5dd9a4dea3beb/Smartfit_ITR_3T2018.pdf) /> Acesso em: 25 de novembro 2018.

GBC Brasil – Green Building Council Brasil. Disponível em:

<<http://www.gbcbrazil.org.br/sobre-certificado.php> /> Acesso em: 10 de setembro 2018.

IOSHIMOTO; E. KATO; E.A. YAMADA; E.S. JUNIOR I.B.R. **Slides de Aula – Eficiência Energética.** Aula 7 Eficiência Energética nas Certificações Sustentáveis. Programa de Educação Continuada em Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2018.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** NBR 16401-1: Instalações de Ar Condicionado - Sistemas Centrais e Unitários - Parte 1: Projetos das Instalações. Rio de Janeiro : ABNT, 2008. ISBN 978-85-07-00889-7.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** NBR 16401-2: Instalações de Ar Condicionado - Sistemas Centrais e Unitários - Parte 2: Parâmetros de Conforto Térmico. Rio de Janeiro : Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2008. ISBN 978-85-07-00890-3.

**AZEVEDO, Wilson de e FURLAN, José Ernesto.** Sistemas Mecânicos III. São Paulo: Faculdade de Tecnologia de São Paulo, 2000.

CARRIER DO BRASIL. **Catálogo Técnico Ecosplit:** catálogo. Setembro 2017.

AIR QUALITY. **Caixa Ventiladora – CVQ:** catálogo. São Bernardo do Campo.

DAIKIN MCQUAY AR CONDICIONADO BRASIL LTDA. **VRV Inova:** catálogo. São Paulo. Fevereiro 2017.

## ANEXOS

## Anexo A – Catálogo Ecosplit – Unidades Evaporadoras - Carrier

## Características Técnicas Gerais



Tabelas 1a - Características Técnicas Gerais 40MX

UNIDADE EVAPORADORA		40MX									
CARACTERÍSTICAS		10	15	20		25	30	40			
Capacidade (kcal/h) [1] com 38EX		31422	45069	52221	-	74802	88510	104730			
Capacidade (kcal/h) [1] com 38EV		31144	43884	-	62503	73682	86513	-			
Alimentação principal (V/ph/Hz)		220, 380, 440 / 3 / 60									
Tensão do comando (V/ph/Hz)		220 / 1 / 60									
Nº de Estágios de Capacidade		2	2	2	4						
Refrigerante - Tipo		HFC-410A									
MÓDULO VENTILAÇÃO	Ventilador	Tipo		10/10 x 2	12/12 x 2	12/12 x 2	12/12 x 2	15/15 x 2	15/15 x 2	18/18 x 2	
		Vazão Mínima (m³/h) [2]		5820	7380	7879	8403	14170	17035	22680	
		Vazão Máxima (m³/h) [2]		9053	10286	11611	10694	17000	20400	27200	
		P.E.D (mmCA) [2]	VS	19,2	19,5	14,2	8,2	14,2	27	34	
	VH		27,4	29,7	26,5	22,5	39	40	45		
	Motor	Quantidade - Nº de Pólos		1 - 4							
		Potência (CV)		2	3	4	4	7,5 (VS) 10 (VH)	10 (VS) 12,5 (VH)	12,5 (VS) 15,0 (VH)	
	Peso (kg)		100	120	125	125	221	266	327		
	MÓDULO TROCADOR	Serpentina	Área de Face (m²)		0,940	1,080	1,130	1,130	1,574	1,893	2,52
			Nº de Filas		2	3	3	4	4	4	4
Diâmetro dos Tubos - mm (in)			9,53 (3/8)								
Aletas por polegada			20	20	20	17	17	17	17		
Material das Aletas			Alumínio Corrugado								
Material dos Tubos			Cobre Ranhurado Internamente								
Conexões		Linha de Líquido Qtd - Ø - Tipo		1 - 1/2 in - Bolsa			2 - 1/2 in - Bolsa	2 - 5/8 in - Bolsa			
		Linha de Sucção Qtd - Ø - Tipo		1 - 1.1/8 in - Bolsa			2 - 1.1/8 in - Bolsa				
Classe de filtragem		G4									
Peso (kg)		61	72	81	81	139	165	222			
Dreno (Qtd - Ø - Tipo)		1 - 3/4 in - BSP Macho									
Peso Unidade Evaporadora (kg)		161	192	206	206	360	430	549			

[1] Desempenho da unidade é avaliado de acordo com norma AHRI Standard 340/360.

[2] PED (Pressão Estática Disponível) com velocidade de face de 2,5 m/s e Classe de Filtragem G4.

ND: Não disponível

## Anexo B – Catálogo Ecosplit – Unidades Condensadoras - Carrier



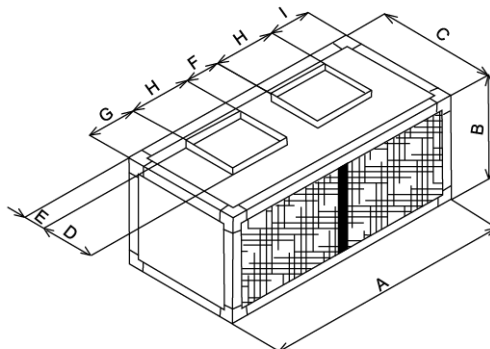
Tabelas 2 - Características Técnicas Gerais 38E (Continuação)

Unidade Condensadora		38EX / 38EV			
Características		38EX_10 / 38EV_10	38EX_15 / 38EV_15	38EX_20	
Alimentação principal (V / ph / Hz)		220, 380, 440 / 3 / 60		220, 380, 440 / 3 / 60	
Tensão do comando (V / ph / Hz)		220 / 1 / 60		220 / 1 / 60	
Nº de estágios de capacidade		2			
Nº de circuitos de refrigeração		1 (Tandem)		1 (Tandem)	
Refrigerante - Tipo		HFC-R410A			
Unidade Condensadora 38EX/EV/IEW	Compressor	Tipo			Scroll
		Quantidade			2
		Rotação (RPM)			3500 (Velocidade Fixa)
		Carga de óleo por compressor (l)		1,70 (FV68S - Polivinil Éter)	1,85 (Poliol Éster)
		Óleo recomendado		Daphne Hermetic Oil FVC 68D	Copeland Ultra 22CC
		Resistência cárter (W)			70
	Serpentina	Área face (m²)		2,40	3,05
		Nº filas		2	2
		Diâmetro tubos - mm (in)		9,52 (3/8)	
		Aletas/polegada		17	20
		Tipo			
	Conexão	Linha líquido - mm (in)		1 x 15,87 (1 x 5/8) - Bolsa	
		Quantidade x Diâmetro - Tipo			
		Linha sucção - mm (in)		1 x 28,57 (1 x 1.1/8) - Bolsa	
		Quantidade x Diâmetro - Tipo			
	Ventilador	Tipo - Qtd.		Axial - 1	
		Rotação (rpm) *		Variável entre 158 - 870	
		Vazão (m³/h)		3000 - 18000	
		Pressão Estática Disponível - PED (mmca)		0	
	Motor	Quantidade x Nº Pólos		DC Motor	
Potência (W) - Carcaça		850			
Dispositivo de Segurança	Alta	Desarme (psig)		650	
		Rearme (psig)		420	
	Baixa	Desarme (psig)		54	
		Rearme (psig)		117	
	Fusível de comando (A)		1		
	Relé de sobrecarga (A) - Ventilador - 220/380/440V		Driver Motor		
Peso (kg)		198	207	255	

\* Controle de Condensação

## Anexo C – Catálogo de Caixa de Exaustão – Air Quality

### DADOS DIMENSIONAIS



Modelo CVQ	D I M E N S Õ E S (mm)									Vazão de ar (m3/h)		Motor (cv)	Quant. Venti- ladores	Peso (Kg)
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Nominal	Máxima			
2	650	425	425	260	45	-	330	170	150	1360	1800	1,0	1	38
3	880	425	425	260	45	-	330	320	230	2040	2650	1,0	1	42
5	976	505	505	289	45	-	321	334	321	3400	3750	1,0	1	57
7,5	1070	585	585	341	45	-	337	396	337	5100	5600	1,5	1	85
10	1360	725	685	403	45	-	443	474	443	6800	7500	2,0	1	107
15	1680	725	585	341	45	254	464	396	170	10200	11200	3,0	2	142
20	2080	890	725	403	70	380	508	474	244	13600	15000	4,0	2	180
30	2230	1080	850	478	70	456	329	558	329	20400	22400	6,0	2	233
40	2720	1080	850	478	70	273	250	558	250	27200	30000	7,5	3	305

## Anexo D – Data Sheet – Fan Coil 15 TR - Carrier

### Projeto

Cliente	: AR Sistemas Térmicos Ltda
Obra	: Smart Fit Interlagos 5
Tag	: FC-01
Por	:

### Geral

Série	: Vortex
Modelo	: 15TR
Frequência	: 60 Hz
Posição	: Vertical
Lado Hidráulica	: Direito

### Módulos da Máquina

Motor Ventilador
Caixa de Mistura com Filtro
Serpentina Água Gelada

### Resfriamento

<b>Dados de Entrada</b>	
Vazão	= 12.000,00 m <sup>3</sup> /h
TBS	= 24,37 C
TBU	= 18,10 C
Umidade Relativa	= 55,84 %
Umidade Absoluta	= 0,0117 kgH <sub>2</sub> O/kgda
Pressão	= 692,67 mmHg
Ró	= 1,06 kgda/m <sup>3</sup>
Fluido	= Fresh Water
Concentração do Fluido	= 0,00 %
Vazão de Água	= 7697 l/h
Temperatura da Água	= 7,00 C

<b>Dados de Saída da Serpentina</b>	
Carga Térmica	= 53,44 kW
Carga Sensível	= 40,68 kW
TBS	= 13,21 C
TBU	= 13,07 C
Umidade Relativa	= 98,54 %
Ar Veloc. Face	= 2,93 m/s
Fluido Temperatura	= 12,96 C
Perda Carga Água	= 1,08 kPa

<b>Dados de Insuflamento</b>	
TBS	= 14,10 C
TBU	= 13,40 C
Capacidade Total	= 50,13 kW
Capacidade Sensível	= 37,37 kW
FCB	= 0,75

### Serpentina de Resfriamento

Tubo	= 1/2" Cobre
Aleta	= Al
D. Int.	= 12,26 mm
D. Ext.	= 13,06 mm
Esp.	= 0,127 mm
FPI	= 9 FPI
Área de Face	= 1,14 m <sup>2</sup>
Comprimento Aletado	= 1.380,00 mm
Fator Incrustação	= 0,044 m <sup>2</sup> /KW
Nro. Filas	= 8
Nro. Circuitos	= 52
Nro. Tubos	= 26
Conexão	= 2"

### Ventilador : Sirocco

Modelo	= Sirocco 18/18
Rotação	= 891,37 RPM
Consumo Elétrico Estimado	= 3,31 kW
Velocidade de Descarga	= 12,49 m/s
Posição	= V1
Lado do Motor	= Direito
Ventilador Pintado	= Não
Tipo do Amortecedor	= Borracha
Polia Ventilador	= 240mm
Furo da Polia do Ventilador	= 30 mm
Motor	= 6 CV
Tensão de Alimentação	= 380V
Tensão do Motor	= 380V
Tipo do Motor	= High Eff 4 Polos 60 Hz
Polos	= 4 polos
Polia do Motor	= 122mm até 152mm
Furo da Polia do Motor	= 28 mm

### Caixa de Mistura

Damper	= Retorno Superior/Externo Esquerda
--------	-------------------------------------

### Perda de Carga do Ar

Mistura	= 1,50 mmH <sub>2</sub> O
Resfriamento	= 23,64 mmH <sub>2</sub> O
Aquecimento	= 0,00 mmH <sub>2</sub> O
Equalizador	= 0,00 mmH <sub>2</sub> O
Resistência	= 0,00 mmH <sub>2</sub> O
Atenuador	= 0,00 mmH <sub>2</sub> O
Filtro Fino	= 0,00 mmH <sub>2</sub> O
Filtro Absoluto	= 0,00 mmH <sub>2</sub> O
Pré-Filtro	= 13,68 mmH <sub>2</sub> O
Pressão Disponível no Duto	= 25,00 mmH <sub>2</sub> O
Total	= 63,82 mmH <sub>2</sub> O

### Filtros

Pré-Filtro	= G4 Moldura de papelão 1
Filtro Fino	= N/A
Filtro Absoluto	= N/A

### Observação

### Potência Sonora do Ventilador(dB(A))

<b>Potência Sonora do Ventilador desconsiderando atenuação</b>	
63 Hz	= 69,6
125 Hz	= 75,6
250 Hz	= 75,6
500 Hz	= 76,6
1000 Hz	= 78,6
2000 Hz	= 76,6
4000 Hz	= 73,6
8000 Hz	= 66,6
Global	= 84,41

## Anexo E – Data Sheet – Fan Coil 20 TR – Carrier

### Projeto

Cliente	: AR Sistemas Térmicos Ltda
Obra	: Smart Fit Interlagos 5
Tag	: FC-02 A 05
Por	:

### Geral

Série	: Vortex
Modelo	: 20TR
Frequência	: 60 Hz
Posição	: Vertical
Lado Hidráulica	: Direito

### Módulos da Máquina

Motor Ventilador
Caixa de Mistura com Filtro
Serpentina Água Gelada

### Resfriamento

Dados de Entrada	
Vazão	= 16.000,00 m <sup>3</sup> /h
TBS	= 23,74 C
TBU	= 16,59 C
Umidade Relativa	= 49,77 %
Umidade Absoluta	= 0,0100 kgH <sub>2</sub> O/kgda
Pressão	= 692,67 mmHg
Ro	= 1,07 kgda/m <sup>3</sup>
Fluido	= Fresh Water
Concentração do Fluido	= 0,00 %
Vazão de Água	= 10996 l/h
Temperatura da Água	= 7,00 C
Dados de Saída da Serpentina	
Carga Térmica	= 77,54 kW
Carga Sensível	= 62,52 kW
TBS	= 10,90 C
TBU	= 10,73 C
Umidade Relativa	= 98,10 %
Ar Veloc. Face	= 2,96 m/s
Fluido Temperatura	= 13,06 C
Perda Carga Água	= 40,29 kPa
Dados de Insufamento	
TBS	= 11,90 C
TBU	= 11,13 C
Capacidade Total	= 72,57 kW
Capacidade Sensível	= 57,55 kW
FCB	= 0,79

### Serpentina de Resfriamento

Tubo	= 1/2" Cobre
Aleta	= Al
D. Int.	= 12,26 mm
D. Ext.	= 13,06 mm
Esp.	= 0,127 mm
FPI	= 9 FPI
Área de Face	= 1,50 m <sup>2</sup>
Comprimento Aletado	= 1.820,00 mm
Fator Incrustação	= 0,044 m <sup>2</sup> /KW
Nro. Filas	= 8
Nro. Circuitos	= 20
Nro. Tubos	= 26
Conexão	= 1.1/4"

### Ventilador : Sirocco

Modelo	= Sirocco 2X 15/15
Rotação	= 1063,11 RPM
Consumo Elétrico Estimado	= 4,97 kW
Velocidade de Descarga	= 11,66 m/s
Posição	= V1
Lado do Motor	= Direito
Ventilador Pintado	= Não
Tipo do Amortecedor	= Borracha
Polia Ventilador	= 220mm
Furo da Polia do Ventilador	= 25,4 mm
Motor	= 7,5 CV
Tensão de Alimentação	= 380V
Tensão do Motor	= 380V
Tipo do Motor	= High Eff 4 Polos 60 Hz
Polos	= 4 polos
Polia do Motor	= 122mm até 152mm
Furo da Polia do Motor	= 28 mm

### Caixa de Mistura

Damper	= Retorno Superior/Externo Esquerda
--------	-------------------------------------

### Perda de Carga do Ar

Mistura	= 1,54 mmH <sub>2</sub> O
Resfriamento	= 23,90 mmH <sub>2</sub> O
Aquecimento	= 0,00 mmH <sub>2</sub> O
Equalizador	= 0,00 mmH <sub>2</sub> O
Resistência	= 0,00 mmH <sub>2</sub> O
Atenuador	= 0,00 mmH <sub>2</sub> O
Filtro Fino	= 0,00 mmH <sub>2</sub> O
Filtro Absoluto	= 0,00 mmH <sub>2</sub> O
Pré-Filtro	= 14,05 mmH <sub>2</sub> O
Pressão Disponível no Duto	= 25,00 mmH <sub>2</sub> O
Total	= 64,49 mmH <sub>2</sub> O

### Filtros

Pré-Filtro	= G4 Moldura de papelão 1
Filtro Fino	= N/A
Filtro Absoluto	= N/A

### Observação

### Potência Sonora do Ventilador(dB(A))

Potência Sonora do Ventilador desconsiderando atenuação

63 Hz	= 71,8
125 Hz	= 77,8
250 Hz	= 77,8
500 Hz	= 78,8
1000 Hz	= 80,8
2000 Hz	= 78,8
4000 Hz	= 75,8
8000 Hz	= 68,8
Global	= 86,59

## Anexo F – Catálogo Chiller – Carrier

Unid. 30RB	Capacidade (Toneladas)	Capacidade kW	Compressor kW	Ventilador kW	Potência total kW	Carga Total		IPLV		Vazão do esfriador (GPM)	Perda de carga do Cooler	
						EER	COP	EER	COP		(ftca)	(kPA)
080	75.7	266.1	83.1	10.3	93.9	9.6	2.83	14.2	4.2	181.6	8.6	25.6
100	95.8	336.6	104.1	15.5	119.6	9.6	2.81	13.6	3.99	229.1	10.9	32.36
120	118.5	416.3	129.6	18.1	147.7	9.7	2.82	13.7	4.02	283.2	11.1	32.94
150	144.5	507.6	158.6	20.6	179.3	9.6	2.83	13.8	4.04	345.4	7.7	22.76
170	166.5	585.0	182.4	25.8	208.2	9.6	2.81	13.5	3.96	398.1	10.0	29.73
190	188.5	662.6	205.8	31.0	236.7	9.6	2.80	13.4	3.93	450.9	12.7	37.59
225	214.4	753.3	237.1	31.0	268.1	9.6	2.81	13.8	4.04	512.5	16.3	48.31
250	238.0	836.3	261.8	36.1	298.0	9.6	2.81	13.6	3.99	569.0	19.9	58.87
275	260.3	914.7	284.3	41.3	325.6	9.6	2.81	13.7	4.02	622.4	23.6	69.76
300	282.7	993.4	308.4	46.5	354.9	9.6	2.81	13.5	3.96	675.9	27.6	81.53

### LEGENDA

COP - Coeficiente de Performance


EER - Eficiência Energética

IPLV - Valor de Eficiência em Cargas Parciais

### NOTA

Dados baseados na norma ARI condições Standard.

## Anexo G – Data Sheet das Bombas de Água Gelada - Grundfos

		<b>Nome empresa:</b> AR Sistemas Térmicos <b>Criado por:</b> <b>Telefone:</b>  <b>Data:</b> 20/11/2018
Posição	Quantid.	Descrição
	1	<b>NBGE 65-50-125/142 A-F2-K-BQQE</b>    <b>Código:</b> 99101638  <p>Bomba centrífuga de voluta, monocelular não auto-ferrante, em conformidade com ISO 5199, de dimensões e rendimento nominal em conformidade com ISO 2858 (16 bar). As flanges são PN 16 de dimensões em conformidade com EN 1092-1. A bomba possui um orifício de aspiração axial, um orifício de saída radial, um veio horizontal e foi concebida segundo o princípio de construção desmontável pela parte traseira, permitindo a remoção do motor, do acoplamento do motor, da cobertura e do impulsor, sem causar interferências no corpo da bomba ou na tubagem.</p> <p>O vedante de fole em borracha não equilibrado cumpre os requisitos da norma DIN EN 12756. A bomba é de acoplamento fechado ou tipo monobloco, com um motor síncrono auto-ventilado, de magneto permanente.</p> <p>O motor inclui um conversor de frequência e um controlador PI na caixa de terminais do motor. Isto permite o controlo variável contínuo da velocidade do motor que, por sua vez, garante a adaptação do rendimento a um determinado requisito.</p> <p><b>Líquido:</b>            Líquido bombeado: Água fria / água de arrefecimento            Gama de temperatura do líquido: -25 .. 120 °C            Liquid temperature during operation: 20 °C            Densidade: 999.9 kg/m³            Viscosidade cinemática: 1 mm²/seg</p> <p><b>Técnicos:</b>            Velocidade da bomba na qual se baseiam os dados da mesma: 2901 rpm            Caudal efectivo calculado: 63.2 m³/h            Altura manométrica resultante da bomba: 30 m            Diâmetro efectivo do impulsor: 142 mm            Impulsor nom: 125 mm            Código empanque.1:Tipo 2:Superfície rotativa vedante 3:Apoio fixo 4:Vedante secundário: BQQE            Empanque secundário: NONE            Tolerância da curva: ISO9906:2012 3B</p> <p><b>Materiais:</b>            Corpo da bomba: Aço inoxidável                                      DIN W.-Nr. 1.4408                                      ASTM CF8M            Impulsor: Aço inoxidável                                      DIN W.-Nr. 1.4408                                      ASTM CF8M            Mat. do anel de desgaste: EN 1.4517 / CD4MCuN</p> <p><b>Instalação:</b>            Temperatura ambiente máxima: 50 °C            Pressão máx. de funcionamento: 16 bar            Flange padrão: EN 1092-1            Entrada da bomba: DN 65            Descarga da bomba: DN 50            Estágio da pressão: PN 16</p>



Nome empresa: AR Sistemas Térmicos

Criado por:

Telefone:

Data: 20/11/2018

Posição	Quantid.	Descrição
		<p><b>Car. eléctricas:</b></p> <p>Tipo de motor: 160MH  Classe de eficiência IE: IE5  Potência nominal - P2: 11 kW  Frequência da rede: 60 Hz  Tensão nominal: 3 x 380-500 V  Corrente nominal: 20.3-16.0 A  Requested voltage: 380 V  Rated current at this voltage: 16 A  Cos phi - factor de potência: 0.93-0.90  Velocidade nominal: 360-4000 rpm  Eficiência: 93.1%  Eficiência do motor com carga total: 93.1 %  Número de pólos: 2  Classe de protecção (IEC 34-5): IP55  Classe de isolamento (IEC 85): F  Tipo de lubrificante: Grease</p> <p><b>Outros:</b></p> <p>Índ. efic. mín. MEI ≥: 0.70  Estado ErP: EuP Autónomos/Prod.  Peso líquido: 112 kg  Peso bruto: 129 kg  Volume de expedição: 0.315 m³</p>

## Anexo H - Catálogo das Unidades Evaporadoras e Condensadoras VRF - Daikin

### Tipo Teto Aparente 4 vias









MODELO			FXUQ71AVEB	FXUQ100AVEB
Alimentação elétrica			1-fase, 220-240/220-230 V, 50/60 Hz	
Capacidade de resfriamento	kcal/h		6.900	9.600
	Btu/h		27.300	38.200
	kW		8,0	11,2
Capacidade de aquecimento	kcal/h		7.700	10.800
	Btu/h		30.700	42.700
	kW		9,0	12,5
Consumo de energia	Resfriamento	kW	0,090	0,200
	Aquecimento		0,073	0,179
Gabinete Cor			Branco	
Vazão de ar (H/M/L)	m³/h		1.350/1.170/960	1.860/1.560/1.260
	cfm		794/688/565	1.094/918/741
Nível de ruído (H/M/L)	dB(A)		40/38/36	47/44/40
Dimensões (A x L x P)			198x950x950	
Peso da máquina			26	27
Conexões de tubulação	Líquido (Flange)		φ9,5 (3/8")	
	Gás (Flange)	mm	φ15,9 (5/8")	
	Dreno	(pol)	I.D. φ 20 x O.D. φ 26 (VP20)	

### Tipo Hi-Wall



MODELO		FXAQ20PVE	FXAQ25PVE	FXAQ32PVE	FXAQ40PVE	FXAQ50PVE	FXAQ63PVE	
Alimentação elétrica		1-fase, 220-240 V/220 V, 50/60 Hz						
Capacidade de resfriamento	kcal/h	1.900	2.400	3.100	3.900	4.800	6.100	
	Btu/h	7.500	9.600	12.300	15.400	19.100	24.200	
	kW	2,2	2,8	3,6	4,5	5,6	7,1	
Capacidade de aquecimento	kcal/h	2.200	2.800	3.400	4.300	5.400	6.900	
	Btu/h	8.500	10.900	13.600	17.100	21.500	27.300	
	kW	2,5	3,2	4,0	5,0	6,3	8,0	
Consumo de energia	Resfriamento	kW	0,019	0,028	0,030	0,020	0,033	0,050
	Aquecimento		0,029	0,034	0,035	0,020	0,039	0,060
Gabinete		Branco (3,0Y8,5/0,5)						
Taxa de fluxo de ar (H/L)	m³/h	450/270	480/300	510/330	720/540	900/720	1.140/840	
	cfm	265/159	282/177	300/194	424/318	530/424	671/494	
Nível de ruído (H/L)	dB(A)	35/31	36/31	38/31	39/34	42/37	47/41	
Dimensões (A x L x P)		290x795x238			290x1.050x238			
Peso da máquina		11			14			
Conexões de tubulação	Líquido (Flange)		φ6,4 (1/4")				φ9,5 (3/8")	
	Gás (Flange)	mm	φ12,7 (1/2")				φ15,9 (5/8")	
	Dreno	(pol)	I.D. φ 13 x O.D. φ 18 (VP13)					

									
<b>MODELO</b>		<b>RXYQ8AYL</b>	<b>RXYQ10AYL</b>	<b>RXYQ12AYL</b>	<b>RXYQ14AYL</b>	<b>RXYQ16AYL</b>	<b>RXYQ18AYL</b>	<b>RXYQ20AYL</b>	
Combinação de unidade		<b>RXYQ8AYL</b>	<b>RXYQ10AYL</b>	<b>RXYQ12AYL</b>	<b>RXYQ14AYL</b>	<b>RXYQ16AYL</b>	<b>RXYQ18AYL</b>	<b>RXYQ20AYL</b>	
Alimentação elétrica		3-fases (4 fios + terra), 380V, 60Hz							
Capacidade de resfriamento	kcal/h	19.300	24.100	28.800	34.400	38.700	43.000	48.200	
	Btu/h	76.400	95.500	114.000	136.000	154.000	171.000	191.000	
	kW	22,4	28,0	33,5	40,0	45,0	50,0	56,0	
Capacidade de aquecimento	kcal/h	21.500	27.100	32.300	38.700	43.000	48.200	54.200	
	Btu/h	85.300	107.000	128.000	154.000	171.000	191.000	215.000	
	kW	25,0	31,5	37,5	45,0	50,0	56,0	63,0	
Consumo de energia	Resfriamento	kW	4,28	5,94	7,38	9,08	10,8	12,1	14,0
	Aquecimento	kW	4,85	6,50	8,01	9,91	11,3	12,7	15,0
Controle de Capacidade	%	20-100	16-100	15-100	10-100		8-100		
Gabinete Cor		Branco marfim (5Y7,5/1)							
Compressor	Tipo	Tipo Scroll Selado Hermeticamente							
	Saída do Motor	kW	4,5x1	5,7x1	6,9x1	(4,1+4,4)x1	(4,6+5,0)x1	(4,9+5,8)x1	(5,0+7,4)x1
Taxa de fluxo de ar	m³/h	9.720	10.500	11.100	13.380	15.600	15.060	15.660	
Dimensões: (A x L x P)	mm	1.657x990x765			1.657x1.240x765				
Peso da máquina	kg	184	191	213	285	285	317	317	
Nível de ruído	dB(A)	57	58	60	60	60	61	62	
Limites de operação	Resfriamento	°CDB	-5 a 43						
	Aquecimento	°CWB	-20 a 15,5						
Refrigerante	Tipo	R-410A							
	Carga	kg	5,0	6,0	6,9			8,6	
Conexões de tubulação	Líquido	mm (pol)	φ9,5 (3/8") (Brasagem)		φ12,7 (1/2") (Brasagem)			φ15,9 (5/8") (Brasagem)	
	Gás	mm (pol)	φ19,1 (3/4") (Brasagem)	φ22,2 (7/8") (Brasagem)	φ25,4 (1") (Brasagem)		φ28,6 (1.1/8") (Brasagem)		

								
RHXYQ22AYL	RHXYQ24AYL	RHXYQ26AYL	RHXYQ28AYL	RHXYQ30AYL	RHXYQ32AYL	RHXYQ34AYL	RHXYQ36AYL	
RHXYQ22AYL	RHXYQ12AYL	RHXYQ10AYL	RHXYQ12AYL	RHXYQ8AYL	RHXYQ10AYL	RHXYQ12AYL	RHXYQ14AYL	
	RHXYQ12AYL	RHXYQ16AYL	RHXYQ16AYL	RHXYQ22AYL	RHXYQ22AYL	RHXYQ22AYL	RHXYQ22AYL	
3-fases (4 fios + terra), 380V, 60Hz								
52.900	57.600	62.800	67.500	72.200	77.000	81.700	87.700	
210.000	229.000	249.000	268.000	286.000	305.000	324.000	348.000	
61,5	67,0	73,0	78,5	83,9	89,5	95,0	102	
59.300	64.500	70.100	753.00	80.800	86.900	92.000	98.000	
235.000	256.000	278.000	299.000	321.000	345.000	365.000	389.000	
69,0	75,0	81,5	87,5	94,0	101	107	114	
15,8	14,8	16,7	18,1	20,1	21,7	23,1	24,9	
17,0	16,0	17,8	19,3	21,8	23,5	25,0	26,9	
8-100	8-100	5-100	5-100	5-100	5-100	5-100	4-100	
Branco Marfim (5Y7,5/1)								
Tipo Scroll Selado Hermeticamente								
$(5,0+7,4)\times 1$	$(6,9\times 1)+(6,9\times 1)$	$(5,7\times 1)+(9,6+5,0)\times 1$	$(6,9\times 1)+(9,6+5,0)\times 1$	$(4,5\times 1)+(5,0+7,4)\times 1$	$(5,7\times 1)+(5,0+7,4)\times 1$	$(6,9\times 1)+(5,0+7,4)\times 1$	$(4,1+4,9)+9+(5,0+7,4)\times 1$	
16.260	11.100+11.100	10.500+15.600	11.100+15.600	11.100+16.260	9.720+16.260	11.100+16.260	13.380+16.260	
1.657x1.240x765	$(1.657\times 930\times 765) + (1.657\times 930\times 765)$	$(1.657\times 930\times 765)+(1.657\times 1.240\times 765)$					$(1.657\times 1.240\times 765)+(1.657\times 1.240\times 765)$	
317	213+213	191+285	213+285	184+317	191+317	213+317	285+317	
63	63	62	63	64	64	65	65	
-5 a 43								
-20 a 15,5								
R-410A								
8,6	6,9+6,9	6,0+6,9	6,9+6,9	5,0+8,6	6,0+8,6	6,9+8,6		
φ15,9 (5/8") (Brasagem)		φ19,1 (3/4") (Brasagem)						
φ28,6 (1.1/8") (Brasagem)		φ31,8 (1.1/4") (Brasagem)						

							
RHXYQ52AYL	RHXYQ54AYL	RHXYQ56AYL	RHXYQ58AYL	RHXYQ60AYL	RHXYQ62AYL	RHXYQ64AYL	RHXYQ66AYL
RHXYQ10AYL	RHXYQ10AYL	RHXYQ12AYL	RHXYQ14AYL	RHXYQ16AYL	RHXYQ18AYL	RHXYQ20AYL	RHXYQ22AYL
RHXYQ20AYL	RHXYQ22AYL	RHXYQ22AYL	RHXYQ22AYL	RHXYQ22AYL	RHXYQ22AYL	RHXYQ22AYL	RHXYQ22AYL
RHXYQ22AYL	RHXYQ22AYL	RHXYQ22AYL	RHXYQ22AYL	RHXYQ22AYL	RHXYQ22AYL	RHXYQ22AYL	RHXYQ22AYL
3-fases (4 fios + terra), 380V, 60Hz							
126.000	130.000	135.000	140.000	144.000	149.000	154.000	159.000
498.000	515.000	536.000	556.000	573.000	590.000	611.000	631.000
146	151	157	163	168	173	179	185
141.000	146.000	151.000	157.000	162.000	167.000	173.000	178.000
560.000	580.000	601.000	625.000	642.000	662.000	686.000	706.000
164	170	176	183	188	194	201	207
35,7	37,5	38,9	40,6	42,3	43,7	45,5	47,3
38,5	40,5	42,0	43,9	45,3	46,7	49,0	51,0
3-100	3-100	3-100	3-100	3-100	3-100	3-100	3-100
Branco Marfim (5Y7,5/1)							
Tipo Scroll Sellado Hermeticamente							
$(5,7 \times 1) + ((5,0+7,4) \times 1) + ((5,0+7,4) \times 1)$	$(5,7 \times 1) + ((5,0+7,4) \times 1) + ((5,0+7,4) \times 1)$	$(6,9 \times 1) + ((5,0+7,4) \times 1) + ((5,0+7,4) \times 1)$	$((4,1+4,4) \times 1) + ((5,0+7,4) \times 1) + ((5,0+7,4) \times 1)$	$((4,6+5,0) \times 1) + ((5,0+7,4) \times 1) + ((5,0+7,4) \times 1)$	$((4,9+5,8) \times 1) + ((5,0+7,4) \times 1) + ((5,0+7,4) \times 1)$	$((5,0+7,4) \times 1) + ((5,0+7,4) \times 1) + ((5,0+7,4) \times 1)$	$((5,0+7,4) \times 1) + ((5,0+7,4) \times 1) + ((5,0+7,4) \times 1)$
10.500+15.680+16.260	12.500+16.260+16.260	11.100+16.260+16.260	13.380+16.260+16.260	15.800+16.260+16.260	15.060+16.260+16.260	15.660+16.260+16.260	16.260+16.260+16.260
$(1.657 \times 930 \times 765) + (1.657 \times 1.240 \times 765) + (1.657 \times 1.240 \times 765)$			$(1.657 \times 1.240 \times 765) + (1.657 \times 1.240 \times 765) + (1.657 \times 1.240 \times 765)$				
191+317+317		213+317+317	285+317+317		317+317+317		
66	67					68	
-5 a 43							
-20 a 15,5							
R-410A							
6,0+8,6+8,6		6,9+8,6+8,6			8,6+8,6+8,6		
$\phi 19,1$ (3/4") (Braasagem)							
$\phi 38,1$ (1.1/2") (Braasagem)		$\phi 41,3$ (1.5/8") (Braasagem)					

## Anexo I – Resultado da Simulação do Consumo do Chiller (HAP)

Monthly Simulation Results for CH-01	
Smart Fit Interlagos 5_R1 AR Sistemas Térmicos LTDA	11/22/2018 03:54

Plant Simulation Results (Table 1) :

Month	Cooling Coil Load (kWh)	Plant Cooling Load (kWh)
January	78648	78648
February	68080	68080
March	65396	65396
April	52079	52079
May	33469	33469
June	23695	23695
July	29193	29193
August	28627	28627
September	34816	34816
October	53775	53775
November	60031	60031
December	71492	71492
<b>Total</b>	<b>599300</b>	<b>599300</b>

## Anexo J – Resultado da Simulação do Consumo do VRF (HAP)

Monthly Simulation Results for TOTAL - VRF	
Project Name: Smart Fit Interlagos 5_R1 Prepared by: AR Sistemas Térmicos LTDA	11/22/2018 03:03

Air System Simulation Results (Table 1) :

Month	Terminal Cooling Coil Load (kWh)	Terminal Cooling Eqpt Load (kWh)	Terminal Unit Clg Input (kWh)	Ventilation Fan (kWh)	Terminal Fan (kWh)
January	78745	78745	13151	0	0
February	68126	68126	11253	0	0
March	65445	65445	10332	0	0
April	52453	52453	8215	0	0
May	34208	34208	4965	0	0
June	24998	24998	3531	0	0
July	30144	30144	4317	0	0
August	30401	30401	4597	0	0
September	35639	35639	5264	0	0
October	54110	54110	8397	0	0
November	60174	60174	9390	0	0
December	71495	71495	11593	0	0
<b>Total</b>	<b>605934</b>	<b>605934</b>	<b>95005</b>	<b>0</b>	<b>0</b>