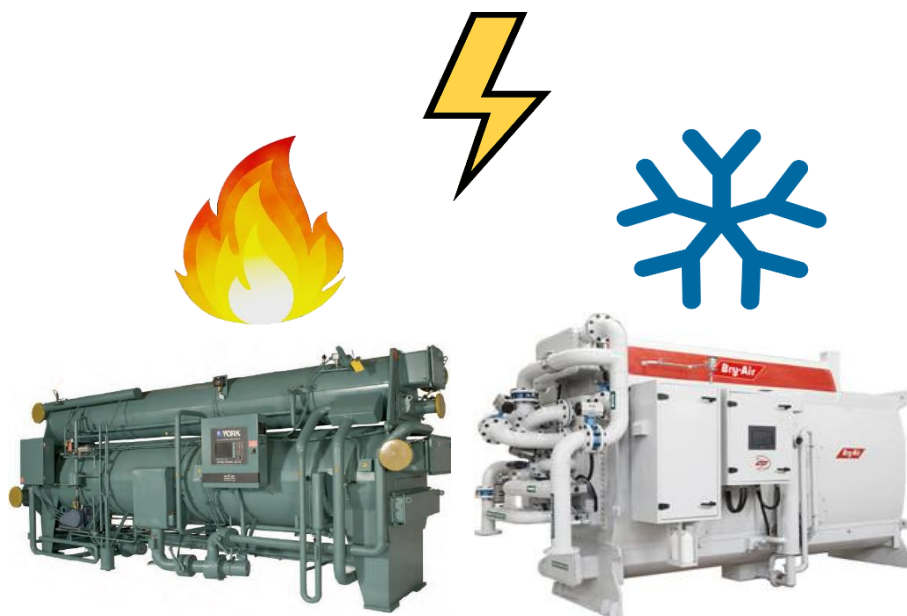




ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Mecânica



Utilização da trigeração em zonas remotas isoladas com perfis de consumo variável

RUI MIGUEL DA SILVA PAULO
(Licenciatura em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Mecânica na Área de Energia, Refrigeração e Climatização

Orientadores:

Doutor Nuno Alexandre Soares Domingues
Doutor Jorge Mendonça e Costa

Júri:

Presidente: Doutora Maria Teresa Moura e Silva

Vogais:

Doutora Isabel Maria Pereira Bastos Malico
Doutor Nuno Alexandre Soares Domingues

junho de 2021

Resumo

O presente trabalho está dividido em três partes: o enquadramento teórico, a elaboração do caso de estudo e a análise técnico-económica do projeto implementado.

No enquadramento teórico são explanadas todas as tecnologias aplicadas na cogeração e na trigeração, bem como, as vantagens e desvantagens do funcionamento das mesmas.

O caso de estudo é desenvolvido na ilha *Pulau Ubin* localizada na cidade-Estado de Singapura. Primeiramente, implementou-se sistemas base de produção de energia que permitirão satisfazer todas as necessidades energéticas da ilha. Seguidamente, elaborou-se um sistema de trigeração que aproveitou, através de um *chiller* de absorção, o calor libertado nos motores a diesel.

Após a implementação do sistema de trigeração, realizou-se uma análise económica do presente projeto, de modo, a verificar se existe ou não viabilidade técnico-económica. Posto isto, o estudo permitiu concluir que a utilização de um sistema de trigeração numa rede isolada, nomeadamente na ilha *Pulau Ubin*, é viável.

Palavras-Chave: Cogeração, Trigeração, *Chiller* de Absorção, Viabilidade Técnico-Económica, Análise Económica

Abstract

This work focuses into three main parts: the theoretical framework, the elaboration of the case study and the technical-economic analysis of the implemented project.

In the theoretical framework is given an approach of all the technologies applied in the cogeneration and trigeneration, as well as, the respective advantages and drawbacks of their performance.

The case study is developed in the island Pulau Ubin located in the city-State of Singapore. Firstly, it was implemented basic energy production systems which will allow to satisfy all the energy needs of the island citizens. In addition, it was developed a trigeneration system that used, through an absorption chiller, the heat released in the diesel engines.

Besides, to verify if the following project has technical and economical viability it was performed an economic evaluation. In summary, in Pulau Ubin island, the usage of a trigeneration system in an isolated grid is feasible.

Key-Words: *Cogeneration, Trigeneration, Absorption Chiller, Technical and Economic Feasibility, Economic analysis*

Agradecimentos

Todo o meu percurso académico, nomeadamente a realização deste trabalho, foi conseguido de uma forma mais facilitada devido ao apoio de certas pessoas que gostaria de agradecer.

Aos orientadores, Doutor Nuno Alexandre Soares Domingues e ao Doutor Jorge Mendonça e Costa, pela total disponibilidade para auxílio em dúvidas que surgiram ao longo do desenvolvimento do trabalho final de mestrado. Além do esclarecimento de dúvidas, os orientadores sugeriram várias ideias que podiam ser implementadas na dissertação, podendo, assim, enriquecer o trabalho.

Aos meus pais, por me motivarem a continuar a lutar nos tempos mais difíceis e por fornecerem todo o material necessário para ter um bom desempenho escolar.

Por fim, ao meu colega de faculdade Ricardo Alves, com o qual realizei vários projetos em conjunto, tendo sempre o seu apoio ao longo de todo o percurso académico.

Índice

1.	Introdução	1
2.	Motivação, Objetivos e Contribuição da Tese	3
3.	Enquadramento Teórico	4
3.1.	Cogeração	4
3.2.	Tecnologias Aplicadas na Cogeração	5
3.2.1.	Motores Alternativos de Combustão Interna (MACI)	5
3.2.2.	Motor de Combustão Externa - <i>Stirling</i>	7
3.2.3.	Turbina a Vapor	9
3.2.4.	Turbina a Gás	12
3.2.5.	Células de Combustível	14
3.2.6.	Coletores solares híbridos térmicos fotovoltaicos	17
3.3.	Trigeração	18
3.4.	Tecnologias Aplicadas na Trigeração	19
3.4.1.	<i>Chillers</i> de Absorção	19
3.4.2.	<i>Chillers</i> de Adsorção	24
3.4.3.	Sistemas de Refrigeração Dessecante	28
3.4.4.	Sistema de Refrigeração por Ejector	32
4.	Casos de Estudo	34
4.1.	Definição do Caso de Estudo	34
4.2.	Necessidades Energéticas	35
4.3.	Regime de Funcionamento	42
4.4.	Sistema de Referência	42
4.4.1.	<i>Chillers</i> de Compressão a Vapor	46
4.4.2.	Armazenamento de Energia Térmica	49
4.4.3.	Bombas de Calor	52
4.4.4.	Depósito de acumulação de AQS	56
4.4.5.	Permutador de Calor (Água da Rede – Água de Alta Temperatura da BC)	60
4.4.6.	Geradores a Diesel	63
4.4.7.	Armazenamento de Energia Elétrica	69
4.4.8.	Torre de Arrefecimento para os <i>Chillers</i> de Compressão	72
4.5.	Sistema de Trigeração	75
4.5.1.	<i>Chiller</i> de Absorção	78
4.5.2.	Permutador de Calor para Recuperação de Energia dos GE	79
4.5.3.	Permutador de Calor para Recuperação de Energia dos Circuitos de Refrigeração dos Motores	82
4.5.4.	Torre de Arrefecimento para o <i>Chiller</i> de Absorção	85
4.5.5.	Equipamentos Utilizados	87
5.	Análise Económica	90
5.1.	Parâmetros Energéticos	90
5.1.1.	Rendimento Térmico	91
5.1.2.	Rendimento Elétrico	91
5.1.3.	Poupança no Consumo de Combustível	92

5.2. Parâmetros Económicos.....	94
5.2.1. Custos Associados	94
5.2.2. Valor Atual Líquido - VAL.....	97
5.2.3. Período de Retorno do Investimento - PRI.....	98
5.2.4. Taxa Interna de Rentabilidade - TIR.....	98
5.2.5. Resultados	98
Conclusão.....	100
Síntese Conclusiva do Trabalho Realizado	100
Sugestões para Trabalho Futuro	102
Referências.....	103
Anexos	106
Anexo 1 – Diferenças e Rácios do Consumo Médio Horário de Energia dos vários Meses ...	107
Anexo 2 – Procura Energética Diária nos Dias Típicos considerados (Perfis de Consumo)...	109
Anexo 3 – Valores e Gráficos da TBS, TBH e da HR ao longo dos Dias Típicos considerados	122
Anexo 4 – Folhas de cálculo utilizadas para a escolha da carga e horário de funcionamento dos <i>chillers</i> – Dimensionamento do SAET.....	127
Anexo 5 – Seleção dos Chillers de Compressão a Vapor com as respetivas características (Text = 25 °C e 35 °C).....	159
Anexo 6 – Folhas de cálculo utilizadas para a escolha da carga e horário de funcionamento das BCs – Dimensionamento dos depósitos de AQS.....	176
Anexo 7 – Seleção das Bombas de Calor com as respetivas características	199
Anexo 8 – Seleção dos Depósitos de AQS com as respetivas características	207
Anexo 9 – Dimensionamento do Permutador de Calor de Placas (Água da Rede – Água de Alta Temperatura no circuito da BC).....	211
Anexo 10 – Seleção do Permutador de Calor (Água da Rede – Água de Alta Temperatura no circuito da BC) com as respetivas características.....	216
Anexo 11 – Folhas de cálculo utilizadas para o cálculo do consumo de combustível e energia elétrica desperdiçada do gerador P400-3 (S/Sistema de Armazenamento de Baterias)	220
Anexo 12 – Comparação dos três tipos de geradores para as várias cargas (custos de equipamentos e de consumos de combustível).....	241
Anexo 13– Seleção dos Geradores a Diesel com as respetivas características.....	246
Anexo 14 – Folhas de cálculo utilizadas para o cálculo do consumo de combustível e energia elétrica desperdiçada do gerador P400-3 (C/Sistema de Armazenamento de Baterias)	258
Anexo 15 – Seleção do Sistema de Armazenamento de Energia Elétrica com as respetivas características	277
Anexo 16 – Dimensionamento da Torre de Arrefecimento para os <i>Chillers</i> de Compressão a Vapor.....	281
Anexo 17 – Seleção da Torre de Arrefecimento para os <i>Chillers</i> de Compressão a Vapor com as respetivas características	288
Anexo 18 – Seleção do <i>Chiller</i> de Absorção com as respetivas características	303
Anexo 19 – Dimensionamento do Permutador de Calor <i>Shell & Tube</i> (Gases de exaustão – Circuito de água quente que aciona o <i>chiller</i> de absorção)	307

Anexo 20 – Dimensionamento do Permutador de Calor de Placas (Água de refrigeração dos motores – Água da Rede).....	316
Anexo 21 – Seleção do Permutador de Calor (Água de refrigeração dos motores – Água da Rede) com as respectivas características.....	325
Anexo 22 – Dimensionamento das Torres de Arrefecimento para o Sistema de Trigerção ..	329
Anexo 23 – Seleção da Torre de Arrefecimento para o <i>Chiller</i> de Absorção com as respectivas características	335
Anexo 24 –Dimensionamento do Sistema de Trigerção e Rendimentos dos vários Sistemas	350
Anexo 25 – Cálculo dos Custos dos Vários Sistemas	380
Anexo 26 – Cálculo dos Parâmetros Económicos.....	400

Índice de Figuras

Figura 1 - Consumo Final Total Mundial por fonte, 1973-2018.	1
Figura 2 - Incêndio violento em <i>Glenwood Springs, Colorado</i> a 8 de junho de 2002.	2
Figura 3 – Evolução dos <i>Glaciares de Muir e Riggs, Alasca</i> (1941 - 1950 – 2004).	2
Figura 4 - Cogeração vs Produção de Energia Separada.	4
Figura 5 – Tipos de Combustível e Tecnologias.	5
Figura 6 - Motor Alternativo (ciclo Otto) de Quatro Tempos – 4 estágios.	6
Figura 7 - Ciclo do Motor Stirling.....	8
Figura 8 - Diagramas P-V e T-S do Ciclo do Motor Stirling.	8
Figura 9 - Esquema do Sistema de Geração de Energia da Turbina a Vapor.....	10
Figura 10 - Esquema de uma Turbina de Contrapressão (<i>Back-Pressure</i>).....	11
Figura 11 - Esquema de uma Turbina de Extração.	12
Figura 12 - Esquema simples do Ciclo de uma Turbina a Gás com Recuperador.....	13
Figura 13 - Esquema do Ciclo Combinado.	14
Figura 14 - Processo Eletroquímico de Célula de Combustível do tipo Ácido.	15
Figura 15 – Sistemas de Coletores Solares Híbridos Térmicos Fotovoltaicos.	17
Figura 16 - Classificações de Sistemas de Coletores Solares Híbridos Térmicos Fotovoltaicos. .	18
Figura 17 – Princípio da Trigerção. A constituição dos sistemas de Cogeração é representada pela sigla CCEE (Combinação de Calor e Energia Elétrica). A constituição dos sistemas de Trigerção é representada pela sigla CACEE (Combinação de Arrefecimento, Calor e Energia Elétrica).	19
Figura 18 - Sistema do Ciclo de Absorção de Simples Efeito (<i>Single-Effect</i>).....	20
Figura 19 - Sistema do Ciclo de Absorção de Duplo Efeito (<i>Double-Effect</i>).....	21
Figura 20 - Sistema de Refrigeração por Absorção de Triplo Efeito (<i>Triple-Effect</i>).	22
Figura 21 - Processo de Adsorção.....	24
Figura 22 - Processo de Dessorção.....	25
Figura 23 - Esquema do <i>Chiller</i> de Adsorção com Dois Adsorventes.	26
Figura 24 - Ciclo de Arrefecimento do Material Dessecante Sólido.....	29
Figura 25 - Ciclo de Arrefecimento do Material Dessecante Líquido.....	30
Figura 26 - Sistema Convencional de Refrigeração por Ejector.	32
Figura 27 – Ejector utilizado no Sistema de Refrigeração por Ejector.	33
Figura 28 - Localização Geográfica da ilha <i>Pulau Ubin</i>	34
Figura 29 - Entrada da ilha <i>Pulau Ubin</i>	34
Figura 30 - Valores Médios Horários do Consumo de Energia em cada Mês.....	36
Figura 31 – Diagrama de Distribuição do Consumo de Energia Elétrica ao longo do Dia.	40
Figura 32 – Diagrama de Distribuição do Consumo de Energia de Arrefecimento ao longo do Dia.	41
Figura 33 - Diagrama de Distribuição do Consumo de Energia de Aquecimento ao longo do Dia.	41
Figura 34 - Esquema de Princípio de Instalação do Sistema Referência.....	46
Figura 35 - <i>Chiller</i> NECS/R/CA 1816.	48
Figura 36 - Investimento estimado para SAET de 400 m ³ de volume.	52
Figura 37 - Bomba de Calor EW-HT/0412.	55
Figura 38 - Depósito de Acumulação de AQS - Storatherm Heat HF 4000/R - HF 5000/R.	58
Figura 39 - Seleção do Permutador (Água da Rede – Água a Alta Temperatura).....	62

Figura 40 - Permutador de Calor RLB-110-120.....	62
Figura 41 - Gerador a Diesel P400-3.....	67
Figura 42 - Sistema de Armazenamento de Energia Elétrica – <i>Rolls-Royce MTU EnergyPack QS</i>	72
Figura 43 - Torre de Arrefecimento FXVS.	74
Figura 44 - Esquema de Princípio de Instalação do Sistema Trigeração	77
Figura 45 - <i>Chiller</i> de Absorção 16LJ-A11.....	78
Figura 46 - Seleção do Permutador (Água da Rede – Água de Refrigeração do Motor).	84
Figura 47 - Permutador de Calor RMB-31-60.	84
Figura 48 - Investimento estimado para SAET de 500 m ³ de volume.	89

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Vantagens e Desvantagens do Motor Alternativo de Combustão Interna.	7
Tabela 2 - Vantagens e Desvantagens do Motor de Combustão Externa.	9
Tabela 3 - Vantagens e Desvantagens da Turbina a Vapor.	11
Tabela 4 - Vantagens e Desvantagens da Turbina a Gás.....	14
Tabela 5 - Vantagens e Desvantagens da Célula de Combustível.....	16
Tabela 6 - Vantagens e Desvantagens dos Coletores Solares Híbridos.....	18
Tabela 7 - Características dos Sistemas de Absorção.....	23
Tabela 8 - Vantagens e Desvantagens dos <i>Chillers</i> de Absorção.....	24
Tabela 9 - Funcionamento das diversas válvulas do sistema.	27
Tabela 10 - Pares de trabalho nos <i>Chillers</i> de Adsorção.....	28
Tabela 11 - Vantagens e Desvantagens dos <i>Chillers</i> de Adsorção.....	28
Tabela 12 - Gamas de Temperaturas de Regeneração dos Materiais Dessecantes Sólidos.	29
Tabela 13 - Vantagens e Desvantagens dos Sistemas de Refrigeração Dessecante.	31
Tabela 14 - Vantagens e Desvantagens dos Sistemas de Refrigeração por Ejecto.	33
Tabela 15 - Instalações Utilizadas na Simulação.	35
Tabela 16 – Valores de Consumos Médios Horários de Energia em cada Mês.	36
Tabela 17 – Potências Máximas Diárias Requeridas e Consumos Diários de Energia no dia típico de Janeiro.	39
Tabela 18 - Potências Máxima Diárias Requeridas e Consumos Diários de Energia no dia típico de Maio.	39
Tabela 19 - Valores Máximos e Mínimos da TBS e da HR.	39
Tabela 20 - Características Principais do <i>Chiller</i> selecionado.	48
Tabela 21 – Volume Mínimo do SAET de Água Fria – Sistema de Armazenamento Parcial.	50
Tabela 22 - Volume Mínimo do SAET de Água Fria – Sistema de Armazenamento Total.	50
Tabela 23 - Capacidade e Custos do SAET estimado.	52
Tabela 24 - Características Principais da Bomba de Calor selecionada.	55
Tabela 25 - Volume Mínimo dos Depósitos de AQS– Sistema de Armazenamento Parcial.	56
Tabela 26 -Volume Mínimo dos Depósitos de AQS– Sistema de Armazenamento Total.	57
Tabela 27 - Características principais dos depósitos de acumulação de AQS.....	58
Tabela 28 - Combinações de Depósitos a utilizar - Sistema de Armazenamento Parcial.	59
Tabela 29 - Combinações de Depósitos a utilizar - Sistema de Armazenamento Total.	59
Tabela 30 – Condições Mínimas do Permutador de Calor (Água da Rede – Água a Alta Temperatura da BC).	61
Tabela 31 - Especificações do Permutador de Placas RLB-110-120 utilizado.	63
Tabela 32 – Potência Elétrica Máxima Requerida na Ilha para ambos os Sistemas.....	63
Tabela 33 - Capacidade dos três modelos de Geradores.	64
Tabela 34 - Consumos e Custos dos vários tipos de Geradores – Sistema de Armazenamento Parcial.....	65
Tabela 35 - Consumos e Custos dos vários tipos de Geradores – Sistema de Armazenamento Total.	66
Tabela 36 - Características Principais do Motor do Gerador a Diesel selecionado – P400-3.	67
Tabela 37 - Características Principais do Gerador - P400-3.....	67
Tabela 38 - Energia Elétrica Diária Desperdiçada e Consumo Diário de Combustível com o uso do Sistema de Armazenamento de Energia Elétrica.....	70
Tabela 39 - Capacidade Mínima do Sistema de Armazenamento de Energia Elétrica.....	70
Tabela 40 - Características Principais do Sistema de Armazenamento de Energia Elétrica Selecionado.	72
Tabela 41 - Capacidade Mínima requerida para a Torre de Arrefecimento.	73
Tabela 42 – Parâmetros Principais da Torre de Arrefecimento Selecionada para os <i>Chillers</i> de Compressão.	75
Tabela 43 - Características Principais do <i>Chiller</i> de Absorção selecionado.	79

Tabela 44 – Temperatura dos fluidos no Permutador de Calor para Recuperação de Energia dos GE.	80
Tabela 45 – Condições Mínimas dos Permutadores de Calor (GE – Circuito de Água a Alta Temp.).....	81
Tabela 46 - Especificações do Permutador Tubular (<i>Shell and Tube</i>) utilizado.....	82
Tabela 47 – Temperatura dos fluidos no Permutador de Calor para Recuperação de Energia do Circuito de Refrigeração dos Motores.....	83
Tabela 48 – Condições Mínimas do Permutador de Calor para Recuperação de Energia.....	83
Tabela 49 - Especificações do Permutador de Placas RMB-31-60 utilizado.	85
Tabela 50 - Capacidade Mínima requerida para as Torres de Arrefecimento.	86
Tabela 51 - Parâmetros Principais da Torre de Arrefecimento Seleccionada para o <i>Chiller</i> de Absorção.	87
Tabela 52 - Comparação das Capacidades dos Equipamentos para os Diferentes tipos de Sistemas	88
Tabela 53 - Rendimento Térmico nos vários Sistemas.	91
Tabela 54 - Rendimento Elétrico nos vários Sistemas.	92
Tabela 55 - Variações do Consumo Médio Horário de Energia Total em cada Mês.	93
Tabela 56 - Consumo de Combustível por ano em cada Sistema.....	94
Tabela 57 - Custos Totais de Equipamentos dos vários Sistemas.	94
Tabela 58 - Custos Totais dos Equipamentos Acessórios.	95
Tabela 59 – Custos do Consumo de Combustível dos vários Sistemas.....	96
Tabela 60 - Custo de Manutenção dos equipamentos dos vários Sistemas.	97
Tabela 61 - Parâmetros Económicos obtidos.	98

Glossário

Abreviaturas

ACS – *Advanced Cooling Solutions*

AIE – Agência Internacional de Energia

APU - *Auxiliary Power Units*

AQS – Águas Quentes Sanitárias

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

BC(s) – Bomba(s) de Calor

BOP - *Balance Of Plant*

CACEE - Combinação de Arrefecimento, Calor e Energia Elétrica

CCEE - Combinação de Calor e Energia Elétrica

CEA_{jan} – Consumo Médio Horário de Energia de Arrefecimento no mês de janeiro [kWh]

CEAQ_{jan} – Consumo Médio Horário de Energia de Aquecimento no mês de janeiro [kWh]

CEE_{jan} – Consumo Médio Horário de Energia Elétrica no mês de janeiro [kWh]

CEA_{mai} – Consumo Médio Horário de Energia de Arrefecimento no mês de maio [kWh]

CEAQ_{mai} – Consumo Médio Horário de Energia de Aquecimento no mês de maio [kWh]

CEE_{mai} – Consumo Médio Horário de Energia Elétrica no mês de maio [kWh]

COP – Coeficiente de Performance

DAEA - Diferença Absoluta de Consumo Médio Horário de Energia de Arrefecimento [kWh]

DAEAQ - Diferença Absoluta de Consumo Médio Horário de Energia de Aquecimento [kWh]

DAEE - Diferença Absoluta de Consumo Médio Horário de Energia Elétrica [kWh]

DAET - Diferença Absoluta de Consumo Médio Horário de Energia Total [kWh]

EDFC – Energia Diária Fornecida pelo Combustível [kWh]

EEDP – Energia Elétrica Diária Produzida [kWh]

ETDP – Energia Térmica Diária Produzida [kWh]

GAP – Gerador de Alta Pressão

GBP – Gerador de Baixa Pressão

GE – Gases de Exaustão
 HR – Humidade Relativa [%]
 MACI – Motores Alternativos de Combustão Interna
 MCFC - *Molten-Carbonate Fuel Cells*
 PAFC - *Phosphoric Acid Fuel Cells*
 PCI – Poder Calorífico Inferior [kWh/kg]
 PEMFC - *Proton-Exchange Membrane Fuel Cells*
 PRI – Período de Retorno do Investimento [Ano e Meses]
 SAEE – Sistema de Armazenamento de Energia Elétrica
 SAET – Sistema de Armazenamento de Energia Térmica
 SAP – Sistema de Armazenamento Parcial
 SAT – Sistema de Armazenamento Total
 SOFC - *Solid Oxide Fuel Cells*
 TBH – Temperatura de Bolbo Húmido [°C]
 TBS – Temperatura de Bolbo Seco [°C]
 TIR – Taxa Interna de Rentabilidade [%]
 VAL – Valor Atual Líquido [€]

Lista de Símbolos

c_p – Calor específico a pressão constante [kJ/kg.K]
 FC_i – Fluxo de caixa no ano i [€]
 I_o – Investimento Inicial [€]
 P – Potência [kW]
 ρ – Massa Volúmica [kg/l]
 t – Taxa de atualização [%]
 η_T – Rendimento Térmico [%]
 η_E – Rendimento Elétrico [%]
 $\dot{V}$ – Caudal Volumétrico [l/s]
 ΔT – Variação de Temperatura [K]

1. Introdução

O desenvolvimento da globalização económica tem vindo a crescer ao longo dos anos e tem sido acompanhado pelo aumento de procura de energia. De acordo com a Agência Internacional de Energia (AIE), o consumo de energia aumentou drasticamente desde 1975 até 2015 (praticamente duplicou) [1], tal como se pode observar no gráfico da figura 1 (AIE - Relatório de estatísticas – Agosto de 2020).

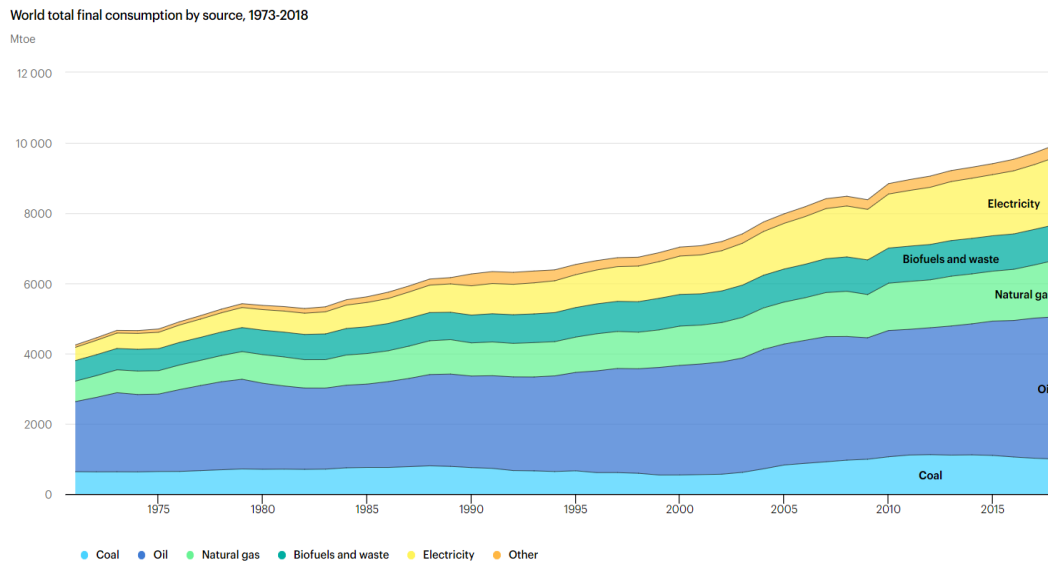


Figura 1 - Consumo Final Total Mundial por fonte, 1973-2018.

De modo a satisfazer o aumento do consumo, é necessário a produção de uma maior quantidade de energia. Para a produção de energia elétrica existem diversas tecnologias que são utilizadas, como por exemplo, a utilização de motores de combustão interna e turbinas a gás/vapor (acopladas a geradores) nas centrais termoelétricas. Estas centrais produzem energia elétrica através da queima de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural), na qual, há libertação de energia calorífica que pode ser aproveitada. [2] A queima dos combustíveis fósseis liberta dióxido de carbono e outros gases de efeito de estufa que irão contribuir para as alterações climáticas, provocando diversas catástrofes no planeta terra, tais como, o aumento do nível médio do mar, inundações costeiras, incêndios florestais entre outras. [3] A figura 2 [3] ilustra o incêndio violento em *Glenwood Springs, Colorado* a 8 de junho de 2002.



Figura 2 - Incêndio violento em *Glenwood Springs, Colorado* a 8 de junho de 2002.

Na figura 3 [4] encontra-se representada a evolução dos glaciares de *Munir e Riggs, Alasca* ao longo dos anos.



Figura 3 – Evolução dos *Glaciares de Muir e Riggs, Alasca* (1941 - 1950 – 2004).

Além das alterações climáticas, é necessário ter em consideração que os combustíveis fósseis são fontes de energia não renováveis, sendo encontrados na natureza em quantidades limitadas e extinguindo-se mais rapidamente do que a sua possível produção pelo próprio meio ambiente (velocidade de consumo superior à velocidade de produção natural). Desta forma, é de extrema necessidade desenvolver novas soluções que satisfaçam o aumento da procura de energia.

Os gases libertados nos processos de geração de energia nas centrais termoelétricas, possuem conteúdo energético que normalmente é perdido para a atmosfera, através das chaminés das centrais. Ao ser aproveitado este calor, melhora-se a eficiência dos processos e evitam-se perdas. Exemplo deste aproveitamento é a utilização de sistemas de cogeração e trigeração. [5]

2. Motivação, Objetivos e Contribuição da Tese

A seleção do presente tema “Utilização da trigeriação em zonas remotas isoladas com perfis de consumo variável” para o desenvolvimento do trabalho final de mestrado teve em consideração a motivação intrínseca existente, que se baseia, nomeadamente, na possibilidade de utilizar a energia de uma forma mais eficiente.

O seguinte trabalho aborda uma tecnologia que envolve duas grandes formas de energia: energia térmica e energia elétrica. A sua contribuição para o conhecimento científico foca-se em sistemas de cogeração e sistemas de trigeriação, embora, o grande objetivo desta dissertação seja implementar um sistema de trigeriação em zonas remotas isoladas e estudar a sua viabilidade técnico-económica. A realização deste estudo é importante, uma vez que, em zonas remotas isoladas a ligação à rede elétrica ou não é possível de ser efetuada, ou é muito dispendiosa, havendo necessidade de encontrar uma alternativa. Caso a utilização do sistema de trigeriação seja viável, esta dissertação permite apresentar uma boa alternativa aos sistemas convencionais para a produção de energia em zonas remotas isoladas, designadamente em ilhas.

3. Enquadramento Teórico

3.1. Cogeração

Convencionalmente, a produção de calor e energia elétrica são efetuadas separadamente, sendo que, o calor é obtido através de caldeiras descentralizadas (o calor produzido é utilizado no local) e a energia elétrica é obtida através de centrais termoeletricas centralizadas (geração de bastante energia que é depois distribuída para vários consumidores a partir da rede). Com o desenvolvimento da tecnologia de cogeração é possível produzir energia elétrica e calor a partir do mesmo processo. Durante a produção de energia elétrica é libertado calor para a atmosfera, em que, parte deste poderá ser aproveitado para satisfazer as necessidades de energia calorífica dos consumidores. Sendo um processo tipicamente descentralizado, a cogeração permite satisfazer as necessidades de calor e de energia elétrica do consumidor, garantindo um rendimento global de 80 a 95% [6]. A utilização de sistemas que produzem calor e energia elétrica separadamente garantem um menor rendimento, devido à maior perda de energia destes sistemas quando comparados com os de cogeração. Consequentemente, é necessário utilizar uma maior quantidade de combustíveis fósseis para satisfazer uma determinada procura energética. [6] A figura 4 (adaptada de [6]) apresenta uma comparação de ambos os sistemas.

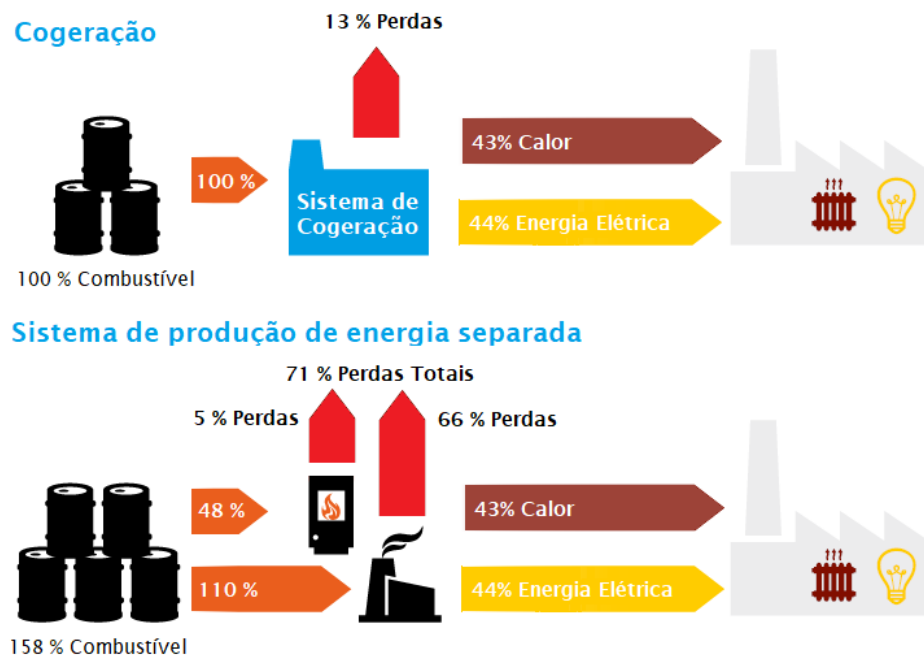


Figura 4 - Cogeração vs Produção de Energia Separada.

Um dos fatores que irá influenciar a capacidade das centrais de cogeração é a produção necessária de energia elétrica e de calor. Outros fatores referem-se aos tipos de combustíveis e equipamentos utilizados. [6] A figura 5 (adaptada de [6]) indica a maioria dos combustíveis e equipamentos passíveis de serem utilizados numa central de cogeração.

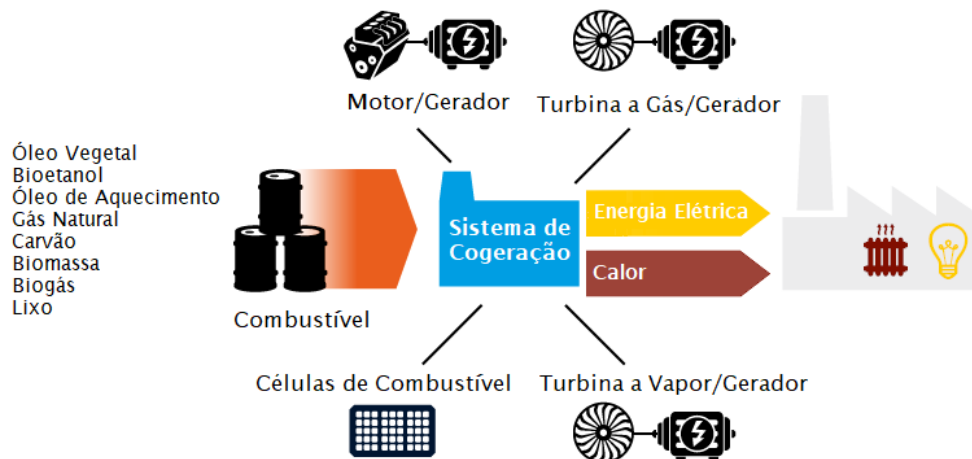


Figura 5 – Tipos de Combustível e Tecnologias.

Deste modo, de todos os combustíveis existentes (figura 5), o carvão é o mais utilizado nas centrais de cogeração de grande escala (>50 MWel), enquanto, o gás natural e a biomassa são mais requeridos em aplicações de menor escala. [6]

3.2. Tecnologias Aplicadas na Cogeração

3.2.1. Motores Alternativos de Combustão Interna (MACI)

Embora esteja em desuso em centrais de elevada capacidade instalada, a produção de energia elétrica a partir de combustíveis fósseis é frequente em sistemas de emergência, de apoio e em redes isoladas. Nestes sistemas são utilizados motores alternativos de combustão interna (MACI). Os MACI foram originalmente criados em 1859 com o objetivo de converter energia química (combustível), nomeadamente, na forma de gasolina (nos motores de ciclo Otto) e gasóleo (nos motores de ciclo diesel), em energia mecânica. [7, 8] A figura 6 (adaptada de [9]) ilustra os quatro estágios – Admissão, Compressão, Combustão e Escape - num motor alternativo (ciclo Otto) a quatro tempos.

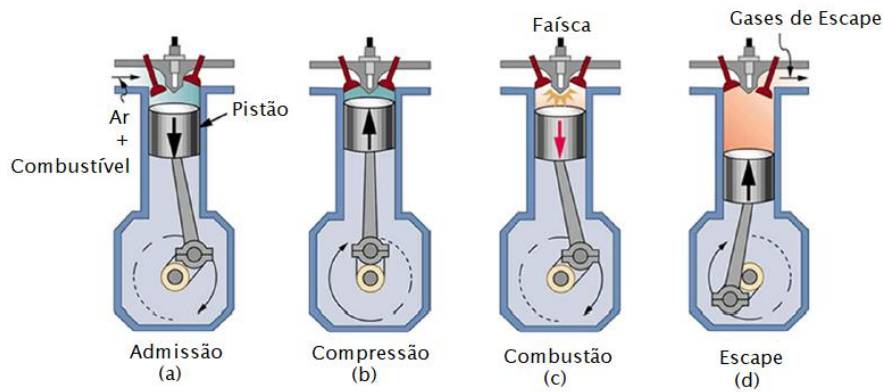


Figura 6 - Motor Alternativo (ciclo Otto) de Quatro Tempos – 4 estágios.

O seu funcionamento tem como base o movimento de um pistão (êmbolo). Na fase inicial dos motores de ciclo Otto ocorre a **admissão** da mistura ar + combustível, havendo um movimento descendente do pistão e uma abertura da válvula de admissão. Seguidamente, sucede-se o movimento ascendente do êmbolo, em que, a válvula de admissão e de escape estão fechadas, ocorrendo um aumento de pressão e, por conseguinte, a **compressão** da mistura ar + combustível. O combustível é queimando na câmara de **combustão**, obtendo uma explosão controlada, cuja é provocada por uma faísca promovida pelas velas, possibilitando a realização de trabalho mecânico devido ao movimento do pistão no sentido descendente. Finalmente, a válvula de **escape** abre e o êmbolo movimenta-se no sentido ascendente, expulsando os gases resultantes da combustão. [9]

Além dos motores alternativos de ciclo Otto, os motores de ciclo diesel são outro tipo de motores alternativos de combustão interna. Nos motores a diesel, a fase inicial é baseada na admissão apenas de ar e a injeção de combustível é realizada na fase final da compressão do ar. Neste ponto, a temperatura do ar é suficientemente alta para que haja combustão. [10] A tabela 1 [11] apresenta diversas vantagens e desvantagens dos MACI.

Tabela 1 - Vantagens e Desvantagens do Motor Alternativo de Combustão Interna.

Tecnologia	Vantagens	Desvantagens
Motor Alternativo de Combustão Interna	• Alto rendimento. • Tempo de arranque do sistema rápido. • Custo de investimento baixo. • Boa capacidade de carga. • Pode ser inspecionado no local com operadores normais. • Opera com um gás a baixa pressão.	• Elevados custos de manutenção. • Altas emissões. • Altos níveis de ruído.

Apesar das desvantagens, esta tecnologia continua, atualmente, a ser um dos meios mais comuns de produção de energia elétrica, decorrendo o acoplamento dos motores com os geradores. [7]

3.2.2. Motor de Combustão Externa - *Stirling*

O motor *Stirling* é um motor que opera através de ciclos de compressão e expansão do ar ou outro gás (fluido de trabalho) a diferentes temperaturas. Este tipo de motor é um motor térmico regenerativo de ciclo fechado, uma vez que, é um sistema termodinâmico, no qual, o fluido de trabalho está permanentemente contido no sistema (ciclo fechado) e descreve o uso de um tipo específico de permutador de calor interno e acumulador térmico, também conhecido como regenerador (regenerativo) [6]. O seu ciclo de funcionamento pode ser explicado utilizando dois pistões em oposição num cilindro, existindo um regenerador (permutador interno) entre estes. [12] A figura 7 (adaptada de [12]) apresenta o ciclo de funcionamento do motor Stirling. O volume no cilindro entre o regenerador e o pistão de expansão é denominado de volume de expansão (mantido a alta temperatura), enquanto que, o volume entre o regenerador e o pistão de compressão é denominado de volume de compressão (mantido a baixa temperatura). A figura 8 (adaptada de [12]) exhibe os dois diagramas do ciclo do motor *Stirling*, P-V (Pressão-Volume) e T-S (Temperatura-Entropia).

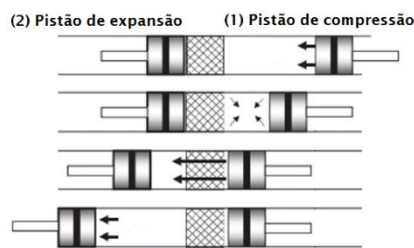


Figura 7 - Ciclo do Motor Stirling.

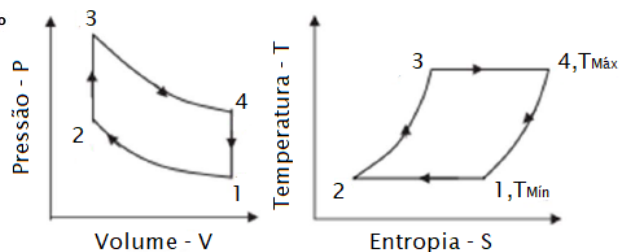


Figura 8 - Diagramas P-V e T-S do Ciclo do Motor Stirling.

O processo 1-2 (figura 8) representa uma **compressão isotérmica**. Neste processo, o pistão de compressão (1) movimenta-se em direção ao regenerador, ao mesmo tempo que, o pistão de expansão (2) não apresenta qualquer deslocamento. A pressão do gás aumenta de P_1 para P_2 , no entanto, a temperatura mantém-se constante devido à liberação de calor para o meio ambiente. A magnitude dos valores de calor rejeitado para o meio ambiente e de trabalho realizado pelo pistão são iguais. [12]

No processo 2-3 (figura 8) ocorre o processo de **transferência regenerativa a volume constante**. Ambos os pistões se deslocam para a esquerda, mantendo o volume constante. O fluido de trabalho irá deslocar-se do volume de compressão para o volume de expansão, aumentando a sua temperatura ($T_{\min}$ para $T_{\max}$) através da transferência de calor do regenerador para o fluido de trabalho. Dado que este processo é realizado a volume constante e que existe aumento de temperatura, a pressão irá aumentar. [12]

O processo 3-4 (figura 8) é um processo de **expansão isotérmica**. O pistão de expansão continua a movimentar-se para esquerda, ao passo que, o pistão de compressão continua junto do regenerador, favorecendo a diminuição de pressão do gás. Por forma a manter a temperatura constante, é necessário fornecer energia ao sistema através de uma fonte de calor. A magnitude dos valores de calor fornecido ao motor e do trabalho realizado no pistão são iguais. [12]

Por último, no processo 4-1 (figura 8), é apresentado um processo de **transferência regenerativa a volume constante**. Neste processo, ambos os pistões se deslocam para a direita mantendo o volume constante. O deslocamento dos pistões permite que o fluido de trabalho do espaço de expansão se desloque para o espaço de compressão. Desta forma, o fluido de trabalho ao passar pelo regenerador irá libertar calor para este, e consequentemente, o fluido passará da $T_{\max}$ para $T_{\min}$. [12]

As configurações utilizadas para este tipo de motores apresentam-se como configuração *Alpha*, *Beta* e *Gamma*. [12]

O motor de combustão externa é uma tecnologia que nas últimas décadas tem vindo a ser alvo de diversas pesquisas, devido às vantagens que evidencia. Na tabela 2 [13-15] encontram-se explicitadas as respetivas vantagens e desvantagens referentes ao motor de combustão externa.

Tabela 2 - Vantagens e Desvantagens do Motor de Combustão Externa.

Tecnologia	Vantagens	Desvantagens
Motor de Combustão Externa	• Alto rendimento. • Poucas emissões (trabalho em ciclo fechado). • Pouco ruído. • Possibilidade de utilização de várias fontes de calor (ex: energia solar e geotérmica). • Possibilidade de utilização de vários combustíveis para operar.	• Alto custo. • Tempo de arranque do sistema lento.

3.2.3. Turbina a Vapor

A utilização de turbinas a vapor apresenta-se como uma opção viável para os sistemas de cogeração. Este tipo de tecnologia é uma das mais antigas a ser explorada para a produção de energia elétrica, sendo a primeira turbina inventada em 1884 por *Charles Algernon Parsons*. Dependendo do tamanho das centrais termoelétricas, a turbina a vapor pode apresentar diversas capacidades de produção, variando, aproximadamente, de 50 kW até várias centenas de MW de potência elétrica. [11] A figura 9 (adaptada de [11]) representa o esquema do sistema de geração de energia da turbina a vapor.

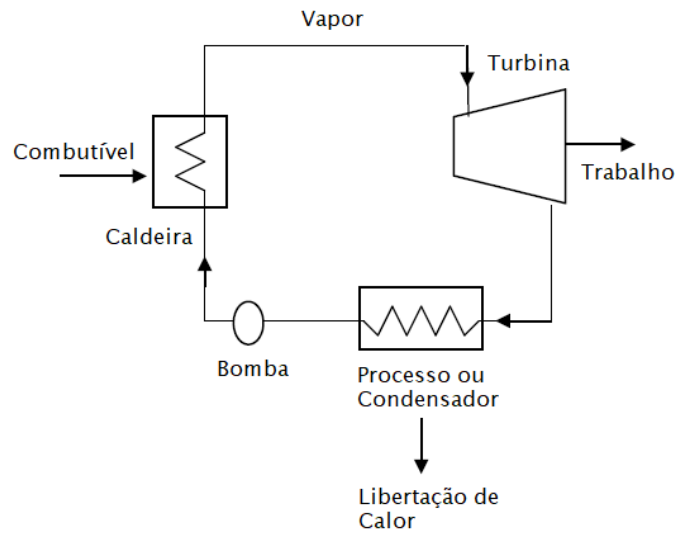


Figura 9 - Esquema do Sistema de Geração de Energia da Turbina a Vapor.

Este tipo de tecnologia utiliza uma caldeira, na qual, a energia é transferida desta para a turbina através de vapor a alta pressão, permitindo assim, a rotação da turbina e gerando energia elétrica caso haja acoplamento desta com um gerador. As funções distintas desempenhadas pela caldeira e a turbina a vapor permitem que seja possível a utilização de diversos combustíveis para a geração de calor, tais como: carvão (todos os tipos), madeira e subprodutos agrícolas (caroços de frutas). [11]

O sistema de geração de energia da turbina a vapor opera segundo um ciclo de Rankine [6], em que, a fonte de calor (caldeira) converte água a vapor a alta pressão, possuindo uma bomba de alimentação, cujo objetivo é elevar a pressão da água até à pressão da caldeira (média a alta pressão). Na turbina, o vapor pressurizado transferido da caldeira é expandido para uma pressão mais reduzida, sendo o vapor, posteriormente, condensado num condensador a muito baixa pressão ou encaminhado para um sistema de distribuição de vapor a uma temperatura intermédia. [11]

Para além do ciclo de Rankine, a tecnologia da turbina a vapor pode ser aplicada a um ciclo orgânico de Rankine, exibindo um funcionamento idêntico ao anteriormente referido. No entanto, o ciclo orgânico de Rankine utiliza fluidos de trabalho orgânicos, refrigerantes ou hidrocarbonetos, em vez de água. A aplicação desta tecnologia em ciclos orgânicos de Rankine apresenta diversas conveniências, tais como, a capacidade desta se modular e adaptar a diversas temperaturas das fontes de calor, de permitir a utilização de centrais de menor escala e de carecer de pouco investimento. [16, 17] Na tabela 3 [11] são apresentadas as vantagens e desvantagens que as turbinas a vapor proporcionam.

Tabela 3 - Vantagens e Desvantagens da Turbina a Vapor.

Tecnologia	Vantagens	Desvantagens
Turbina a Vapor	• Possibilidade de utilização de diversos combustíveis. • Capacidade de fornecer calor a diversas temperaturas. • Alta fiabilidade e longa vida útil.	• Tempo de arranque do sistema lento. • Necessidade de utilização de uma caldeira ou de uma fonte de vapor.

As turbinas a vapor aplicadas em sistemas de cogeração podem ser de dois tipos, 1) turbinas de contrapressão (*Back-Pressure*) e 2) turbinas de extração.

1) Turbinas de contrapressão (*Back-Pressure*)

A figura 10 (adaptada de [11]) exhibe o esquema de uma turbina de contrapressão.

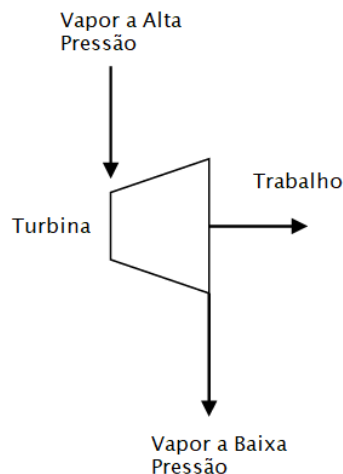


Figura 10 - Esquema de uma Turbina de Contrapressão (*Back-Pressure*).

As turbinas de contrapressão realizam a exaustão do vapor para um processo industrial. O termo de “*Back-Pressure*” refere-se a turbinas que permitem a exaustão do vapor a uma pressão igual ou superior à pressão atmosférica, nomeadamente, valores próximos de 3,4 bar (50 psig) , 10,3 bar (150 psig) e 17,2 bar (250 psig). Posto isto, a pressão mais elevada é normalmente utilizada quando existe fornecimento de vapor para processos industriais, ao passo que, a pressão mais baixa é utilizada em sistemas de aquecimento urbano. [11]

2) Turbinas de extração

A figura 11 (adaptada de [11]) apresenta o esquema representativo de turbinas de extração.

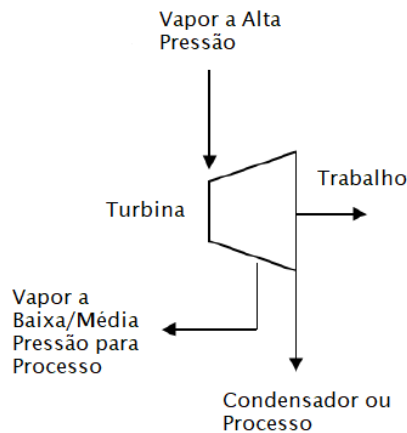


Figura 11 - Esquema de uma Turbina de Extração.

As turbinas de extração contêm uma ou mais picagens de vapor no corpo da turbina, permitindo a distribuição de uma parte do vapor a uma pressão intermédia. Com isto, parte deste vapor poderá ser utilizado para fins de processo numa instalação de cogeração, ao mesmo tempo que, o resto do vapor é expandido para um condensador a uma pressão abaixo da pressão atmosférica (possui temperatura baixa). Desta forma, o calor do vapor que foi encaminhado para o condensador é, normalmente, rejeitado para o ambiente. Ambos os vapores são condensados e reaproveitados, sendo estes bombeados para a caldeira onde se obtém vapor a alta pressão, recomeçando, assim, o ciclo. [11, 18]

Comparando as turbinas de extração às turbinas de contrapressão, as primeiras apresentam um custo de capital mais elevado e um rendimento total mais baixo. Contudo, as turbinas de extração conseguem modular a produção de energia elétrica através da regulação de caudal que atravessa a turbina. Esta regulação é conseguida por meio de uma válvula de admissão de vapor. [18]

3.2.4. Turbina a Gás

As turbinas a gás apresentam-se como equipamentos aplicados na geração estacionária de energia elétrica (desde, aproximadamente, os anos 30) e na propulsão dos aviões (a partir do ano de 1940). Estas apresentam diversas capacidades de potência, variando de 500 kW a, aproximadamente, 300 MW para sistemas de cogeração e sistemas de geração apenas de energia elétrica [11]. Para sistemas APU (*Auxiliary Power Units*) existem pequenas turbinas a gás utilizadas

em aviões com capacidades mais baixas (10 kW a 300 kW). [19] A figura 12 (adaptada de [20]) apresenta um esquema do ciclo da turbina a gás com recuperador de calor.

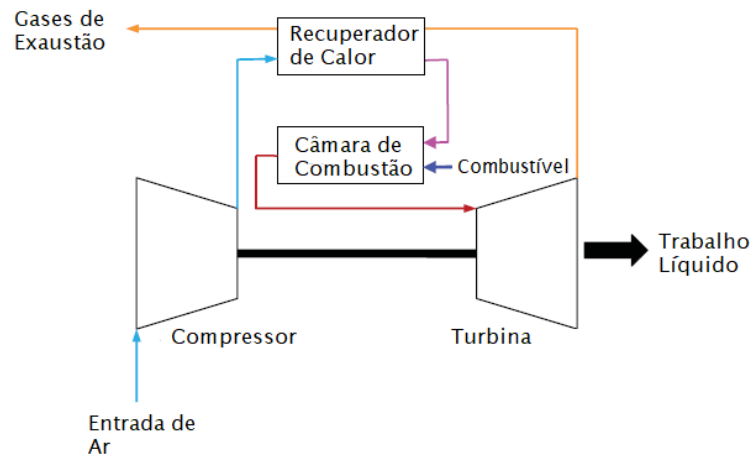


Figura 12 - Esquema simples do Ciclo de uma Turbina a Gás com Recuperador.

O funcionamento do sistema de turbina a gás baseia-se no ciclo termodinâmico de *Brayton*, na qual, é composto por um compressor, uma câmara de combustão e uma turbina de expansão. O ar que entra no sistema é comprimido através do compressor, aumentando a sua pressão e temperatura. Para além do compressor, é utilizada uma câmara onde ocorre a combustão (câmara de combustão) de um combustível fóssil no ar, aumentando, assim, ainda mais a sua temperatura. Os gases obtidos na câmara de combustão são expandidos na turbina, originando a sua rotação e produzindo energia suficiente para fornecer ao veio do gerador e ao compressor. O rendimento do ciclo de *Brayton* é influenciado por diversos fatores, nomeadamente, os rendimentos apresentados pelo compressor e pela turbina de expansão. De modo a aumentar o rendimento deste ciclo, é usual utilizar um recuperador de calor para trocar energia entre os gases de exaustão (GE) da turbina e o ar comprimido, promovendo o aumento da temperatura do ar na entrada da câmara de combustão e, por conseguinte, a diminuição do consumo de combustível. [11]

Na figura 13 (adaptada de [20]) é apresentado um esquema de ciclo combinado.

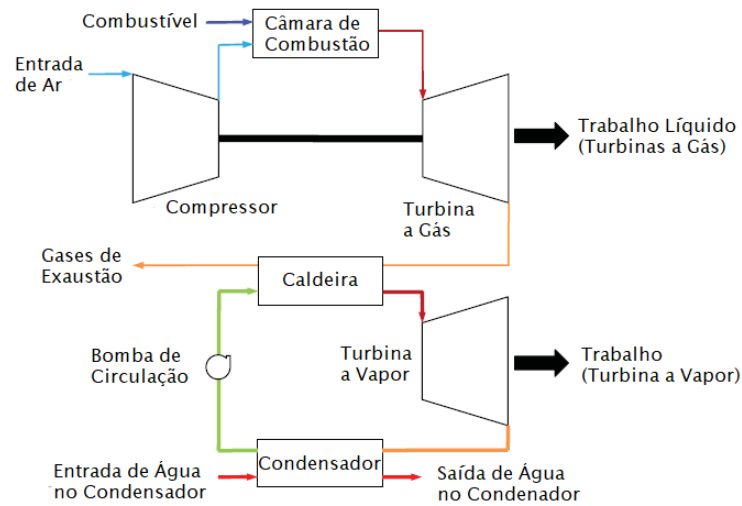


Figura 13 - Esquema do Ciclo Combinado.

No ciclo combinado são aproveitados os GE da turbina a gás para produzir vapor sobreaquecido na caldeira de recuperação destes gases. O vapor gerado na caldeira irá ser utilizado em turbinas a vapor para a produção de energia elétrica. [11]

O sistema de turbina a gás pode ser considerado um sistema de cogeração ou um ciclo combinado, consoante a utilização do calor gerado. Deste modo, para ser considerado um sistema de cogeração, o calor gerado pela turbina (gases de exaustão) tem que ser aplicado diretamente no uso final, designadamente, em sistemas de aquecimento e/ou arrefecimento. O sistema é considerado de ciclo combinado quando se utiliza os gases de exaustão para auxiliar outro ciclo na produção de energia elétrica, como é o caso do ciclo referido anteriormente. [11] Na tabela 4 [11] são exibida as vantagens e desvantagens desta tecnologia.

Tabela 4 - Vantagens e Desvantagens da Turbina a Gás.

Tecnologia	Vantagens	Desvantagens
Turbina a Gás	• Alta fiabilidade. • Poucas emissões. • Calor de alta qualidade disponível.	• Necessidade de gás a alta pressão. • Mau rendimento a baixa carga.

3.2.5. Células de Combustível

A utilização de células de combustível foi demonstrada e concebida por *Sir William Grove*, em Londres, na década de 30 do século XIX. Todavia, esta tecnologia não teve aplicações práticas até à década de 1950, pelo facto, de ter sido exigido pelos Estados Unidos da América um desenvolvimento de sistemas que

acarretassem poucas ou até nenhuma emissões para o meio ambiente. [11] Assim sendo, as células de combustível são uma tecnologia que pode ser implementada num sistema de cogeração. A figura 14 (adaptada de [11]) ilustra o ciclo de funcionamento de uma célula de combustível do tipo ácido.

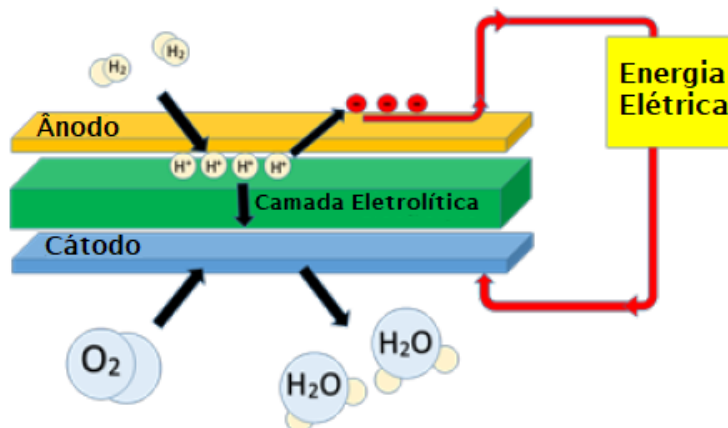


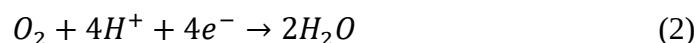
Figura 14 - Processo Eletroquímico de Célula de Combustível do tipo Ácido.

O funcionamento das células de combustível baseia-se na produção de energia elétrica através de um processo eletroquímico. O fornecimento de reagentes à célula, tipicamente, hidrogénio e oxigénio, permite a geração de energia, cessando a mesma quando se interrompe o fornecimento de reagentes. O hidrogénio utilizado é produzido a partir de um hidrocarboneto (mais especificamente, gás natural ou gás liquefeito de petróleo), enquanto, o oxigénio provém do ar atmosférico. [11]

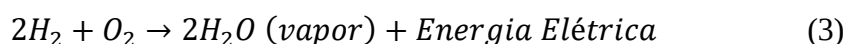
Tal como é possível observar na figura 14, o hidrogénio alimenta o ânodo, ao passo que, o oxigénio alimenta o cátodo. No ânodo o hidrogénio é electroquimicamente dissociado (na presença de um catalisador) em iões de hidrogénio (H^+) e eletrões livres (e^-). A reação do ânodo é a seguinte: [11]



Os eletrões obtidos a partir da dissociação do hidrogénio movimentam-se para fora do ânodo através de um circuito elétrico externo. Os iões de hidrogénio deslocam-se para a camada eletrolítica e, posteriormente, para o cátodo, devido a forças potenciais. No cátodo o oxigénio é eletricamente combinado (na presença de um catalisador) com os iões hidrogénio e com os eletrões livres, gerando água. A reação do cátodo é expressa da seguinte forma: [11]



Dadas as reações do ânodo e cátodo apresentadas nas equações químicas (1) e (2), respetivamente, é possível escrever a reação geral de uma célula de combustível: [11]



Neste processo de geração de energia elétrica os eletrões movimentam-se num circuito externo, os iões deslocam-se através da camada eletrolítica e os produtos químicos entram e saem dos elétrodos. Na conversão de energia química do hidrogénio em energia elétrica existe libertação de calor que pode ser aproveitada, aumentando, assim, o rendimento deste tipo de tecnologia. [11, 21]

Para a utilização desta tecnologia nos sistemas de cogeração existem quatro tipos de células de combustível que podem ser aplicadas:

- Ácido fosfórico (*Phosphoric Acid Fuel Cells* - PAFC);
- Carbonato fundido (*Molten-Carbonate Fuel Cells* - MCFC);
- Óxido Sólido (*Solid Oxide Fuel Cells* - SOFC);
- Membrana de troca de protões (*Proton-Exchange Membrane Fuel Cells* - PEMFC).

Na tabela 5 [6, 11] são referidas as vantagens e desvantagens da tecnologia das células de combustível.

Tabela 5 - Vantagens e Desvantagens da Célula de Combustível.

Tecnologia	Vantagens	Desvantagens
Células de Combustível	• Alto rendimento elétrico. • Poucas emissões • Pouco ruído. • Poucos componentes móveis.	• Altos custos. • Processamento de combustíveis para obtenção de hidrogénio. • Sensível às impurezas do combustível.

3.2.6. Coletores solares híbridos térmicos fotovoltaicos

Os sistemas fotovoltaicos conseguem produzir energia elétrica através da exposição das células fotovoltaicas à radiação solar.

A figura 15 (adaptada de [22]) demonstra o funcionamento dos coletores solares híbridos térmicos fotovoltaicos.

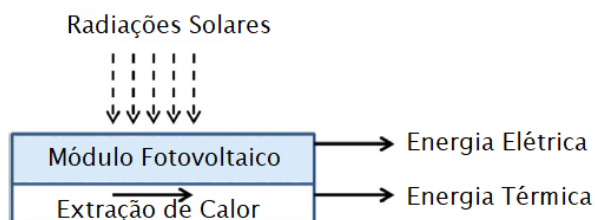


Figura 15 – Sistemas de Coletores Solares Híbridos Térmicos Fotovoltaicos.

Toda a energia solar recebida que não é convertida em energia elétrica vai proporcionar o aquecimento da célula fotovoltaica, diminuindo, assim, o seu rendimento. De modo a manter o rendimento elétrico é necessário proceder ao arrefecimento da célula através da utilização de água ou ar. A utilização de ar por meio de ar natural ou ar forçado é a opção mais simples e barata, no entanto, em ambientes onde a temperatura durante o ano é maioritariamente maior que 20 °C, o uso de ar é menos eficiente. Por outro lado, a utilização de água é mais cara e eficiente que o ar. Caso o processo de remoção de calor nas células fotovoltaicas não seja realizado apenas com o objetivo de arrefecimento destas, mas, também, com o objetivo de aplicações práticas (por exemplo: aquecimento de águas sanitárias), o rendimento irá aumentar e será denominado de coletores solares híbridos térmicos fotovoltaicos. [23]

Apesar destes coletores serem uma tecnologia recente em que as primeiras investigações foram realizadas na década de 70, existem diversas variedades que têm vindo a ser desenvolvidas. [22] A classificação dos coletores baseia-se no meio de extração de calor, no tipo de extração (natural ou forçada), na configuração, nas aplicações finais e, por fim, no tipo de radiação utilizada (concentrada ou não concentrada). [22] Na figura 16 (adaptada de [22]) encontram-se detalhadas as classificações deste tipo de sistemas.

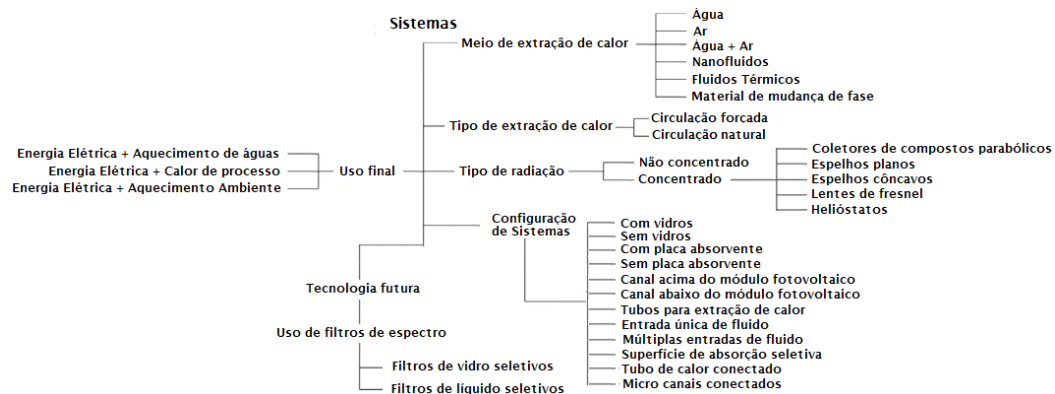


Figura 16 - Classificações de Sistemas de Coletores Solares Híbridos Térmicos Fotovoltaicos.

Na tabela 6 [24-26] são enunciadas as vantagens e desvantagens dos coletores solares híbridos térmicos fotovoltaicos.

Tabela 6 - Vantagens e Desvantagens dos Coletores Solares Híbridos.

Tecnologia	Vantagens	Desvantagens
Coletores Solares Híbridos Térmicos Fotovoltaicos	• Aproveitamento de energia térmica, aumentado o rendimento do sistema. • Não há emissões. • Silencioso. • Vida útil de 20 a 30 anos. • Pouca manutenção.	• Altos custos de produção e instalação. • Dependente de condições meteorológicas. • Forma e estrutura desadequada para integração em telhados existentes. • Período de retorno longo.

3.3. Trigeração

O conceito de trigeração é uma extensão do princípio de cogeração, havendo além da produção de calor e energia elétrica, a produção de frio. Os sistemas de trigeração são implementados quando há uma necessidade de arrefecimento, sendo utilizados, por exemplo, equipamentos como *chillers* de absorção para a produção de frio. [5, 27] A figura 17 (adaptada de [5]) apresenta um esquema referente à ligação de sistemas de trigeração com os sistemas de cogeração.

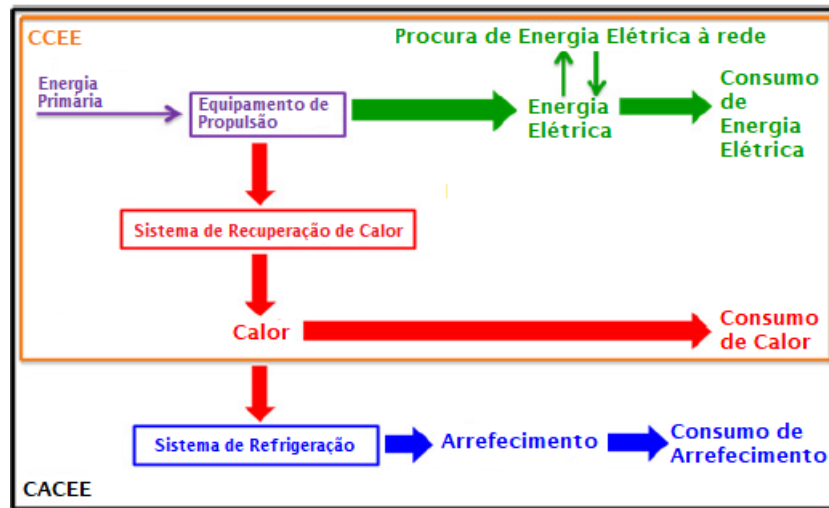


Figura 17 – Princípio da Trigeração. A constituição dos sistemas de **Cogeração** é representada pela sigla CCEE (Combinação de Calor e Energia Elétrica). A constituição dos sistemas de **Trigeração** é representada pela sigla CACEE (Combinação de Arrefecimento, Calor e Energia Elétrica).

A implementação de sistemas de trigeração apresenta diversas vantagens, particularmente, a utilização mais eficiente, económica e confiável da energia primária fornecida ao sistema de cogeração. Estas vantagens são garantidas, uma vez que, o calor perdido no equipamento de propulsão (*prime mover*) é recuperado através de um recuperador de calor e utilizado nos sistemas de aquecimento e arrefecimento. [5, 27]

3.4. Tecnologias Aplicadas na Trigeração

3.4.1. Chillers de Absorção

Um dos equipamentos mais comercializados para produção de frio a partir do calor recebido é o *chiller* de absorção, cujo pode ser de 1) simples efeito (*single-effect*), 2) duplo efeito (*double-effect*) ou 3) triplo efeito (*triple-effect*).

1) Chillers de absorção de simples efeito

O ciclo de absorção de sistemas de simples efeito encontra-se ilustrado na figura 18 (adaptada de [13]).

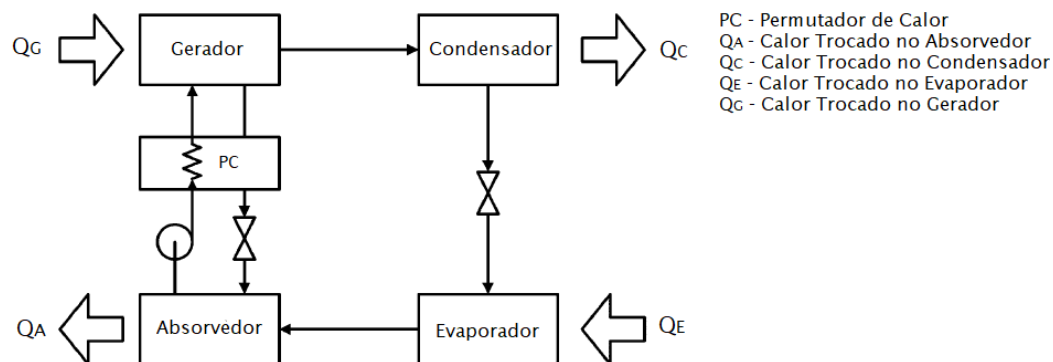


Figura 18 - Sistema do Ciclo de Absorção de Simples Efeito (*Single-Effect*).

O ciclo de absorção para um *chiller* de simples efeito é composto por diversos componentes: um gerador, um condensador, um evaporador, um absorvedor, uma bomba, um permutador de calor e duas válvulas de expansão. O seu funcionamento é iniciado quando a mistura pobre (Amoníaco e Água ou Água e Brometo de Lítio) recebe calor de fontes externas (água quente, vapor ou gases de exaustão) no gerador. Ao receber o calor, parte do refrigerante é libertado da mistura na forma de vapor e movimentado para o condensador. A solução rica (solução sem parte do refrigerante) é movimentada para o absorvedor, passando por uma válvula de expansão onde a pressão é reduzida ao nível da pressão de evaporação. Parte do refrigerante na forma de vapor libertado da mistura inicial (mistura pobre), passa pelo processo de condensação, na qual, existe libertação de calor para o exterior. Após este ser convertido para o estado líquido, dirige-se para uma válvula de expansão onde diminui a sua pressão e temperatura. No evaporador o refrigerante passa do estado líquido para o estado gasoso, retirando calor do exterior e produzindo, desta forma, frio. Seguidamente, o refrigerante é absorvido pelo absorvente num processo exotérmico, havendo libertação de calor. Esta mistura (pobre) é bombeada para o gerador, recomeçando, novamente, o ciclo. O permutador de calor exibido na figura 18 permite aumentar o rendimento do sistema através de um pré-aquecimento da mistura pobre (troca de calor com a mistura rica).

Existem duas combinações de fluidos de trabalho que são usualmente utilizadas neste tipo de sistemas, 1) água (refrigerante) com brometo de lítio (absorvente) e 2) amoníaco (refrigerante) com água (absorvente). Posto isto, a combinação água com brometo de lítio permite obter um valor de coeficiente de performance (COP) mais elevado.

Apesar do sistema de simples efeito ser o mais utilizado no ciclo de absorção, este pode, também, funcionar com base num sistema de multi-efeito, dependendo do número de vezes que o calor recebido recircula dentro do *chiller*. [13, 28, 29]

2) Chillers de absorção de duplo efeito

Na figura 19 (adaptada de [30]) encontra-se representado o ciclo de absorção de sistemas de duplo efeito.

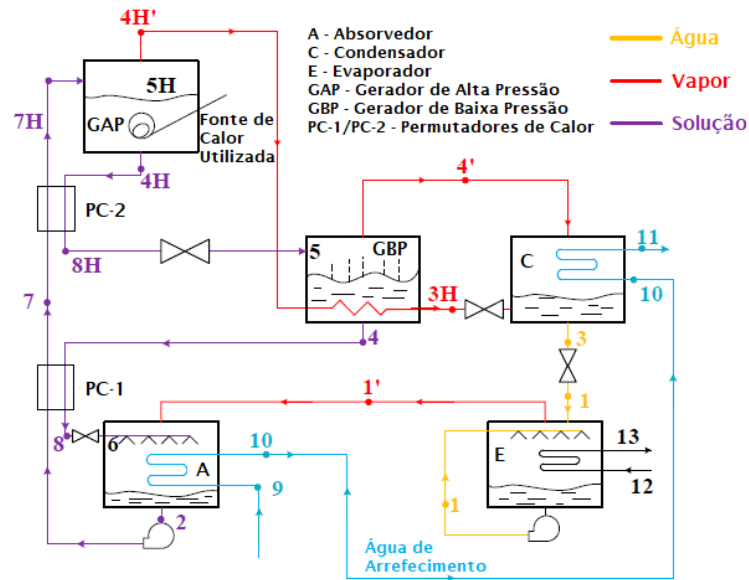


Figura 19 - Sistema do Ciclo de Absorção de Duplo Efeito (*Double-Effect*).

Relativamente aos equipamentos do *chiller* de absorção de duplo efeito, vai existir um acrescento ao sistema anterior, na qual, se irá utilizar mais um gerador e um permutador de calor, possibilitando, assim, um aumento na produção de vapor do refrigerante. Deste modo, neste sistema de “*double-effect*” existem três níveis de pressão, mais detalhadamente, a baixa pressão no evaporador, a média pressão no gerador de baixa temperatura e a alta pressão no gerador de alta temperatura. [29]

Inicialmente, o calor recebido de uma fonte de calor externa permite que uma quantidade de refrigerante seja evaporada da mistura pobre (4H') (figura 19), começando, desta forma, o ciclo de absorção do sistema de duplo efeito. Seguidamente, o vapor movimenta-se do gerador de alta pressão (GAP) para o gerador de baixa pressão (GBP), sendo utilizado como fonte térmica da solução rica originária do GAP. Antes de chegar ao GBP, a solução rica percorre um permutador de calor (4H e 8H) (figura 19), aquecendo a solução pobre proveniente do absorvedor. No GBP o vapor obtido da mistura (4') e o vapor utilizado como

fonte térmica (3H) são movimentados para o condensador, onde existe a condensação dos vapores e a liberação de calor para o meio ambiente através da água de arrefecimento (figura 19). O líquido obtido passa por uma válvula de expansão, diminuindo a sua pressão (3 a 1), em que, posteriormente, é vaporizado no evaporador e movimentado para o absorvedor (1') (figura 19). A solução rica vinda do GBP passa por um permutador de calor (4 e 8) e, quando chega ao absorvedor, absorve o vapor do refrigerante obtido no evaporador. Nesta absorção existe liberação de calor para a água de arrefecimento (9 e 10), tornando a solução, que está no absorvedor, pobre. Finalmente, esta é movimentada, por meio de uma bomba, para o GAP, recomeçando, novamente, o ciclo. Esta solução antes de chegar ao GAP recebe calor das soluções pobres do GAP e do GBP, aumentando, desta forma, o rendimento do ciclo. [30, 31]

3) Chillers de absorção de triplo efeito

Na figura 20 (adaptada de [32]) é apresentado um exemplo do ciclo de absorção de sistemas de triplo efeito.

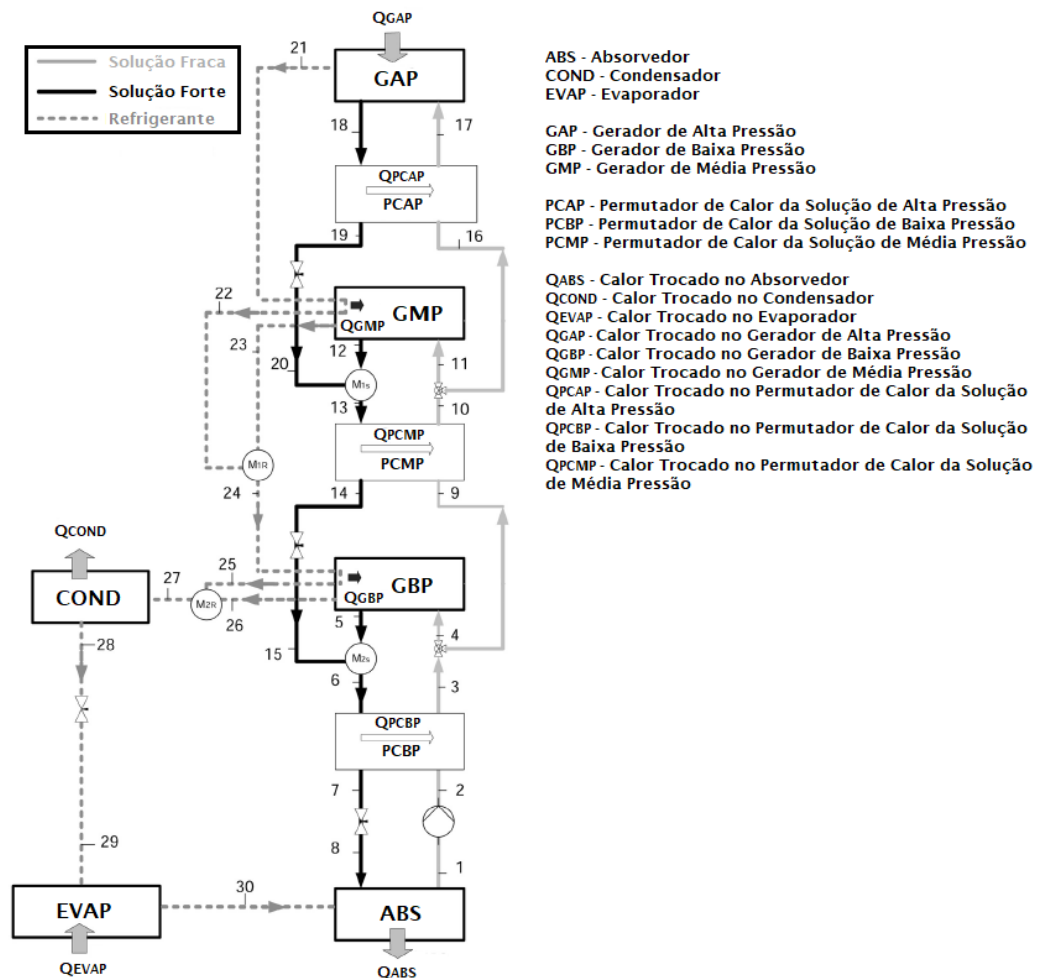


Figura 20 - Sistema de Refrigeração por Absorção de Triplo Efeito (*Triple-Effect*).

A configuração dos *chillers* de absorção de triplo efeito contém mais um gerador e um permutador de calor em comparação aos *chillers* de duplo efeito. Desta forma, o seu funcionamento é semelhante ao de um *chiller* de duplo efeito, no entanto, este sistema contém quatro níveis de pressão, sendo o calor recebido, utilizado mais vezes no sistema. Nesta configuração, o refrigerante gerado no GAP é utilizado como fonte de calor no gerador de média pressão (GMP). Ambos os vapores, o vapor gerado no GMP e o vapor utilizado como fonte de calor no GMP, irão ser utilizados como fonte de calor no GBP. O vapor utilizado como fonte de calor no GBP e o vapor gerado no GBP serão ambos condensados no condensador, libertando calor. Os restantes processos do ciclo são semelhantes aos da configuração anterior. [32]

A utilização de *chillers* de absorção de duplo ou triplo efeito permitem obter um valor de COP mais elevado quando comparado com os sistemas de simples efeito, sendo estes sistemas mais complexos e, exigindo, assim, a utilização de uma fonte de calor com temperaturas mais elevadas, por forma, a serem eficientes. Em relação à escolha dos fluidos de trabalho utilizados nos sistemas de absorção, esta depende de diversos fatores, nomeadamente, das temperaturas de operação. [13] A tabela 7 (adaptada de [13]) evidencia todos os fatores e características de cada configuração do sistema de absorção, incluindo os fluidos de trabalho.

Tabela 7 - Características dos Sistemas de Absorção.

Sistema	Temp. de operação (°C)		Fluidos de Trabalho	Capacidade de refrigeração (ton)	COP
	Fonte de calor	Arrefecimento			
Ciclo de simples efeito	80-110	5-10	LiBr/água	10-1500	Mais de 0.7
Ciclo de simples efeito	120-150	<0	Água/NH ₃	3-1000+	0.5
Ciclo de duplo efeito (fluxo em série)	120-150	5-10	LiBr/água	200-1500	Mais de 1.2
Ciclo de duplo efeito (fluxo em paralelo)	120-150	<0	Água/NH ₃	Até 1000	0.8-1.2
Ciclo de triplo efeito	200-230	5-10	LiBr/água	N/A	1.4-1.5

Por forma a ter uma informação mais completa desta tecnologia, a tabela 8 [15, 24, 29, 33, 34] exhibe as suas vantagens e desvantagens.

Tabela 8 - Vantagens e Desvantagens dos *Chillers* de Absorção.

Tecnologia	Vantagens	Desvantagens
<i>Chillers</i> de Absorção	• Menor consumo de energia elétrica em comparação com os sistemas convencionais (compressão a vapor). • Ciclo de efeito mais alto permite um COP mais elevado. • Custo de capital baixo em comparação com os <i>chillers</i> de adsorção • Sem emissões prejudiciais. • Pouco ruído e vibração devido às poucas peças móveis.	• Ciclo de efeito mais alto requer temperaturas mais elevadas. • COP baixo em relação aos <i>chillers</i> de compressão a vapor. • Investimento mais elevado em relação aos <i>chillers</i> de compressão a vapor.

3.4.2. *Chillers* de Adsorção

O estudo dos sistemas de *chillers* de adsorção iniciaram-se, mais intensamente, na década de 1970, devido a um aumento no consumo de energia, o que levou a uma crise no setor petrolífero, e a questões ambientais, como o agravamento do aquecimento global. Os primeiros sistemas de *chillers* de adsorção foram introduzidos no mercado em 1986, sendo produzidos por *Nishiyodo Kuchouki*. [13]

Os sistemas de adsorção podem exibir dois tipos de configurações: 1) configuração de, apenas, um adsorvente e 2) configuração de dois adsorventes. [13, 35]

1) Configuração de um adsorvente

O ciclo de funcionamento, exclusivamente, com um adsorvente é apresentado nas figuras 21 e 22 (adaptadas de [35]).

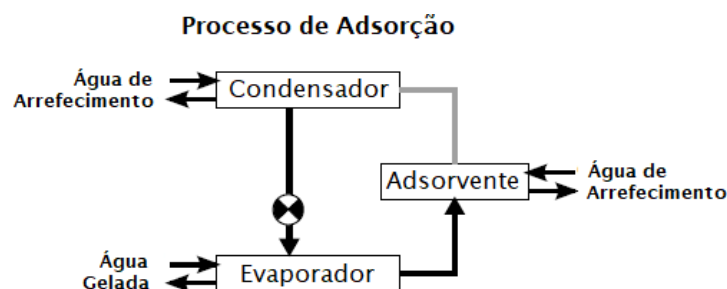


Figura 21 - Processo de Adsorção.

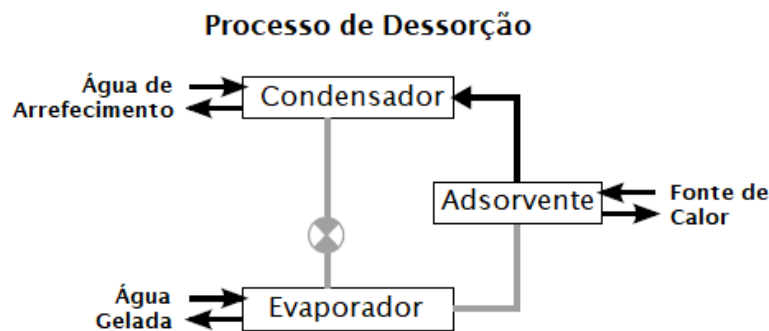


Figura 22 - Processo de Dessorção.

Os *chillers* de adsorção com um adsorvente são constituídos por um adsorvente, um condensador e um evaporador. O funcionamento deste tipo de *chillers* baseia-se em dois processos distintos, designadamente, o **processo de adsorção** (figura 21) e o **processo de dessorção** (figura 22).

No **processo de adsorção**, o adsorvente encontra-se conectado ao evaporador e isolado do condensador. Inicialmente, o fluido de trabalho (líquido) é evaporado, extraindo calor do espaço a ser arrefecido. O vapor obtido no processo de evaporação é, seguidamente, adsorvido pelo adsorvente assim que as condições de adsorção sejam atingidas. Por forma a garantir estas condições, procede-se ao arrefecimento do adsorvente (estando este isolado do evaporador e do condensador) até a pressão neste atingir a pressão de evaporação. É de notar que esta condição de pressão necessita de ser verificada e, como tal, é usual utilizar uma válvula de retenção entre o evaporador e o adsorvente. Deste modo, quando a pressão no evaporador é maior que a pressão no adsorvente a válvula abre e o **processo de adsorção** começa.

Aquando do término do **processo de adsorção**, o adsorvente é desconectado do evaporador e é aquecido através de uma fonte quente. A pressão do adsorvente aumenta até atingir o valor de pressão de condensação, sendo essencial verificar esta condição de pressão, tal como se sucede no processo de adsorção. Esta averiguação é feita, utilizando uma válvula de retenção, neste caso, entre o adsorvente e o condensador, iniciando-se o **processo de dessorção** quando esta abre. Devido ao fornecimento de calor, o fluido de trabalho liberta-se do adsorvente na forma de vapor (**dessorção**), seguindo para o condensador onde condensa, libertando calor para o exterior. [13, 35, 36]

2) Configuração de dois adsorventes

De modo a aumentar o COP dos *chillers* de adsorção foi adotado um outro método onde se procedeu à utilização de dois adsorventes. Esta configuração permite, ao contrário da configuração anterior, a garantia de uma produção de frio de forma contínua (figura 23). [37]

A utilização de *chillers* de adsorção possibilita a produção de frio a partir de fontes de calor de baixa temperatura (aproximadamente 55 °C), logo, é possível utilizar este tipo de sistemas em aplicações de cogeração de baixa temperatura e em sistemas solares. [33] A figura 23 (adaptada de [38]) apresenta o esquema de princípio do sistema de adsorção com a configuração de dois adsorventes.

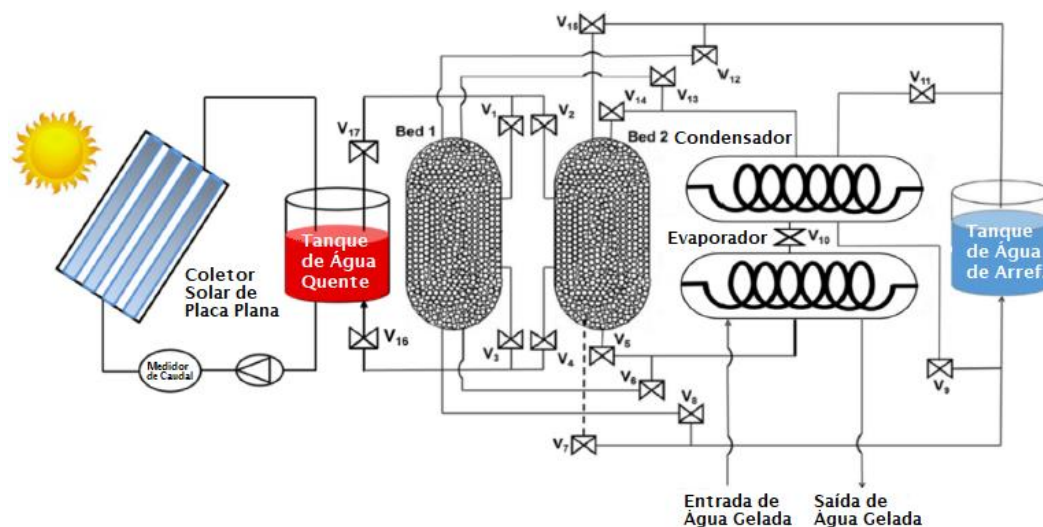


Figura 23 - Esquema do Chiller de Adsorção com Dois Adsorventes.

Este sistema tem como componentes principais: dois adsorventes, um condensador e um evaporador.

A descrição do funcionamento desta configuração de dois adsorventes, será realizada tendo como fonte de calor a que resulta da incidência dos raios solares num coletor solar. Não obstante a fonte de calor referida, o funcionamento do ciclo será semelhante caso a fonte de calor fosse proveniente de sistemas de cogeração (como por exemplo, os gases de exaustão de uma turbina a gás).

O ciclo completo de um sistema com dois adsorventes engloba quatro fases:

- Adsorção no adsorvente 1 (*Bed 1*) e dessorção no adsorvente 2 (*Bed 2*)
- Pré-aquecimento no adsorvente 1 e pré-arrefecimento no adsorvente 2
- Dessorção no adsorvente 1 e adsorção no adsorvente 2
- Pré-arrefecimento no adsorvente 1 e pré-aquecimento no adsorvente 2

A primeira fase do ciclo começa com a adsorção no adsorvente 1 e a dessorção no adsorvente 2. O líquido refrigerante irá evaporar no evaporador a uma determinada pressão (pressão de evaporação) e temperatura (temperatura de evaporação). De seguida, quando as condições de adsorção são atingidas, o vapor é adsorvido no adsorvente 1. Simultaneamente, através do fornecimento de água quente, quando as condições de dessorção são alcançadas, ocorre a dessorção no adsorvente 2. Após a dessorção, o vapor é conduzido ao condensador, onde condensa a uma determinada pressão (pressão de condensação) e temperatura (temperatura de condensação). O calor libertado no condensador será absorvido por água fria. Finalmente, o refrigerante no estado líquido é conduzido ao evaporador onde é vaporizado novamente.

Na segunda fase ambos os adsorventes são desconectados do evaporador e do condensador. Após os adsorventes estarem desconectados, o adsorvente 1 é pré-aquecido através de água quente, ao passo que, o adsorvente 2 é pré-arrefecido através de água fria. Esta fase dá-se por terminada quando a pressão de vapor de saturação dos adsorventes 1 e 2 for, respetivamente, igual à pressão de condensação e de evaporação.

A terceira fase é semelhante à primeira fase, diferindo na medida em que a dessorção ocorre no adsorvente 1 e a adsorção no adsorvente 2.

Dado o que foi referido na terceira fase, a quarta fase será idêntica à segunda, sendo que o pré-arrefecimento é, desta vez, realizado no adsorvente 1 e o pré-aquecimento no adsorvente 2.

Por forma a garantir o correto funcionamento em todas as fases, são utilizadas diversas válvulas de controlo (V1 a V15) (figura 23). [38, 39] A informação da tabela 9 [38] ilustra a posição das válvulas nas diferentes fases.

Tabela 9 - Funcionamento das diversas válvulas do sistema.

Fase	Adsor.1	Adsor.2	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇	V ₈	V ₉	V ₁₀	V ₁₁	V ₁₂	V ₁₃	V ₁₄	V ₁₅
1ª	ADS	DES	F	A	F	A	F	A	F	A	A	A	A	A	F	A	F
2ª	PAQ	PAR	A	F	A	F	A	F	A	F	A	A	A	F	A	F	A
3ª	DES	ADS	A	F	A	F	F	F	A	F	F	F	F	F	F	F	A
4ª	PAR	PAQ	F	A	F	A	F	F	F	A	F	F	F	A	F	F	F
Adsor.1/Adsor.2 = adsorvente 1/adsorvente 2; ADS/DES = adsorção/dessorção; PAQ/PAR = pré aquecimento/pré arrefecimento; A = válvula aberta; F = válvula fechada																	

Os pares de trabalho deste sistema, ou seja, o adsorvente e o fluido de trabalho, são variados e utilizados consoante diversos fatores. A tabela 10 (adaptada de [13]) exhibe as diversas características dos vários pares de trabalho.

Tabela 10 - Pares de trabalho nos *Chillers* de Adsorção.

Adsorvente	Fluido de trabalho	Calor de adsorção (kJ/kg)	Toxicidade	Temp. da fonte de calor (°C)	Fontes de calor	Aplicações
Gel de sílica	H ₂ O CH ₃ OH	2800 1000-1500	Não Sim	70-100	Energia solar, calor desperdiçado de baixa temperatura	Arrefecimento de espaços, refrigeração
Zeólito	H ₂ O NH ₃	3300-4200 4000-6000	Não Sim	>150	Calor desperdiçado de alta temperatura	Arrefecimento de espaços, refrigeração
Carvão ativado	C ₂ H ₅ OH CH ₃ OH	1200-1400 1800-2000	Não Sim	100 110	Energia solar, calor desperdiçado de baixa temperatura	Baixa temperatura, fabricação de gelo
Fibra de carvão		>2000	Sim	120		
Cloreto de cálcio	NH ₃ CH ₃ OH	1368 N/A	Sim Sim	95	Energia solar, calor desperdiçado de baixa temperatura	Baixa temperatura, fabricação de gelo

Os pares de trabalho utilizados nos *chillers* de adsorção poderão ser: gel de sílica com água/metanol, zeólito com água/amoníaco, carvão ativado com etanol/metanol e, por fim, cloreto de cálcio com amoníaco/metanol. A utilização de um determinado par de trabalho depende de diversos fatores, como por exemplo, a toxicidade, a temperatura da fonte de calor, as fontes de calor aplicadas e as aplicações deste sistema. [13]

A tabela 11 [15, 24, 33, 34] expõe as vantagens e desvantagens dos *chillers* de adsorção.

Tabela 11 - Vantagens e Desvantagens dos *Chillers* de Adsorção.

Tecnologia	Vantagens	Desvantagens
<i>Chillers</i> de Adsorção	• Menor consumo de energia elétrica que os sistemas convencionais (compressão a vapor). • Sem emissões prejudiciais. • Pouco ruído e vibração devido às poucas peças móveis. • Aplicação em fontes de calor de baixa temperatura com um COP de 0,5-0,6.	• Custo de capital elevado em comparação com os <i>chillers</i> de absorção • COP baixo em relação aos <i>chillers</i> de compressão a vapor. • Investimento mais elevado em relação aos <i>chillers</i> de compressão a vapor.

3.4.3. Sistemas de Refrigeração Dessecante

Uma das opções alternativas para a produção de frio a partir de calor é a utilização de sistemas de refrigeração dessecante. Estes sistemas permitem o

controle de temperatura e de humidade, podendo utilizar 1) material dessecante sólido ou 2) material dessecante líquido. [24]

1) Material dessecante sólido

A diferença entre um sistema que utiliza materiais dessecantes sólidos e outro sistema que utiliza materiais dessecantes líquidos é a utilização de uma roda rotativa dessecante cuja função é retirar vapor de água do ar de entrada. Para que o sistema funcione de uma forma contínua é necessário proceder à regeneração da roda. O vapor de água retirado pelo material dessecante terá que ser eliminado, de modo a que a roda rotativa esteja suficientemente seca para conseguir adsorver o vapor de água do ar de admissão no próximo ciclo. A temperatura requerida para a regeneração é a suficiente para que seja possível utilizar o calor de exaustão dos sistemas de cogeração para aquecer o ar de retorno. Um aspeto a considerar é o tipo de sólido utilizado, visto que, para cada um, existe uma determinada gama de temperaturas de regeneração. [24, 40] A tabela 12 [24] exhibe os valores das gamas de temperaturas de regeneração dos típicos sólidos utilizados.

Tabela 12 - Gamas de Temperaturas de Regeneração dos Materiais Dessecantes Sólidos.

Material dessecante sólido	Gama de temperaturas de regeneração [°C]
Gel de sílica	60 a 120
Cloreto de lítio	80 a 150
Cloreto de cálcio	95 a 120
Zeólito	> 150

Na figura 24 (adaptada de [24]) é apresentado o ciclo de arrefecimento do material dessecante sólido.

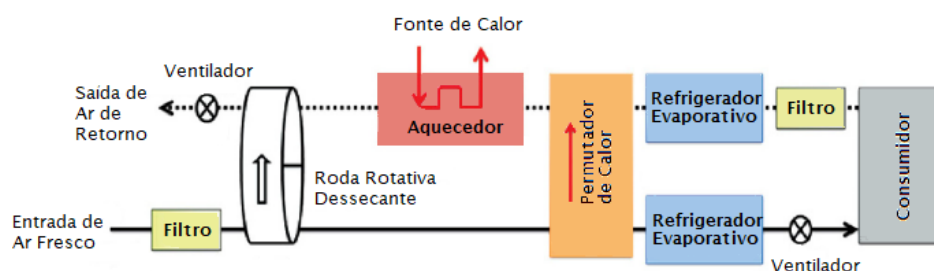


Figura 24 - Ciclo de Arrefecimento do Material Dessecante Sólido.

Após a regeneração da roda rotativa dessecante (continua quente), o ar de entrada, ao atravessá-la, absorve o seu calor e desumidifica. Seguidamente, este ar seco e quente passa por um permutador de calor, onde irá libertar calor sensível para o ar de retorno, e por um refrigerador evaporativo, onde arrefece e humidifica. Após estes processos, o ar de entrada segue para o local destinado a ser arrefecido. O ar extraído do local arrefecido (ar de retorno) percorre um refrigerador evaporativo, no qual, é arrefecido e humidificado. Posteriormente, o ar de retorno atravessa um permutador de calor e uma fonte quente, atingindo, assim, a temperatura de regeneração da roda. Ao atingir a temperatura de regeneração da roda, o ar irá retirar o vapor de água da roda e irá aquecê-la. [24]

2) Material dessecante líquido

A figura 25 (adaptada de [24]) expõe o esquema de princípio do ciclo de arrefecimento do material dessecante líquido.

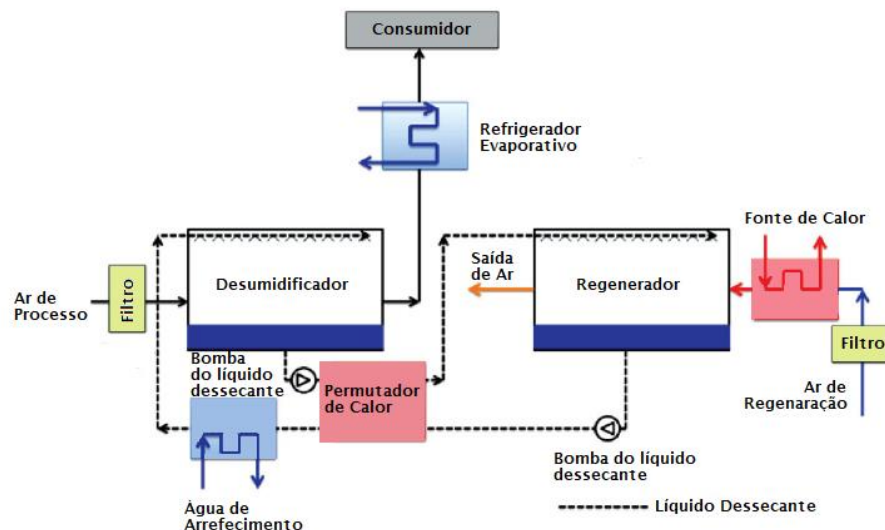


Figura 25 - Ciclo de Arrefecimento do Material Dessecante Líquido.

O ciclo de arrefecimento de um material dessecante líquido funciona de forma idêntica à do tipo sólido, no entanto, em vez de se utilizar uma roda rotativa dessecante, é aplicado um líquido dessecante. O líquido dessecante é pulverizado no ar de processo, para desumidificá-lo, e no ar de regeneração, para humidificá-lo. Através do ar de regeneração e da fonte quente, é possível regenerar o líquido dessecante. Alguns líquidos, tipicamente utilizados nestes sistemas, incluem cloreto de lítio, brometo de lítio, solução de cloreto de cálcio e de cloreto de sódio. [24, 41]

Antes de se proceder à utilização destes sistemas, é necessário conhecer os benefícios e malefícios dos sistemas de refrigeração dessecante, estando estes enumerados na tabela 13. [42-47]

Tabela 13 - Vantagens e Desvantagens dos Sistemas de Refrigeração Dessecante.

Tecnologia	Vantagens	Desvantagens
Sistemas de Refrigeração Dessecante	• Controlo preciso da humidade do ar. • Menor energia consumida que os sistemas convencionais. • Pode ser acionado através de energia térmica de baixa temperatura. • Alta fiabilidade. • Maior COP quando comparado com os outros sistemas (para temperaturas semelhantes). • Refrigerantes CFC, HFC, HCFC não são usados. • Baixo custo operacional.	• Dessecantes líquidos como cloreto de lítio, brometo de lítio e todos os outros sais são corrosivos e podem danificar o sistema dessecante. • Qualquer transferência de dessecante líquido para o ar de insuflação pode causar danos significativos à saúde dos ocupantes. • Grande volume de dessecante líquido que necessita de bombas de grande dimensão de elevado consumo energético. • Possibilidade de cristalização.

Além das vantagens e desvantagens mencionadas, a utilização do material dessecante líquido, em vez de sólido, permite obter um sistema menos complexo, garantindo a mesma desumidificação a partir de uma temperatura de regeneração menor. Outras vantagens, prendem-se ao facto do material dessecante líquido possibilitar uma menor perda de carga, relativamente ao material dessecante sólido, e conseguir remover alguma poluição do ar. [24]

3.4.4. Sistema de Refrigeração por Ejector

Finalmente, outro sistema que proporciona a produção de frio a partir de calor é o sistema de refrigeração por ejector. Este sistema começou a ser estudado a meio da década de 1950, sendo composto por diversos componentes, nomeadamente, um gerador, um ejector, um condensador, um evaporador, uma bomba de circulação e uma válvula de expansão. [48] Na figura 26 (adaptada de [49]) encontra-se representado um esquema do sistema convencional de refrigeração por ejector.

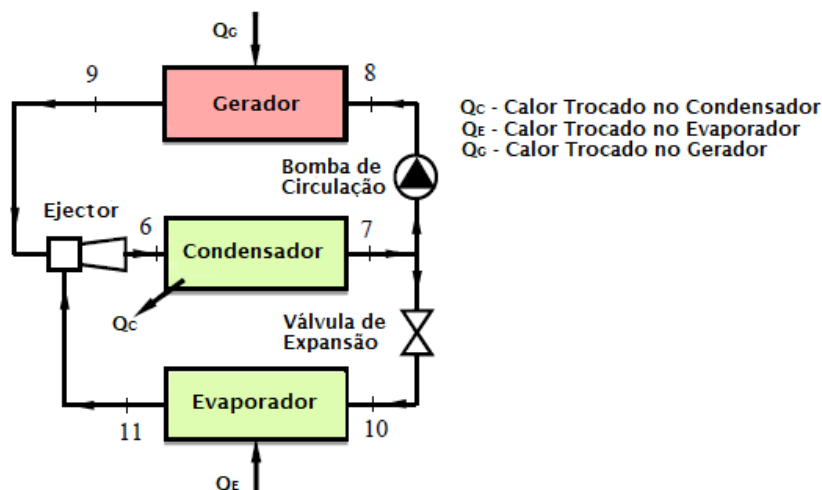


Figura 26 - Sistema Convencional de Refrigeração por Ejector.

O funcionamento deste sistema tem por base o fornecimento de calor (Q_g) ao gerador durante o processo 8-9 (figura 26), o qual é suficiente para produzir vapor saturado a alta pressão (denominado de fluxo primário) à saída do gerador. O vapor saturado gerado a alta pressão (9) e o vapor a baixa pressão (denominado de fluxo secundário) proveniente do evaporador (11), entram no ejector. Ao passar pelo ejector, a mistura de vapor a alta e baixa pressão movimenta-se para o condensador, onde é condensada através da libertação de calor (processo 6-7). O líquido saturado, obtido no condensador, é dividido em dois fluxos: o fluxo primário e secundário. O fluxo secundário passa por uma válvula de expansão (7-10) e é evaporado no evaporador (10-11), retirando calor ao ambiente a ser arrefecido (Q_e). O fluxo primário é bombeado de volta ao gerador (7-8), completando, assim, o ciclo de refrigeração por ejector. [49] A figura 27 (adaptada de [24]) ilustra um esquema exemplo do ejector utilizado nestes sistemas.

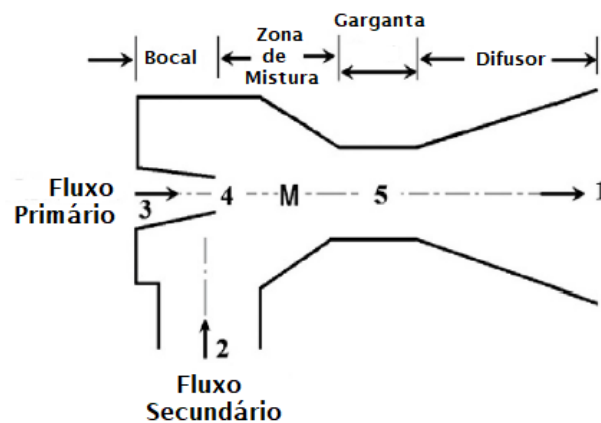


Figura 27 – Ejector utilizado no Sistema de Refrigeração por Ejector.

Dentro do ejetor os dois fluxos sofrem um processo de mistura entre si (M). Do ponto de mistura (M) até à garganta (5) existe um aumento de pressão dinâmica, devido à diminuição de pressão estática (Princípio de Bernoulli e Lei da Conservação de Massa). Da garganta (5) ao difusor (1) do ejetor, ocorre um aumento de secção, o que levará a uma diminuição de velocidade dos fluxos. [24]

A tabela 14 [48-50] demonstra as vantagens e desvantagens dos sistemas de refrigeração por ejetor.

Tabela 14 - Vantagens e Desvantagens dos Sistemas de Refrigeração por Ejector.

Tecnologia	Vantagens	Desvantagens
Sistema de Refrigeração por Ejector	• Simplicidade na construção. • Baixo custo. • Pouca manutenção. • Longa vida útil. • Menor consumo de energia elétrica em relação aos sistemas convencionais (compressão a vapor).	• COP baixo

4. Casos de Estudo

4.1. Definição do Caso de Estudo

Após diversas pesquisas, recorrendo-se a artigos científicos, foi perceptível a possibilidade de integrar um sistema de trigeriação numa ilha.

A ilha em estudo é denominada *Pulau Ubin*, contém cerca de 200 cidadãos e está localizada a nordeste da cidade-Estado de Singapura, apresentando uma área de 1020 hectares (10,2 km²). [51] Na figura 28 [52] é representada a localização geográfica da ilha *Pulau Ubin* e na figura 29 [53] é apresentada a sua entrada.

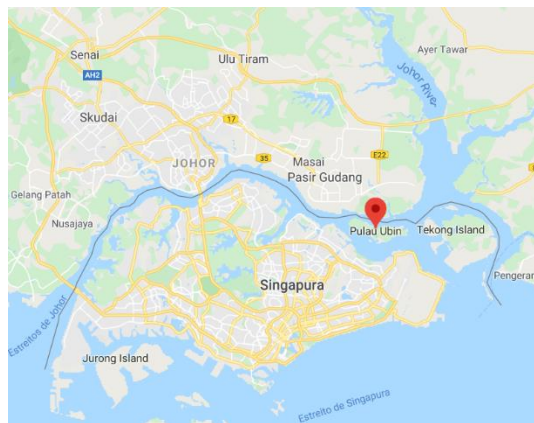


Figura 28 - Localização Geográfica da ilha *Pulau Ubin*.



Figura 29 - Entrada da ilha *Pulau Ubin*.

A ilha em questão necessita de produzir energia, por forma a “alimentar” todas as instalações que nela se encontram, nomeadamente, instalações turísticas (hotéis, resorts e restaurantes). Esta energia tem, necessariamente, de ser produzida na própria ilha *Pulau Ubin*, visto esta não estar conectada, através de uma rede elétrica, à cidade-Estado de Singapura. [51]

4.2. Necessidades Energéticas

Um dos artigos consultados relata a realização de uma simulação energética a partir da ferramenta de análise *eQuest*. Um dos valores que esta ferramenta permite obter é o consumo horário de energia e para tal, recorre à inserção de alguns parâmetros de entrada, tais como: dados meteorológicos por hora e equipamentos utilizados de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC). A simulação apresentada no artigo foi realizada para um hotel de 5 andares, 3 resorts, 8 restaurantes e 30 casas residenciais. [51] Na tabela 15 (adaptada de [51]) são apresentadas as características destas instalações.

Tabela 15 - Instalações Utilizadas na Simulação.

Tipo de instalação	Número de unidades	Área útil por unidade (m²)	Descrição
Hotel de 5 andares	1	10219	Contém 1 cave
Resort	3	6039	-
Restaurante	8	465	Horas de operação consideradas: 11:00h às 23:00h
Casa residencial	30	140	Unidade unifamiliar

Após a simulação são obtidos os valores requeridos de potência elétrica, potência de arrefecimento e potência de aquecimento para um dia típico de janeiro.

Além das necessidades do dia típico de janeiro, a simulação também permite obter os valores de consumo médio horário de energia em cada mês, ao longo de um ano. O gráfico da figura 30 (adaptada de [51]) ilustra o consumo médio horário de energia em cada mês.

O consumo de energia elétrica refere-se às necessidades de todos os equipamentos utilizados na ilha e à iluminação. A procura de arrefecimento baseia-se na energia térmica necessária de ser removida em todas as instalações por todos os equipamentos de AVAC. Por fim, visto tratar-se de uma ilha tropical, a procura de aquecimento é limitado a águas quentes sanitárias utilizadas para, por exemplo, tomar banho e cozinhar.

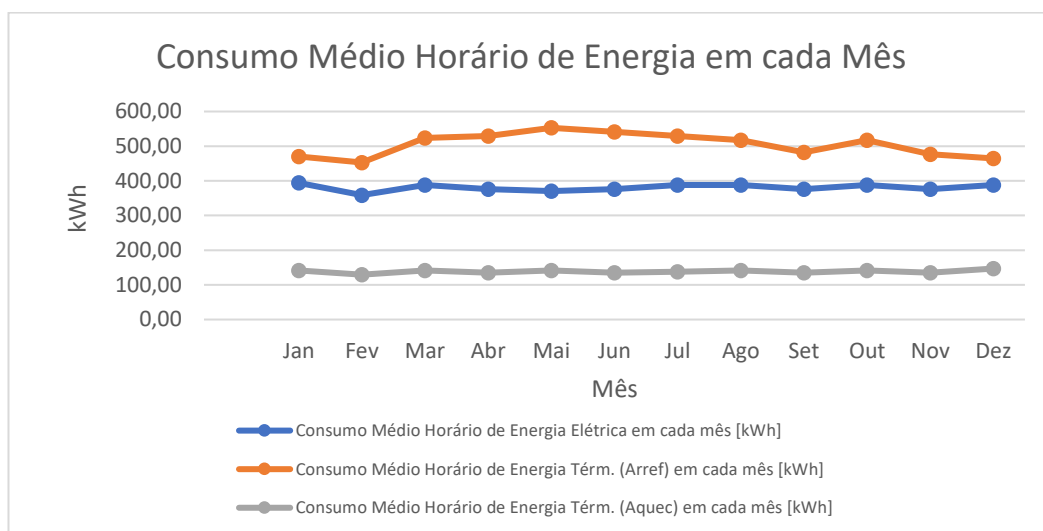


Figura 30 - Valores Médios Horários do Consumo de Energia em cada Mês.

A partir do gráfico da figura 30 retirou-se os valores dos vários consumos, que se indicam na tabela 16.

Tabela 16 – Valores de Consumos Médios Horários de Energia em cada Mês.

Mês	Consumo Médio Horário de Energia Elétrica em cada mês [kWh]	Consumo Médio Horário de Energia Térmica (Arref.) em cada mês [kWh]	Consumo Médio Horário de Energia Térmica (Aquec.) em cada mês [kWh]	Consumo Médio Horário de Energia Total em cada mês [kWh]
Janeiro	394,1	470,6	141,2	1 005,9
Fevereiro	358,8	452,9	129,4	941,2
Março	388,2	523,5	141,2	1 052,9
Abril	376,5	529,4	135,3	1 041,2
Maio	370,6	552,9	141,2	1 064,7
Junho	376,5	541,2	135,3	1 052,9
Julho	388,2	529,4	138,2	1 055,9
Agosto	388,2	517,7	141,2	1 047,1
Setembro	376,5	482,4	135,3	994,1
Outubro	388,2	517,7	141,2	1 047,1
Novembro	376,5	476,5	135,3	988,2
Dezembro	388,2	464,7	147,1	1 000,0

A partir dos valores da tabela 16 foram calculados as diferenças e os rácios energéticos dos vários meses em relação ao mês de janeiro. No anexo 1 são apresentadas as tabelas com os valores obtidos.

De modo a realizar um estudo mais preciso na presente ilha, elaboraram-se dois perfis de potência, um no Inverno (mês de janeiro) e outro na Primavera (mês de maio). A razão pela qual se escolheu obter o perfil de potência para o mês de maio, deve-se ao facto de ser este o mês que apresenta uma maior diferença absoluta de consumo médio horário de energia total (DAET).

No cálculo da DAET foi necessário calcular a diferença absoluta de consumo médio horário de energia elétrica (DAEE), a diferença absoluta de consumo médio horário de energia de arrefecimento (DAEA) e a diferença absoluta de consumo médio horário de energia de aquecimento (DAEAQ).

Na equação (4) é apresentado o cálculo da DAEE:

$$DAEE = |CEE_{jan} - CEE_{mai}| \quad (4)$$

$$DAEE = |394,1 - 370,6| = 23,5 \text{ kWh}$$

CEE_{jan} – Consumo médio horário de energia elétrica no mês de janeiro [kWh]

CEE_{mai} – Consumo médio horário de energia elétrica no mês de maio [kWh]

Na equação (5) é exibido o cálculo da DAEA:

$$DAEA = |CEA_{jan} - CEA_{mai}| \quad (5)$$

$$DAEA = |470,6 - 552,9| = 82,3 \text{ kWh}$$

CEA_{jan} – Consumo médio horário de energia de arrefecimento no mês de janeiro [kWh]

CEA_{mai} – Consumo médio horário de energia de arrefecimento no mês de maio [kWh]

Na equação (6) é exposto o cálculo da DAEAQ:

$$DAEAQ = |CEAQ_{jan} - CEAQ_{mai}| \quad (6)$$

$$DAEAQ = |141,2 - 141,2| = 0,0 \text{ kWh}$$

CEAQ_{jan} – Consumo médio horário de energia de aquecimento no mês de janeiro
[kWh]

CEAQ_{mai} – Consumo médio horário de energia de aquecimento no mês de maio
[kWh]

Na equação (7) é somado os valores obtidos nas equações (4), (5) e (6), resultando, assim, o valor da DAET para o mês de maio.

$$\begin{aligned} DAET &= DAEE + DAEA + DAEAQ \\ DAET &= 23,5 + 82,3 + 0,0 = 105,8 \text{ kWh} \end{aligned} \quad (7)$$

Dado que o artigo [51] já fornece um perfil de potência para um dia típico de janeiro, utilizou-se este perfil para o estudo. As diversas pesquisas realizadas não revelaram nenhuma informação referente às necessidades energéticas da ilha para um dia típico de maio. Como solução, foi assumido que o perfil do mês de maio foi calculado a partir do perfil do mês de janeiro. Para tal, calculou-se a relação de consumos de energia elétrica, de consumos de energia de arrefecimento e de consumos de energia de aquecimento entre ambos os meses (divisão entre os consumos de maio e os consumos de janeiro). Os valores obtidos estão apresentados no anexo 1 (0,94 para o consumo de energia elétrica, 1,17 para o consumo de energia de arrefecimento e 1,00 para o consumo de energia de aquecimento). Após os valores de relação de consumos serem calculados e dado os valores de potência apresentados no artigo para o dia típico de janeiro, calculou-se o perfil de potência para o dia típico de maio. As potências (potência elétrica, potência de aquecimento e potência de arrefecimento) necessárias em cada hora dos dois perfis (janeiro e maio) estão exibidas no anexo 2. Nas tabelas 17 e 18 são apresentadas, para o dia típico de janeiro e de maio, as potências máximas diárias requeridas, o horário destas potências e os consumos diários de energia.

Tabela 17 – Potências Máximas Diárias Requeridas e Consumos Diários de Energia no dia típico de Janeiro.

JANEIRO		
Potência Máxima Diária Requerida	Potência Elétrica	556,5 kW
	Potência de Arrefecimento	854,4 kW
	Potência de Aquecimento	204,7 kW
Hora de Potência Máxima Diária Requerida	Potência Elétrica	18h00m
	Potência de Arrefecimento	17h00m
	Potência de Aquecimento	16h00m
Consumo Diário de Energia	Energia Elétrica	12 250 kWh
	Energia de Arrefecimento	13 872 kWh
	Energia de Aquecimento	4 494 kWh

Tabela 18 - Potências Máxima Diárias Requeridas e Consumos Diários de Energia no dia típico de Maio.

MAIO		
Potência Máxima Diária Requerida	Potência Elétrica	523,1 kW
	Potência de Arrefecimento	1 003,9 kW
	Potência de Aquecimento	204,7 kW
Hora de Potência Máxima Diária Requerida	Potência Elétrica	18h00m
	Potência de Arrefecimento	17h00m
	Potência de Aquecimento	16h00m
Consumo Diário de Energia	Energia Elétrica	11 515 kWh
	Energia de Arrefecimento	16 299 kWh
	Energia de Aquecimento	4 494 kWh

Após se obter ambos os perfis de potência, procurou-se determinar os valores de temperatura de bolbo seco (TBS) e humidade relativa (HR) para um dia típico de cada mês (janeiro e maio). Os valores utilizados correspondem aos dias escolhidos, 1 de janeiro de 2019 e 1 de maio de 2019. [54] Na tabela 19 [54] são apresentados os valores máximos e mínimos da TBS e da HR dos dias escolhidos.

Tabela 19 - Valores Máximos e Mínimos da TBS e da HR.

Dias escolhidos	TBS [°C]	HR [%]
1 de Janeiro de 2019	Máx: 34 ; Mín: 27	Máx: 84 ; Mín: 49
1 de Maio de 2019	Máx: 33 ; Mín: 28	Máx: 89 ; Mín: 66

No anexo 3 apresenta-se graficamente, a variação da TBS e da HR ao longo dos dias escolhidos.

De modo a determinar, em percentagem, a distribuição dos consumos das várias energias (energia elétrica, energia térmica para arrefecimento e para aquecimento), desenvolveram-se diagramas circulares que se encontram no anexo 2. No desenvolvimento destes diagramas para os vários consumos energéticos verificou-se que o comportamento destes não varia, ou seja, o consumo mais alto é encontrado nos resorts, de seguida no hotel, nos restaurantes e por fim nas residências. Os resorts consomem mais de metade da energia produzida, o hotel cerca de um terço e o restante consumo energético pertence aos restaurantes e residências (valores consideravelmente baixos quando comparados com os dos resorts e do hotel).

Além dos diagramas circulares, elaboraram-se diagramas de distribuição do consumo dos vários tipos de energia ao longo do dia. Este diagrama tem como objetivo perceber a evolução do consumo de energia da ilha com o decorrer das horas do dia. Os valores apresentados nos diagramas indicam a percentagem de consumo de energia durante uma determinada hora em relação ao consumo diário. Nas figuras 31,32 e 33 são apresentados os diagramas de distribuição de consumo de energia ao longo do dia.

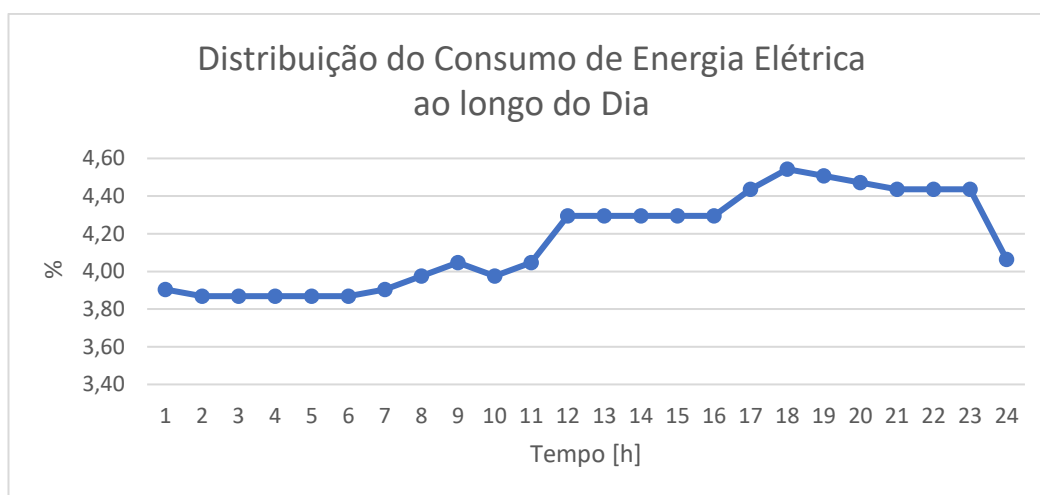


Figura 31 – Diagrama de Distribuição do Consumo de Energia Elétrica ao longo do Dia.

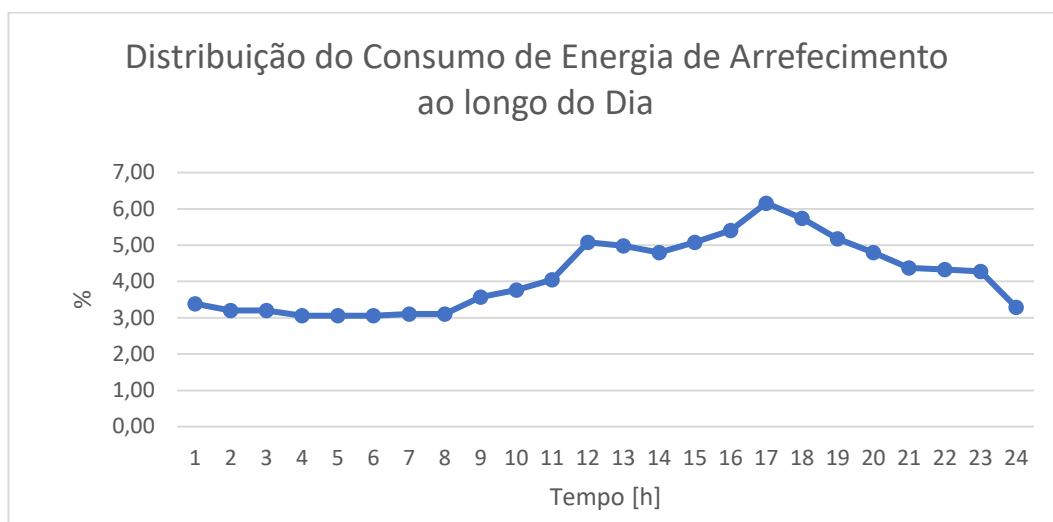


Figura 32 – Diagrama de Distribuição do Consumo de Energia de Arrefecimento ao longo do Dia.

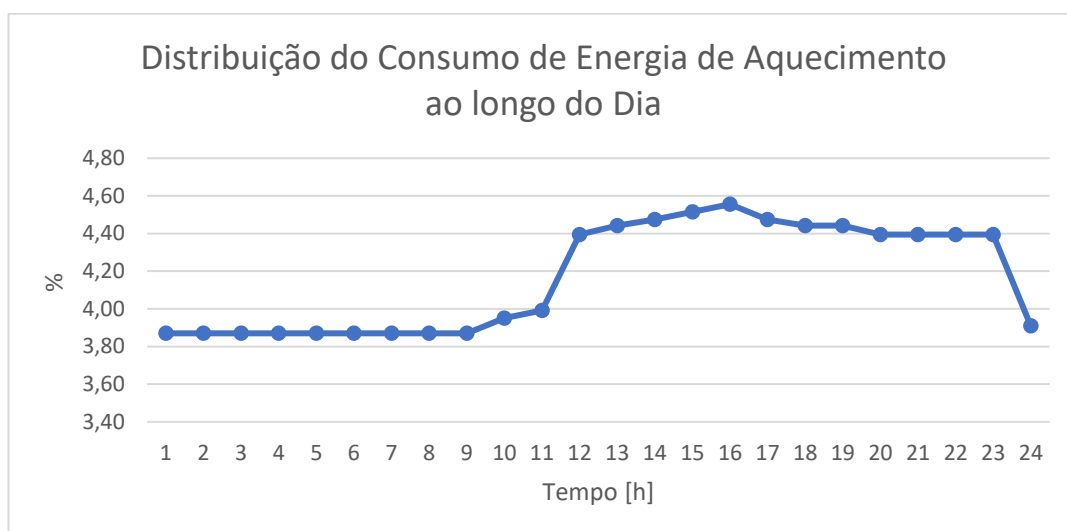


Figura 33 - Diagrama de Distribuição do Consumo de Energia de Aquecimento ao longo do Dia.

Comparando os três diagramas, verifica-se que o diagrama de distribuição do consumo de energia de arrefecimento é o que apresenta uma maior amplitude de consumos. Este diagrama exibe o valor mais elevado de consumo horário de energia, atingindo um valor de 6,16 % às 17 h. Reciprocamente, o diagrama de distribuição de consumos de energia de arrefecimento também contém o valor mais baixo, 3,06 % das 4h às 6h. Os três gráficos apresentam um comportamento semelhante, ou seja, os consumos nas primeiras horas do dia permanecem praticamente constantes, existindo pouca variação desde a 1h até às 8h/9h. Seguidamente, com o aumento da procura, os três diagramas registam uma subida de consumo, de forma gradual, até atingir o pico. Por fim, o consumo decresce novamente, de forma gradual, até ao final do dia.

4.3. Regime de Funcionamento

Na análise de casos de estudo como o do presente trabalho, em que existem diversos equipamentos a operar, é necessário definir as horas de funcionamento da central e a que carga é que os equipamentos operam. De modo a otimizar o sistema, realizou-se diversos cálculos para diferentes cargas de operação dos equipamentos utilizados, através de uma folha de excel. Desta forma, é possível determinar em que situações de carga os equipamentos conseguem satisfazer as necessidades energéticas, despendendo a menor quantidade de energia possível.

Laboram 4 operários na central que opera durante todo o dia (24 h).

4.4. Sistema de Referência

Por forma a realizar o estudo de viabilidade técnico-económica na aplicação de um sistema de trigerção na ilha *Pulau Ubin*, é necessário conhecer o sistema de produção de energia que é utilizado na ilha para suportar a procura energética. O sistema de produção de energia utilizado na ilha será definido como sistema de referência (sistema base para iniciar o caso de estudo), podendo haver a introdução de eventuais alterações destinadas a torná-lo mais eficiente e económico.

O sistema inicial (de referência) irá satisfazer as necessidades de arrefecimento a partir de *chillers* de compressão a vapor, que têm a função de alterar a temperatura da água fria de 11 °C para 6 °C. Na produção de excesso de água fria é utilizado um sistema de armazenamento de energia térmica (SAET), onde a água se mantém a uma temperatura de 6 °C (esta quantidade de energia poderá ser utilizada posteriormente). O calor libertado no condensador dos *chillers* será aproveitado ao máximo através da recuperação total (a recuperação parcial não permite satisfazer as necessidades de aquecimento) para aquecer água a uma temperatura média (40 °C para 45 °C). A quantidade máxima de energia que o sistema consegue recuperar corresponde à soma da produção de frio com o trabalho de compressão do *chiller*. A água a uma temperatura média irá ser utilizada para fornecer energia às bombas de calor (BCs) de alta temperatura, sendo estas responsáveis por produzir água a elevada temperatura (60 °C para 65 °C). Este circuito de água a elevada temperatura irá fornecer energia suficiente à água da rede, por meio de um permutador de placas (que será posteriormente dimensionado), para satisfazer as necessidades de água quente sanitária (AQS). A água da rede utilizada é captada do estreito de Singapura, cuja temperatura varia entre os 28 °C e 30 °C durante todo o ano [55]. Considerou-se que a água, após captação no estreito de Singapura e após passar por todos os processos de

tratamento, se encontra a uma temperatura de 28 °C (água da rede). Posteriormente, a água da rede será aquecida até uma temperatura de 60 °C e armazenada em depósitos de acumulação de AQS. A água da rede ao ser armazenada nos depósitos a uma temperatura de 60 °C é submetida a uma desinfecção térmica, controlando, assim, a legionella e outros microrganismos que possam existir na água quente. A água a uma temperatura de 60 °C satisfaz praticamente todas as necessidades de AQS, no entanto, para, por exemplo, cozer alimentos é necessário alcançar uma temperatura mais elevada. Esta temperatura será atingida nas várias instalações da ilha através de fogões. Face à escassez de informação relativa à potência requerida para cozinhar, e dado o seu reduzido impacto em relação à totalidade das necessidades térmicas, decidiu-se não selecionar nenhum equipamento, mas apenas referir aquele que seria utilizado para cozinhar alimentos.

O sistema de recuperação total referido, anteriormente, foi proposto pela empresa *Mitsubishi Electric* para ser utilizado para o caso em estudo, visto ser um sistema mais económico e eficiente relativamente aos sistemas em que não há recuperação de calor (sendo a produção de calor e a produção de frio feita de forma separada). A produção de energia elétrica é da responsabilidade dos geradores a diesel (motor alternativo de combustão interna alimentado a diesel em conjunto com um gerador elétrico) já existentes na ilha. Visto que os geradores irão operar a uma carga constante, há horas em que a produção é maior que a procura. De modo a reaproveitar a energia produzida em excesso, irá ser utilizado um sistema de armazenamento de energia elétrica (SAEE) através de baterias. O sistema de armazenamento de energia elétrica tem como função armazenar a energia produzida em excesso numa determinada hora, para, posteriormente, em outro período, fornecer a energia necessária para satisfazer as necessidades de energia elétrica, e assim, reduzir o tempo de operação dos geradores (menor consumo de combustível).

Justificando a utilização dos equipamentos de produção de energia elétrica, no artigo consultado [51] é referido que esta ilha utiliza geradores a diesel. Após diversas pesquisas, não se conseguiu encontrar informações referentes aos equipamentos utilizados para produção de energia térmica (arrefecimento e aquecimento), consequentemente, dado o consumo energético da ilha, foi considerado que, para o aquecimento são utilizadas bombas de calor e para o frio *chillers* de compressão a vapor. Apesar de ser referido no artigo e noutras fontes que a ilha tem instalados geradores a diesel para a produção de energia elétrica, as

características destes não são fornecidas. Consultaram-se diversos fabricantes com o objetivo de se obter as características dos equipamentos utilizados, o que permitiu selecionar o modelo mais económico que satisfizesse a procura energética da ilha para o dia típico de janeiro e de maio.

De modo a ter uma visualização facilitada de todo o sistema de referência, foi realizado um esquema de princípio de instalação que é apresentado em seguida.

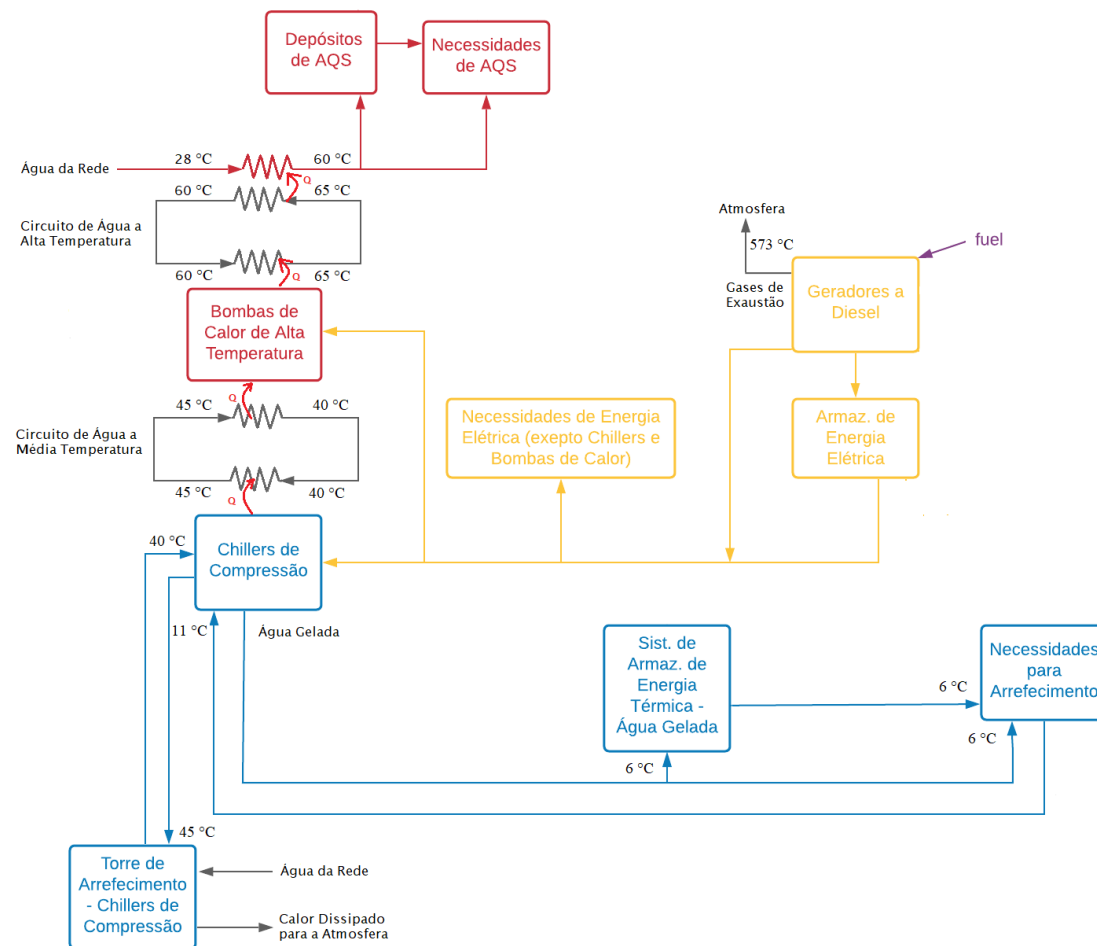


Figura 34 - Esquema de Princípio de Instalação do Sistema Referência.

4.4.1. Chillers de Compressão a Vapor

Inicialmente, estudou-se a produção de frio (arrefecimento) a partir dos *chillers* de compressão a vapor. O sistema de armazenamento de energia de arrefecimento durante o dia pode ser dividido em dois sistemas diferenciados, sistema de armazenamento parcial (SAP) e sistema de armazenamento total (SAT). Ambos os sistemas foram estudados para que no final se consiga discriminar qual o mais económico.

No SAP os *chillers* utilizados estão a operar durante todo o dia, contudo, é possível, caso as necessidades de arrefecimento o permitam, desligar um dos *chillers* durante algumas horas e assim reduzir o consumo de energia eléctrica. Tal como referido anteriormente, é utilizado um sistema de armazenamento de energia térmica (SAET) para armazenar a energia produzida em excesso ao longo do dia. [56]

No SAT os *chillers* funcionam durante um determinado período do dia (o suficiente para satisfazer as necessidades diárias). Durante esse período, a água fria produzida em excesso é armazenada no SAET e, posteriormente, nos períodos em que os *chillers* estão desligados, as necessidades são satisfeitas por meio da energia armazenada no SAET de água fria. [56]

Em cada sistema mencionado foi estudado, tanto para o dia típico 1 de janeiro como para o dia típico 1 de maio, diferentes cargas a que os *chillers* estariam a operar. Além da carga total, 100%, também foram estudadas as seguintes cargas parciais, 90 %, 80 % e 70 %.

De modo a seleccionar o modelo dos *chillers* a utilizar, é necessário conhecer o valor máximo de potência de arrefecimento requerido pela ilha. Ao dimensionar os *chillers* para o caso de potência máxima de arrefecimento, que ocorre às 17h no dia típico de maio, estes também serão capazes de satisfazer as necessidades energéticas no resto do dia. A potência máxima de arrefecimento necessária para a ilha é de 1 003,9 kW (tabela 18).

Dada a elevada potência requerida para o *chiller* e a alta variação da potência de arrefecimento durante os dias 1 de janeiro e 1 de maio, decidiu-se utilizar dois *chillers* do mesmo modelo e de menor dimensão. Estes *chillers* irão operar em regimes constantes diferenciados para cada um dos sistemas de armazenamento. A utilização de regimes constantes na carga dos equipamentos em vez de regimes variáveis, permite um menor desgaste dos equipamentos e um sistema mais eficiente.

Os períodos de funcionamento dos *chillers* foram obtidos através da otimização da sua operação para as várias cargas. Nesta otimização procurou-se ter o menor consumo de combustível possível, garantindo sempre o cumprimento da satisfação das necessidades de arrefecimento. A escolha do horário e da carga de funcionamento dos *chillers*, nos dias típicos de janeiro e maio, são apresentados em seguida.

Sistema de armazenamento parcial

1 de janeiro

Carga 100%

1 *Chiller* em func. – 04:00h às 15:59h / 18:00h às 18:59h / 20:00h às 00:59h

2 *Chillers* em func.- 01:00h às 03:59h / 16:00h às 17:59h / 19:00h às 19:59h

1 de maio

Carga 80 %

1 *Chiller* em func. – 16:00h às 17:59h / 23:00h às 23:59h

2 *Chillers* em func. – 00:00h às 15:59h / 18:00h às 22:59h

Sistema de armazenamento total

1 de janeiro

Carga 70 %

0 *Chillers* em func. – 00:00h às 00:59h

1 *Chiller* em func. – 23:00h às 23:59h

2 *Chillers* em func. – 01:00h às 22:59h

1 de maio

Carga 80 %

0 *Chillers* em func. – 00:00h às 00:59h

2 *Chillers* em func. – 01:00h às 23:59h

Para uma melhor visualização do período de funcionamento dos *chillers* e das várias cargas estudadas, no anexo 4 são apresentadas as folhas/tabelas de cálculo utilizadas.

Visto que se irão utilizar dois *chillers* de compressão a vapor, a capacidade de arrefecimento de cada terá que ser no mínimo metade do valor da potência máxima de arrefecimento requerida pela ilha (1 003,9 kW), ou seja, a capacidade mínima de cada *chiller* terá que ser de 501,95 kW.

A seleção dos *chillers* foi feita com o auxílio da empresa *Mitsubishi Electric*. A figura 35 expõe uma imagem representativa do *chiller* escolhido.



Figura 35 - Chiller NECS/R/CA 1816.

Todas as características do equipamento são apresentadas no anexo 5, sendo exibidas as suas características principais na tabela 20.

Tabela 20 - Características Principais do Chiller selecionado.

Marca e Modelo	Parâmetros	Valores
Mitsubishi Electric NECS/R/CA 1816	Potência de Arrefecimento ($T_{ent}=11^{\circ}\text{C}$, $T_s=6^{\circ}\text{C}$, $T_{ext}= 35^{\circ}\text{C}$) [kW]	502,30
	Potência Elétrica [kW]	164,90
	EER	3,05
	Custo [€]	75 006,00
	Número de Chillers Utilizados	2
	Custo Total [€]	150 012,00

Os sistemas que podem ser utilizados na distribuição hidráulica denominam-se (i) sistema primário de caudal constante, (ii) sistema primário de caudal constante e secundário de caudal variável, e, por fim, (iii) sistema primário de caudal variável. No caso em estudo a opção tomada foi a utilização de um sistema primário de caudal variável. Este sistema permite garantir uma variação de temperatura constante de 5°C no *chiller* (no caso em estudo, $T_{ent}=11^{\circ}\text{C}$ e $T_s=6^{\circ}\text{C}$), alterando o valor do caudal em função da variação da potência requerida. O sistema tem como vantagem apresentar o custo energético de bombagem mais baixo, comparativamente aos outros sistemas. Em relação ao custo de instalação,

o sistema utilizado tem um custo maior que o de primário de caudal constante e mais baixo que o de primário de caudal constante e secundário de caudal variável. [57]

No presente sistema, caso haja necessidade de realizar manutenção a um dos *chillers*, esta será realizada ou nos períodos em que apenas se tem um *chiller* a operar, (quando existe uma avaria de rápida reparação, pois tem-se tempo limitado para uma manutenção programada) ou o fabricante, neste caso a *Mitsubishi Electric*, faculta a substituição completa do *chiller* avariado por outro enquanto se procede à reparação, (avarias em que a reparação demora mais tempo) e assim, a produção de energia diária não irá ser afetada.

4.4.2. Armazenamento de Energia Térmica

De modo a apresentar um sistema de refrigeração eficiente e completo, é necessário incluir sistemas de armazenamento de energia térmica no caso em estudo, com o objetivo de gerir a produção de energia de arrefecimento ao longo do dia. Existem três tipos de sistemas, estes são **armazenamento de calor sensível** (baseado no armazenamento de energia térmica por aquecimento ou arrefecimento de um meio de armazenamento líquido ou sólido, como água, areia, sais fundidos, rochas, etc...), **armazenamento de calor latente** usando materiais onde ocorre mudança de fase (por exemplo utilização de substâncias que passam de um estado sólido para um estado líquido) e **armazenamento termoquímico** (recorre a reações químicas para armazenar e libertar energia térmica). A escolha do sistema a utilizar no caso de estudo recaiu no sistema de **armazenamento sensível**, que apesar de necessitar de maiores volumes, devido à baixa densidade de energia, é um tipo de sistema relativamente barato quando comparado com os restantes sistemas. [58]

Por forma a dimensionar o sistema de armazenamento de energia térmica, foi necessário determinar a quantidade de energia máxima que estes necessitam de armazenar nos dias típicos estipulados, 1 de janeiro e 1 de maio, para ambos os sistemas (SAP e SAT). Em cada sistema, dos dois valores obtidos de energia armazenada (no perfil de 1 de janeiro e de 1 de maio), o dimensionamento será realizado para o caso mais desfavorável (valor mais elevado de quantidade de energia armazenada).

Antes de determinar qual seria a capacidade requerida para o sistema de armazenamento de energia térmica de água fria, foi necessário escolher o regime de carga dos *chillers* para ambos os sistemas, tendo em consideração a capacidade

mínima obtida nos sistemas de armazenamento e a energia elétrica diária consumida pelos *chillers*. Nas tabelas 21 e 22 são apresentadas as cargas escolhidas dos *chillers* para ambos os perfis. Além das cargas, os valores de energia elétrica diária consumida pelos *chillers*, e os valores do volume mínimo do SAET de água fria também serão exibidos.

Tabela 21 – Volume Mínimo do SAET de Água Fria – Sistema de Armazenamento Parcial.

Sistema de Armazenamento Parcial						
1 de Janeiro			1 de Maio			Volume mínimo do SAET [l]
Carga dos <i>Chillers</i> [%]	Vol. mínimo do SAET [l]	Energia Elétrica Diária Cons. pelos <i>Chillers</i> [kWh]	Carga dos <i>Chillers</i> [%]	Vol. mínimo do SAET [l]	Energia Elétrica Diária Cons. pelos <i>Chillers</i> [kWh]	
100	301 353,1	4 525,8	80	365 804,0	5 210,5	365 804,0

Tabela 22 - Volume Mínimo do SAET de Água Fria – Sistema de Armazenamento Total.

Sistema de Armazenamento Total						
1 de Janeiro			1 de Maio			Volume mínimo do SAET [l]
Carga dos <i>Chillers</i> [%]	Vol. mínimo do SAET [l]	Energia Elétrica Diária Cons. pelos <i>Chillers</i> [kWh]	Carga dos <i>Chillers</i> [%]	Vol. mínimo do SAET [l]	Energia Elétrica Diária Cons. pelos <i>Chillers</i> [kWh]	
70	346 252,2	4 342,5	80	365 804,0	5337,62	365 804,0

Como se pode verificar pelos cálculos realizados, em ambos os sistemas o volume mínimo requerido para o sistema de armazenamento de energia térmica é igual. Todos os cálculos estão detalhados no anexo 4 onde são expostas as folhas de cálculo associadas ao dimensionamento do SAET.

A água arrefecida entra a 11 °C e sai a 6 °C nos *chillers* de compressão a vapor. Em ambas as temperaturas referidas, a água tem uma massa volúmica de ,aproximadamente, 1 000 kg/m³ (1 kg/l) [59]. Visto que o valor da massa volúmica é muito próximo a 1 kg/l, considerou-se este o valor a ser utilizado para os cálculos do dimensionamento do sistema de armazenamento de energia térmica – água fria dos sistemas.

Os valores de volume mínimo do SAET foram obtidos a partir da seguinte expressão.

$$P = \dot{V} * c_p * \Delta T * \rho \quad (8)$$

P – Potência [kW]

$\dot{V}$ – Caudal Volumétrico [l/s]

c_p – Calor Específico a Pressão Constante [kJ/kg.K]

ΔT – Variação de Temperatura [K]

ρ – Massa Volúmica [kg/l]

A potência representa o valor maior da capacidade mínima de armazenamento do SAET para cada sistema. Após os cálculos, obteve-se um valor de 365 804,0 l (365,804 m³) para o SAET em ambos os sistemas.

Não obstante de várias tentativas de contacto com fabricantes deste tipo de sistemas, não foi possível obter qualquer informação relativamente a características e preços. Dado o volume mínimo necessário de armazenamento de energia térmica, optou-se por um sistema com capacidade de 400 m³. Consultaram-se vários documentos que referem o intervalo de valores de eficiência típicos destes sistemas, sendo utilizado o valor mais alto de 90 %. [60, 61] A figura 36 (adaptada de [61]) exhibe o gráfico na qual foi estimado o investimento realizado no SAET de 400 m³.

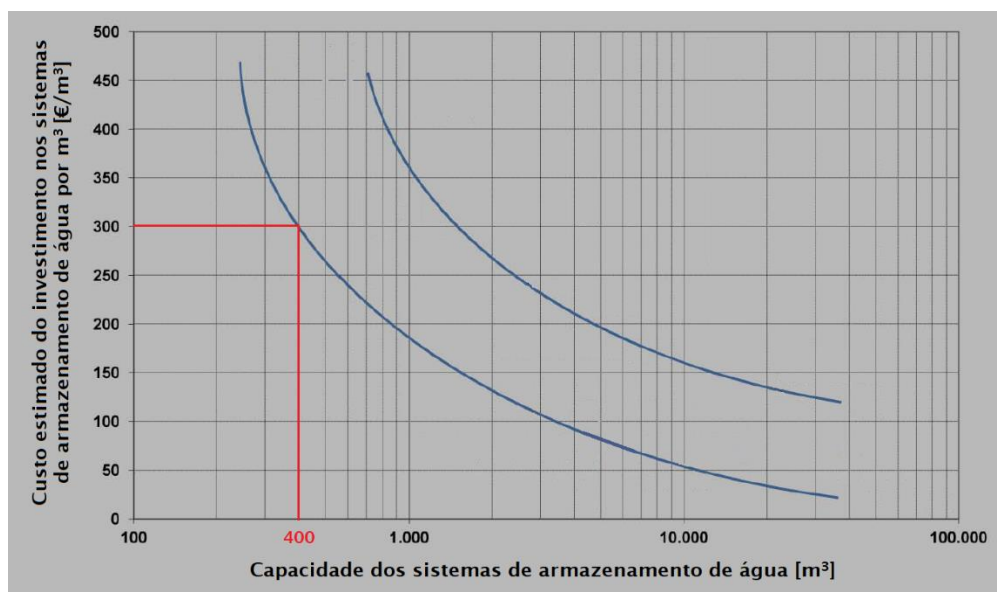


Figura 36 - Investimento estimado para SAET de 400 m³ de volume.

Como se pode verificar pelo gráfico da figura 36, o custo estimado do investimento será de 300 €/m³ para sistemas com 400 m³. A tabela 23 apresenta a capacidade e os custos estimados do sistema de armazenamento.

Tabela 23 - Capacidade e Custos do SAET estimado.

Parâmetros	Valores
Capacidade [m ³]	400,00
Custo estimado [€/m ³]	300,00
Custo [€]	120 000,00
Nº de Sistemas de Armazenamento de Energia Térmica Utilizados	1
Custo Total [€]	120 000,00

4.4.3. Bombas de Calor

Após o estudo de produção de água fria no presente sistema, foi necessário definir a produção de calor. A produção de calor, tal como referido anteriormente, é realizada por meio de bombas de calor, aproveitando o calor libertado nos condensadores dos *chillers* (recuperação total).

Para cada sistema de armazenamento (SAP e SAT) estudou-se, tanto para o dia típico 1 de janeiro como para o dia típico 1 de maio, diferentes cargas a que as bombas de calor estariam a operar. Dado que a produção de calor, através das BCs, está ligada diretamente à recuperação de energia nos condensadores dos *chillers*, estas estarão apenas em operação quando os *chillers* correspondentes também o

estiverem. Além da carga total das bombas de calor, 100%, também foram estudadas as seguintes cargas parciais, 90 %, 80 %, 70 % e 60%. As cargas referidas são as cargas para as quais as BCs apresentam um valor de COP mais elevado. Dado que estes cálculos são muito extensos, no anexo 6 apenas se apresentam os cálculos da carga de funcionamento escolhida para as bombas de calor, no entanto, os resultados para todas as cargas (60 % a 100 %) são expostos nestes mesmo anexo numa tabela resumo (realçada a azul a carga a que as bombas irão operar).

No dimensionamento das BCs a utilizar no sistema é essencial conhecer o valor máximo de potência requerida de aquecimento para a ilha. De acordo com as tabelas 17 e 18, a potência máxima de aquecimento para ambos os perfis (janeiro e maio) é de 204,7 kW. A implementação de dois *chillers* para a produção de frio, levou à utilização de duas bombas de calor, uma em cada *chiller* para a produção de AQS. As BCs, tal como os *chillers*, irão operar a regimes constantes de carga diminuindo assim o seu desgaste.

Inicialmente, a bomba de calor utilizada foi a EW-HT/0302 (do catálogo da *Mitsubishi Electric*), no entanto, verificou-se que, para o sistema de armazenamento parcial (para as cargas estudadas das bombas), não era possível satisfazer as necessidades de AQS no perfil de 1 de janeiro (anexo 6). Logo, de modo a apresentar um modelo de BC que satisfizesse as necessidades em ambos os sistemas de armazenamento de água fria (SAP e SAT), optou-se pelo modelo acima (EW-HT/0412) (anexo 6). Ambos os sistemas utilizarão a mesma bomba de calor, o que irá facilitar a comparação, no final do trabalho, dos dois tipos de sistemas de armazenamento de água fria.

A determinação do período de funcionamento das BCs teve em consideração as necessidades térmicas diárias de calor e a quantidade de *chillers* em operação. Todos os períodos de paragem de operação das BCs tiveram como objetivo a redução de consumo diário de energia elétrica destas e a redução da capacidade dos depósitos de armazenamento de AQS. Os horários e as cargas de funcionamento das bombas de calor, nos dias típicos de janeiro e maio, são apresentados em seguida.

Sistema de armazenamento parcial

1 de janeiro

Carga dos *Chillers* - 100%

Carga das BCs – 100 %

0 BCs em func. - 17:00h às 17:59h

1 BC em func. - 03:00h às 15:59h / 18:00h às 18:59h / 20:00h às 00:59h

2 BCs em func.- 01:00h às 02:59h / 16:00h às 16:59h / 19:00h às 19h59

1 de maio

Carga dos *Chillers* - 80%

Carga das BCs – 70 %

0 BCs em func. - 04:00h às 04:59h / 08:00h às 08:59h

1 BC em func. - 12:00h às 12:59h / 16:00h às 17:59h / 22:00h às 00:59h

2 BCs em func.- 01:00h às 03:59h / 05:00h às 07:59h / 09:00h às 11:59h / 13:00h
às 15:59h / 18:00h às 21:59h

Sistema de armazenamento total

1 de janeiro

Carga dos *Chillers* – 70 %

Carga das BCs – 70 %

0 BCs em func. - 04:00h às 04:59h / 08:00h às 08:59h / 12:00h às 12:59h / 00:00h
às 00:59h

1 BC em func. - 19:00h às 19:59h / 23:00h às 23:59h

2 BCs em func.- 01:00h às 03:59h / 05:00h às 07:59h / 09:00h às 11:59h / 13:00h
às 18:59h / 20:00h às 22:59h

1 de maio

Carga dos *Chillers* – 80 %

Carga das BCs – 70 %

0 BCs em func. - 04:00h às 04:59h / 08:00h às 08:59h / 12:00h às 12:59h / 19:00h
às 19:59h / 00:00h às 00:59h

2 BCs em func.- 01:00h às 03:59h / 05:00h às 07:59h / 09:00h às 11:59h / 13:00h
às 18:59h / 20:00h às 23:59h

No anexo 6 apresenta-se as tabelas de excel com os horários de funcionamento das BCs.

Visto que se irão utilizar duas bombas de calor, a capacidade de aquecimento de cada uma tem de ser no mínimo de, aproximadamente, 102,5 kW.

A seleção das bombas de calor, tal como nos *chillers*, teve o auxílio da empresa *Mitsubishi Electric*. A figura 37 apresenta uma imagem representativa da bomba de calor selecionada.



Figura 37 - Bomba de Calor EW-HT/0412.

Todas as características do equipamento são apresentadas no anexo 7, sendo exibidas as suas características principais na tabela 24.

Tabela 24 - Características Principais da Bomba de Calor selecionada.

Marca e Modelo	Parâmetros	Valores
<i>Mitsubishi Electric</i> EW-HT/0412	Potência de Aquecimento Nominal [kW]	195,80
	Potência Elétrica [kW]	34,50
	COP	5,67
	Custo [€]	13 636,00
	Número de BCs Utilizadas	2
	Custo Total [€]	27 272,00

A manutenção das bombas de calor será realizada da mesma forma que a manutenção dos *chillers*. Esta será realizada ou nos períodos em que apenas se tem uma/nenhuma BC a trabalhar, (quando existe uma avaria de rápida reparação pois tem-se tempo limitado para uma manutenção programada) ou o fabricante, neste caso a *Mitsubishi Electric*, faculta a substituição completa da BC avariada por outra enquanto se procede à reparação, (avarias em que a reparação demora mais tempo) e assim, a produção de energia diária não irá ser afetada.

4.4.4. Depósito de acumulação de AQS

De modo a completar o sistema de produção de calor utilizou-se depósitos de acumulação de AQS, o que permite gerir a produção e a procura de energia térmica ao longo do dia de uma forma mais eficiente.

No dimensionamento dos depósitos de acumulação de AQS foi necessário determinar a quantidade de energia máxima que estes necessitam de armazenar nos dias típicos estipulados, 1 de janeiro e 1 de maio, para ambos os sistemas de armazenamento de água fria (SAP e SAT). Para cada sistema, dos dois valores obtidos de energia armazenada (no perfil de 1 de janeiro e de 1 de maio), o dimensionamento será realizado para o caso mais desfavorável (valor mais elevado de quantidade de energia armazenada).

Antes de determinar a capacidade dos depósitos de acumulação de AQS foi necessário definir o regime de carga das bombas de calor para ambos os sistemas. A seleção da carga, tal como nos *chillers*, teve como base a capacidade mínima que os depósitos requerem e o consumo diário de energia elétrica das BCs. Nas tabelas 25 e 26 são apresentadas, para ambos os perfis, as cargas definidas das bombas de calor, a energia elétrica diária consumida pelas BCs e o volume mínimo dos depósitos de AQS.

Tabela 25 - Volume Mínimo dos Depósitos de AQS– Sistema de Armazenamento Parcial.

Sistema de Armazenamento Parcial						
1 de Janeiro			1 de Maio			Volume mínimo dos depósitos de acumulação de AQS [l]
Carga das BCs [%]	Vol. mín. de armazen. dos depósitos de AQS [l]	Energia Elétrica Diária Consumida pelas BCs [kWh]	Carga das BCs [%]	Vol. mín. de armazen. dos depósitos de AQS [l]	Energia Elétrica Diária Consumida pelas BCs [kWh]	
100	8 896,1	931,5	70	6 564,7	919,6	8 896,1

Tabela 26 -Volume Mínimo dos Depósitos de AQS– Sistema de Armazenamento Total.

Sistema de Armazenamento Total						
1 de Janeiro			1 de Maio			Volume mínimo dos depósitos de acumulação de AQS [l]
Carga das BCs [%]	Vol. mín. de armazen. dos depósitos de AQS [l]	Energia Elétrica Diária Consumida pelas BCs [kWh]	Carga das BCs [%]	Vol. mín. de armazen. dos depósitos de AQS [l]	Energia Elétrica Diária Consumida pelas BCs [kWh]	
70	7 282,9	919,6	70	6 240,3	919,6	7 282,9

Após os cálculos obteve-se um valor de 8 896,1 litros (tabela 25) para o volume mínimo dos depósitos de acumulação de AQS no SAP e um valor de 7 282,9 litros (tabela 26) no SAT.

No anexo 6 estão detalhados os cálculos, apresentando-se as folhas de cálculo associadas ao dimensionamento dos depósitos de AQS.

Depois de ser calculado o volume mínimo dos depósitos de acumulação de AQS (para cada sistema), procedeu-se à seleção destes. Ao contactar várias empresas sobre preços e características dos depósitos, apenas houve resposta por parte de um fabricante alemão, *Reflex Winkelmann*. As características pedidas a esta empresa referem-se aos dois depósitos de maior capacidade que esta disponibiliza, depósito de 4 000 litros e de 5 000 litros. Ao receber as informações pretendidas, tornou-se evidente que se deverá utilizar isolamento térmico em cada depósito. Dado que o isolamento contém um valor baixo de condutividade térmica, as perdas de calor da água contida no depósito para o exterior são baixas. Visto tratar-se de água quente, utilizou-se isolamento térmico em todos os depósitos.

A figura 38 expõe uma imagem representativa do depósito de acumulação de AQS escolhido.



Figura 38 - Depósito de Acumulação de AQS - Storatherm Heat HF 4000/R - HF 5000/R.

Todas as características dos depósitos são apresentadas no anexo 8, sendo exibidas as suas características principais na tabela 27.

Tabela 27 - Características principais dos depósitos de acumulação de AQS.

Marca e Modelo		Reflex Winkelmann	
		HF 4000/R	HF 5000/R
Depósitos	Volume Nominal [l]	4 000	5 000
	Volume [l]	3 942	4 888
	Pressão Máxima de funcionamento [bar]	6	6
	Temperatura Máxima de funcionamento [°C]	95	95
	Isolamento Térmico (opcional)	Sim	Sim
	Custo [€]	2 525	3 285
Isolamento Térmico	Material do Isolamento	Poliuretano	
	Material do Isolamento da cobertura de topo	Poliéster	
	Condutividade Térmica [W/(m.K)]	0,040	
	Custo [€]	1 460	1 593

De maneira a determinar de forma económica qual o número de depósitos que devem ser utilizados para cada sistema (SAP/SAT), realizaram-se alguns cálculos com estes dois modelos de depósitos. Nas tabelas 28 e 29 apresenta-se as combinações mais económicas de depósitos passíveis de serem utilizados.

Tabela 28 - Combinações de Depósitos a utilizar - Sistema de Armazenamento Parcial.

Sistema de Armazenamento Parcial						
	2 Depósitos de 5 000 l		2 Depósitos de 4 000 l + 1 Depósito de 5 000 l		3 Depósitos de 4 000 l	
Modelo dos Depósitos	HF 4000/R	HF 5000/R	HF 4000/R	HF 5000/R	HF 4000/R	HF 5000/R
Nº de Depósitos	0	2	2	1	3	0
Nº de Isolamentos	0	2	2	1	3	0
Volume Total	9 776 l		12 772 l		11 826 l	
Custo dos Depósitos + Isolamentos	9 756 €		12 848 €		11 955 €	

Tabela 29 - Combinações de Depósitos a utilizar - Sistema de Armazenamento Total.

Sistema de Armazenamento Total						
	2 Depósitos de 4 000 l		1 Depósito de 4 000 l + 1 Depósito de 5 000 l		2 Depósitos de 5 000 l	
Modelo dos Depósitos	HF 4000/R	HF 5000/R	HF 4000/R	HF 5000/R	HF 4000/R	HF 5000/R
Nº de Depósitos	2	0	1	1	0	2
Nº de Isolamentos	2	0	1	1	0	2
Volume Total	7 884 l		8 830 l		9 776 l	
Custo dos Depósitos + Isolamentos	7 970 €		8 863 €		9 756 €	

Com base nas várias opções apresentadas nas tabelas 28 e 29, selecionou-se a opção mais económica para cada sistema (opção realçada a vermelho).

4.4.5. Permutador de Calor (Água da Rede – Água de Alta Temperatura da BC)

Os permutadores de calor são equipamentos essenciais para o sistema em questão ao permitirem a transmissão de energia entre dois fluidos, possibilitando, assim, produzir frio ou calor.

Os permutadores de calor que não precisam de ser dimensionados são os permutadores incluídos no sistema apresentado, ou seja, dois permutadores tubulares (*Shell & Tube*) e dois permutadores de placas. Os permutadores tubulares são responsáveis pela troca de calor entre o fluido refrigerante dos *chillers* (R-410A) e os dois circuitos de água (circuito da água fria e circuito da água a temperatura média). Os permutadores de placas são utilizados na troca de calor entre o fluido refrigerante das bombas de calor (R-134a) e os dois circuitos de água (circuito de água a alta temperatura e circuito de água a média temperatura).

O permutador necessário para completar o sistema de produção de calor é o que troca energia entre o circuito de água a elevada temperatura com o circuito da água da rede. Dadas as elevadas eficiências dos permutadores de placas, decidiu-se utilizar este tipo de permutadores nesta troca de energia.

Por forma a dimensionar o permutador de calor, é necessário realizar alguns cálculos, nomeadamente, o cálculo da eficiência, do caudal máximo que passa no permutador e da área mínima de transferência térmica. O cálculo da eficiência do permutador e o seu dimensionamento é demonstrado no anexo 9. Além deste cálculo, também se procedeu à determinação da área mínima de transferência térmica que o permutador tinha que apresentar para satisfazer o valor máximo de potência térmica (204,7 kW). Na determinação da área mínima foi necessário ter conhecimento das temperaturas de entrada e saída de ambos os circuitos (circuito da água da rede e circuito da água a alta temperatura). Ao determinar todas as temperaturas procedeu-se ao cálculo da temperatura média logarítmica (anexo 9). Para além das temperaturas, foi preciso conhecer o valor do coeficiente global de transferência de calor do permutador de calor. Dado que o permutador que será selecionado não contém informações relativamente ao valor do coeficiente global de transferência de calor, utilizou-se o valor médio do intervalo dado pela *Engineering ToolBox* (1 000 a 4 000 W/(m².K) [62]. Este intervalo abrange permutadores de calor de placas em que a troca de energia é realizada entre dois líquidos (caso em estudo). O valor utilizado para o coeficiente geral de transferência de calor foi de 2 500 W/(m².K). [62]

Nestes cálculos foi necessário considerar algumas simplificações:

- Os calores específicos são constantes e iguais a um valor médio na gama de temperaturas do(s) fluido(s);
- A condução de calor axial é desprezável;
- A superfície exterior do permutador é adiabática;
- O calor transferido da corrente quente é igual ao calor recebido pela corrente fria.

Na tabela 30 estão apresentados os valores obtidos necessários para o dimensionamento do permutador.

Tabela 30 – Condições Mínimas do Permutador de Calor (Água da Rede – Água a Alta Temperatura da BC).

Especificações Necessárias para o Permutador de Calor	
Eficiência [%]	86,50
Caudal Mínimo que tem de atravessar o Permutador [m ³ /h]	35,25
Área Mínima de transferência de calor do Permutador [m ²]	5,63

Com base nos valores obtidos na tabela 30 é possível selecionar o melhor permutador a utilizar para o caso em estudo. A seleção foi realizada através do site da *Reflex Winkelmann* [63], neste, insere-se o tipo de permutador que se quer (*brazed / gasketed*), qual a potência térmica máxima que deve ser transmitida, os fluidos utilizados e as temperaturas (de entrada e saída) dos fluidos no permutador. Após inserir-se estes dados, o site calcula automaticamente o caudal mássico, o caudal volúmico e a queda de pressão máxima. Posteriormente, procede-se ao cálculo dos resultados, onde o site sugere quais os permutadores que devem ser utilizados para as condições referidas. A figura 39 (adaptada de [63]) exhibe os dados e os resultados obtidos no site.

Enter system data

Which type should be selected?

Heat Exchanger

☒ brazed
 ☐ gasketed

What thermal power should be transferred?

Heat Load (Q)

204.7 kW

System Parameters

Side 1

Side 2

Fluid

Water

Water

Concentration

100.0 %

100.0 %

Inlet Temperature

65.0 °C

28.0 °C

Outlet Temperature

60.0 °C

60.0 °C

Mass Flow

9.78 kg/s

1.53 kg/s

Volume Flow

35.78 m³/h

5.54 m³/h

max. Pressure Drop

25.0 kPa

25.0 kPa

min. Oversize

0 %

Calculate Result

Results

Article No.	Short Term / Article-ID	Priceindex	Heat Tranfer Area	Calc. Press. Drop - Side 1	Calc. Press. Drop - Side 2	Calc. Oversize
☒ 8020200	RLB-110-120-P25	100 %	14.05 m²	24.84 kPa	0.69 kPa	86.27 %
☐ 8020300	RLB-110-130-P25	106 %	15.24 m²	23.85 kPa	0.65 kPa	92.90 %
☐ 8020400	RLB-110-140-P25	112 %	16.43 m²	23.13 kPa	0.62 kPa	99.61 %
☐ 8020500	RLB-110-150-P25	118 %	17.62 m²	22.60 kPa	0.61 kPa	106.39 %
☐ 8020600	RLB-110-160-P25	124 %	18.81 m²	22.20 kPa	0.59 kPa	113.13 %

Product info

Figura 39 - Seleção do Permutador (Água da Rede – Água a Alta Temperatura).

Como se pode verificar na figura 39 o permutador de calor selecionado foi o RLB-110-120. Todos os permutadores obtidos no site (tanto para *brazed* como para *gasketed*) são sobredimensionados, no entanto, o menos sobredimensionado foi o utilizado.

A razão pela qual os permutadores são normalmente sobredimensionados, é que ao longo do tempo, a sua eficiência de permuta de calor vai diminuindo (resultando num subdimensionamento do permutador) devido, maioritariamente, à sujidade que se deposita ao longo da sua superfície. [64]

A figura 40 exhibe uma imagem representativa do permutador selecionado.



Figura 40 - Permutador de Calor RLB-110-120.

Todas as características do permutador selecionado são apresentadas no anexo 10, exibindo-se de seguida as suas características principais na tabela 31.

Tabela 31 - Especificações do Permutador de Placas RLB-110-120 utilizado.

RLB-110-120	Parâmetros	Valores
	Número de Placas	120
	Altura do Permutador [mm]	466
	Largura do Permutador [mm]	258
	Comprimento do Permutador [mm]	300
	Temperatura Máxima de Operação [°C]	230
	Pressão Máxima de Operação [bar]	25
	Custo [€]	2 188
	Número de Permutadores Utilizados	2
	Custo Total [€]	4 376

4.4.6. Geradores a Diesel

Na seleção dos geradores a diesel é necessário conhecer o valor máximo requerido de potência elétrica na ilha, dimensionando-se os geradores para este valor. Os geradores ao serem dimensionados para o caso mais desfavorável (de maior potência), permitem satisfazer as necessidades diárias elétricas da ilha. A potência elétrica total inclui a potência elétrica necessária de todos os equipamentos elétricos utilizados na ilha, nomeadamente, os equipamentos de AVAC e os equipamentos de AQS selecionados anteriormente. Além dos equipamentos a iluminação também está contabilizada no valor da potência elétrica total. Dado que anteriormente já foram selecionados os equipamentos de AVAC a utilizar e os seus regimes de operação, é possível determinar a potência elétrica de cada um deles e, assim, obter a potência elétrica total. Na tabela 32 apresenta-se a potência elétrica máxima requerida dos dois perfis (1 de janeiro e 1 de maio) para os dois sistemas de armazenamento de água fria (SAP e SAT).

Tabela 32 – Potência Elétrica Máxima Requerida na Ilha para ambos os Sistemas.

	Potência Elétrica Máxima Requerida [kW]	
	1 de Janeiro	1 de Maio
Sist. de Armazenamento Parcial	924,97	810,11
Sist de Armazenamento Total	802,32	810,11

As tabelas utilizadas para o cálculo das potências elétricas máximas da ilha estão apresentadas no anexo 11.

Com o objetivo de não sobrecarregar em demasia um gerador a diesel optou-se pela utilização de vários geradores. Além da sobrecarga, a utilização de vários geradores teve em consideração a elevada variação das necessidades elétricas (~ 273 kW no SAP e ~ 342 kW no SAT).

Por forma a obter um sistema otimizado, realizaram-se diversos cálculos de consumos de combustível e de preços de equipamentos de três geradores de capacidades diferentes. Assim, é possível, com base nos cálculos, selecionar o gerador mais adequado para o sistema em questão.

Os três modelos de geradores foram selecionados a partir do catálogo da empresa *FG Wilson*, sendo as suas capacidades apresentadas na tabela 33.

Tabela 33 - Capacidade dos três modelos de Geradores.

	Modelo de Gerador a Diesel		
	P110-3	P250-5	P400-3
Voltagem [V]	400/230	400/230	400/230
Frequência [Hz]	50	50	50
Potência <i>Prime</i> [kVA/kW]	100/80	230/184	350/280
Potência <i>Standby</i> [kVA/kW]	110/88	250/200	400/320

Os três modelos de geradores da tabela 33 foram estudados para três diferentes tipos de carga, 50 %, 75 % e 100 %. Por forma a que os geradores satisfizessem toda a procura energética em cada hora, o número de geradores em operação foi variando.

Após os cálculos, conclui-se que, nos três modelos de geradores, o custo total dos equipamentos utilizados é menor quando os geradores estão a operar a 100 %. Para além do investimento efetuado nos equipamentos ser menor, o consumo diário de combustível quando os geradores estão a operar a 100% é na maior parte das vezes menor (quando o consumo não é menor, o valor não varia muito em comparação às outras cargas). O número de geradores utilizados para satisfazer uma determinada potência elétrica, quando todos estão a operar a 100 %, é menor do que no caso de operação à carga parcial de 50 %, logo, os custos em relação à quantidade de equipamentos utilizados serão menores. Dado tudo o que foi dito, decidiu-se utilizar os geradores a operar a 100%.

O preço de combustível diesel por litro em Singapura é de 1,023 €. Este valor é um valor médio e refere-se ao período de 20/Julho/2020 a 26/Outubro/2020. O

preço do combustível por litro em Singapura foi obtido a partir do site referente aos preços globais do combustível diesel. [65]

As tabelas 34 e 35 (uma para cada sistema de armazenamento) exibem um resumo dos custos e dos consumos dos vários tipos de geradores estudados (quando estes estão a operar a 100%).

Tabela 34 - Consumos e Custos dos vários tipos de Geradores – Sistema de Armazenamento Parcial.

	Sistema de Armazenamento Parcial					
	Tipo de Gerador a Diesel					
	P110-3 (100%)		P250-5 (100%)		P400-3 (100%)	
	Jan	Mai	Jan	Mai	Jan	Mai
Consumo Diário de Fuel [l]	5 198,7	5 097,4	4 929,9	5 129,6	5 201,2	5 000,4
Custo Diário de Fuel [€]	5 318,3	5 214,6	5 043,3	5 247,5	5 320,8	5 115,4
Custo de 1 Gerador [€]	12 730,0		23 510,0		37 950,0	
Número de Geradores utilizados	12	11	6	5	4	3
Custo de Todos os Geradores [€]	152 760,0	140 030,0	141 060,0	117 550,0	151 800,0	113 850,0

Tabela 35 - Consumos e Custos dos vários tipos de Geradores – Sistema de Armazenamento Total.

	Sistema de Armazenamento Total					
	Tipo de Gerador a Diesel					
	P110-3 (100%)		P250-5 (100%)		P400-3 (100%)	
	Jan	Mai	Jan	Mai	Jan	Mai
Consumo Diário de Fuel [l]	5 023,7	5 097,7	5 027,1	5 225,0	4 922,8	4 931,2
Custo Diário de Fuel [€]	5 139,2	5 214,9	5 142,7	5 345,2	5 036,0	5 044,6
Custo de 1 Gerador [€]	12 730,0		23 510,0		37 950,0	
Número de Geradores utilizados	11		5		3	
Custo de Todos os Geradores [€]	140 030,0		117 550,0		113 850,0	

No anexo 12 encontra-se as tabelas completas obtidas em excel dos consumos e dos custos dos vários tipos de geradores (para as diferentes cargas de operação).

Após o estudo dos três tipos de geradores sem sistema de armazenamento (tabela 34 e 35) e mais à frente com sistema de armazenamento, decidiu-se utilizar o gerador P400-3. Apesar de na tabela 34 o gerador P400-3 ter um custo de investimento e de consumo de fuel maior que o gerador P250-5, quando se insere um sistema de armazenamento de energia elétrica, verifica-se que o consumo de fuel do gerador P400-3 é menor que o do gerador P250-5. Este menor custo de fuel permite que o valor a mais investido nos equipamentos P400-3, em comparação com o P250-5, seja recuperado em menos de um ano.

No anexo 11, além de se apresentarem os consumos diários de energia elétrica na ilha, também são exibidas as tabelas de cálculo de consumo diário de fuel para as várias cargas do gerador P400-3 (utilizado).

Na figura 41 é apresentada uma imagem representativa do gerador a diesel selecionado.



Figura 41 - Gerador a Diesel P400-3.

Todas as características do gerador a diesel utilizado são apresentadas no anexo 13, exibindo-se em seguida as suas características principais nas tabelas 36 e 37.

Tabela 36 - Características Principais do Motor do Gerador a Diesel selecionado – P400-3.

	Marca e Modelo	Parâmetros	Valores
Motor	<i>Perkins 2206A-E13TAG2</i>	Potência Bruta do Motor (para 100% carga) [kW]	324,00
		Potência Líquida do Motor (inclui as perdas no veio) (para 100% carga) [kW]	305,00
		Velocidade do Motor [rpm]	1 500
		Consumo de Combustível a 1500 rpm (para 100% carga e $T_{ext} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$) [l/h]	68,60

Tabela 37 - Características Principais do Gerador - P400-3.

	Marca e Modelo	Parâmetros	Valores
Gerador	FG Wilson – FG29A280	Potência Ativa Máxima [kW]	280,00
		Potência Reativa Máxima [kVA]	350,00
		Fator de potência	0,80
		Frequência [Hz]	50
		Voltagem [V]	230/400
Poder Calorifico Inferior (PCI) do Combustível Diesel [kWh/kg]			11,83
Custo [€]			37 950,00
Número de Geradores Utilizados			4
Custo Total [€]			151 800,00

Na seleção do gerador a diesel foi essencial conhecer a frequência e a voltagem implementada na ilha *Pulau Ubin*. Visto que esta ilha pertence à cidade-Estado de Singapura, a frequência é de 50 Hz, a tensão de alimentação monofásica é 230 V e a tensão de alimentação trifásica é 400V [66]. A energia produzida pelos geradores a diesel irá ser distribuída na ilha em média tensão (10 – 30 kV). Com o auxílio de transformadores elevadores é possível proceder à distribuição, em média tensão, da energia elétrica desde a central de geração até aos clientes finais.

A partir do valor do consumo de combustível em l/h, da massa volúmica (0,846 kg/l) e do PCI do combustível (11,83 kWh/kg), obteu-se o valor da potência fornecida pelo combustível em kW através da multiplicação de todas as variáveis referidas. [67]

Os motores a diesel irão operar ao longo dos perfis típicos estipulados, logo, estarão sujeitos a variações de temperatura. Com a variação de temperatura na ilha *Pulau Ubin*, o consumo específico (CE) do combustível do motor também irá variar. A relação entre a variação de temperatura e a variação do CE é positiva, ou seja, à medida que a temperatura ambiente aumenta, o CE também aumenta. Após várias tentativas infrutíferas para obter, juntos dos fornecedores, os consumos do motor a uma temperatura exterior diferente de 25 °C (já dado no catálogo), optou-se por adotar uma aproximação ao caso em estudo. Esta aproximação foi realizada com base num trabalho final de mestrado [68], que consiste na análise do efeito de temperatura no processo de combustão de motores diesel, na Central de *Heladhanavi*, na cidade de *Puttalam* em *Sri Lanka*. Neste trabalho são dados alguns parâmetros de operação específicos acerca da variação de CE com a temperatura ambiente. Os dados utilizados basearam-se numa $T_{\text{ext}} = 25\text{ °C}$ (CE = 197 g/kWh) e $T_{\text{ext}} = 33\text{ °C}$ (CE = 200,69 g/kWh), o que permite concluir que um aumento de temperatura de 25 °C para 33 °C, contribui para um aumento de quase 2 % no CE dos motores a diesel. Este valor próximo de 2 % foi utilizado no caso em estudo para determinar o consumo de combustível a uma temperatura de 33 °C (a partir do consumo a 25 °C que já era dado no catálogo) [68]. O consumo de combustível para as restantes temperaturas foi obtido por interpolação entre o consumo a 25 °C e a 33 °C.

Caso haja necessidade de manutenção de um dos geradores utilizados, esta será realizada nos períodos em que não estão todos os geradores em operação (quando existe uma avaria de rápida reparação, pois tem-se tempo limitado para uma manutenção programada). Na eventualidade de uma avaria em que a reparação demore mais tempo, o fabricante, neste caso a *FG Wilson*, faculta a

substituição completa do gerador a diesel avariado por outro, enquanto se procede à reparação, e assim, a produção de energia diária não irá ser afetada.

4.4.7. Armazenamento de Energia Elétrica

Na satisfação das necessidades da ilha os geradores fornecem uma potência elétrica superior à potência elétrica total requerida em cada hora dos dias em estudo (1 de janeiro e 1 de maio), logo, haverá potência a ser fornecida em excesso. No cálculo da energia elétrica diária produzida pelos geradores e do consumo diário de energia elétrica na ilha, verifica-se que a energia elétrica diária desperdiçada é elevada. De maneira a otimizar o sistema a implementar, reduzindo a energia elétrica diária desperdiçada (excesso de energia elétrica produzida), decidiu-se utilizar um sistema de armazenamento de energia elétrica através de baterias. Este sistema não vai permitir apenas reduzir a energia elétrica diária desperdiçada, como também reduzir o consumo diário de combustível dos geradores a diesel. A energia que anteriormente seria desperdiçada agora será armazenada em baterias para uso posterior, logo, não é necessário ter tantos geradores em operação em certas horas do dia, reduzindo, assim, o consumo diário de combustível.

De seguida são apresentadas duas tabelas, a tabela 38 está relacionada com a variação dos valores diários de energia elétrica desperdiçada e do consumo de combustível quando se utiliza um sistema de armazenamento de energia elétrica. A tabela 39 contém os valores mínimos de capacidade que o sistema de armazenamento de energia elétrica requer para satisfazer todas as necessidades.

Tabela 38 - Energia Elétrica Diária Desperdiçada e Consumo Diário de Combustível com o uso do Sistema de Armazenamento de Energia Elétrica.

			Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Consumo Diário de Combustível [l]
SEM Armaz. de Energia Elétrica	Sistema de Armaz. Parcial	1 de Janeiro	3 292,7	5 201,2
		1 de Maio	2 514,9	5 000,4
	Sistema de Armaz. Total	1 de Janeiro	2 367,9	4 922,8
		1 de Maio	2 107,8	4 931,2
COM Armaz. de Energia Elétrica	Sistema de Armaz. Parcial	1 de Janeiro	492,7	4 507,8
		1 de Maio	554,9	4 514,6
	Sistema de Armaz. Total	1 de Janeiro	687,9	4 507,7
		1 de Maio	427,8	4 515,2

Tabela 39 - Capacidade Mínima do Sistema de Armazenamento de Energia Elétrica.

		Capacidade Mínima do Sistema de Armazenamento de Energia Elétrica [kWh]
Sistema de Armazenamento Parcial	1 de Janeiro	266,7
	1 de Maio	260,5
Sistema de Armazenamento Total	1 de Janeiro	272,3
	1 de Maio	272,6

Os cálculos de otimização do sistema (diminuição ao máximo da energia elétrica diária desperdiçada e do consumo diário de combustível), e tal como indicado na tabela 39, permitem determinar os valores de capacidade mínima para o SAEE de 266,7 kWh para o SAP e 272,6 kWh para o SAT.

O anexo 14 contém as tabelas completas destinadas ao cálculo das capacidades mínimas dos sistemas de armazenamento. Além destas tabelas, também se encontram os cálculos realizados do consumo diário de combustível e

da energia elétrica diária desperdiçada (quando se utiliza um sistema de armazenamento de baterias em conjunto com os geradores P400-3).

Com a obtenção dos valores de capacidade mínima necessários para o SAEE, procurou-se fabricantes que produzissem este tipo de sistemas. Com base nos diferentes valores obtidos para a capacidade mínima do SAEE, para ambos os sistemas (tabela 39), procurou-se selecionar um sistema com uma capacidade que cumprisse as necessidades de 266,7 kWh e 272,6 kWh. Depois de contactar várias empresas sobre características e preços dos sistemas pretendidos, as respostas obtidas foram poucas, no entanto, a *Rolls-Royce* foi das poucas empresas que forneceu as informações pretendidas, pelo que foi selecionada para a aquisição do sistema de armazenamento de energia elétrica. Do contacto com esta empresa resultou que a melhor solução a adotar para as necessidades referidas seria, um sistema com 355 kWh de capacidade nominal e 300 kVA de potência nominal aparente. A utilização de um sistema com esta capacidade permite que, caso haja alguma necessidade de armazenamento de uma quantidade de energia elétrica superior à calculada, tal seja possível até a um certo nível (355 kWh).

Em relação aos preços deste sistema, a *Rolls-Royce* informou que não os podia disponibilizar, no entanto, sugeriu que se considerasse um valor entre 300 €/kWh a 500 €/kWh para sistemas com 1.0 C rate (caso em estudo). Sistemas com 1.0 C rate significa que a corrente de descarga descarregará toda a bateria em 1 hora. Com base na informação recebida, considerou-se um preço de 400 €/kWh para o SAEE. Todas as baterias estão dentro de um contentor de modo a conservá-las da melhor forma, além das baterias, um sistema de gestão de baterias (*BMS – Battery Management System*) e um sistema de conversão de energia (*PCS – Power Conversion System*) estão incluídos no contentor. Um BMS é um sistema eletrónico que permite essencialmente proteger baterias recarregáveis, não deixando estas operarem fora da zona de segurança, monitorando sempre o seu estado. Um PCS tem como função converter a corrente alternada (AC) em corrente contínua (DC) para carregar as baterias, e posteriormente, converter corrente DC em corrente AC para fornecimento de energia elétrica.

A figura 42 é uma imagem representativa do sistema de armazenamento de energia elétrica selecionado.



Figura 42 - Sistema de Armazenamento de Energia Elétrica – Rolls-Royce MTU EnergyPack QS.

No anexo 15 estão exibidas as folhas técnicas dos sistemas de armazenamento utilizados. A tabela 40 apresenta as características principais deste sistema.

Tabela 40 - Características Principais do Sistema de Armazenamento de Energia Elétrica Selecionado.

Marca e Modelo	Parâmetros	Valores
Rolls-Royce MTU EnergyPack QS	Capacidade Nominal [kWh]	355,00
	Potência Aparente Nominal [kVA]	300,00
	Eficiência [%]	88,00
	Custo [€]	142 000,00
	Nº de Sistemas de Armazenamento de Energia Elétrica Utilizados	1
	Custo Total [€]	142 000,00

De modo a determinar a quantidade de energia armazenada que pode ser utilizada posteriormente, tem de ser considerada a eficiência do SAEE. Parte da energia armazenada não é recuperável devido à eficiência de todos os equipamentos que constituem o sistema que apresenta um rendimento de 88 %.

4.4.8. Torre de Arrefecimento para os *Chillers* de Compressão

A torre de arrefecimento é um equipamento fundamental para o bom funcionamento de todo o sistema pois tem como função retirar, através de água, o calor libertado nos condensadores dos *chillers* de compressão a vapor, promovendo, assim, o arrefecimento destes. No sistema de trigeriação que será abordado mais à frente, também vai ser necessário utilizar a água para captar o calor libertado pelo fluido de trabalho, tanto no absorvedor como no condensador (no *chiller* de absorção). Tudo isto é possível pois a torre de arrefecimento permite transferir o calor recebido pela água para a atmosfera.

No presente sistema é utilizada a recuperação total, no entanto, nem toda a energia que os *chillers* libertam é utilizada pelas bombas de calor. A energia que não é usada é libertada no condensador para um circuito de água que está conectado à torre de arrefecimento, que por sua vez, dissipa para o meio ambiente a energia absorvida pela água no condensador. A temperatura a que a água entra na torre de arrefecimento é de 45 °C e a temperatura a que sai é de 40 °C.

Com o auxílio da folha de excel realizaram-se tabelas, para os perfis de janeiro e de maio, com o objetivo de determinar qual o valor máximo de potência que terá que ser dissipada na torre de arrefecimento bem como a quantidade de água a arrefecer. Com estes dados é possível quantificar a capacidade mínima da torre de arrefecimento para cumprir as necessidades requeridas. A tabela 41 é uma tabela resumo dos cálculos realizados.

Tabela 41 - Capacidade Mínima requerida para a Torre de Arrefecimento.

		Potência Máxima de Arref. [kW]	Caudal Máx. de Água a Arrefecer [l/s]	Cap. Mínima da Torre de Arrefecimento [kW] / Caudal Máx. a Arrefecer [l/s]
Sistema de Armaz. Parcial	Janeiro	1 340,4	64,2	1 340,4 / 64,2
	Maio	1 092,1	52,3	
Sistema de Armaz. Total	Janeiro	953,1	45,7	1 092,1 / 52,3
	Maio	1 092,1	52,3	

As tabelas completas de excel utilizadas para o dimensionamento da torre de arrefecimento estão exibidas no anexo 16.

A torre de arrefecimento foi selecionada com recurso à empresa *Advanced Cooling Solutions* (ACS), vocacionada para a comercialização e assistência técnica de produtos na área de climatização, refrigeração e indústria. A ACS representa várias marcas tais como: *Baltimore Aircoil Company*, *Alfa Laval*, *Airedale* e *Danfoss Heating*.

Para que a empresa ACS conseguisse selecionar uma torre de arrefecimento que cumprisse com as necessidades da ilha, foi necessário fornecer a temperatura de bolbo húmido (TBH) do local de instalação (cidade-Estado de Singapura) e o

tipo de torre de arrefecimento (circuito aberto ou fechado) para além da potência máxima de arrefecimento e do caudal de água a arrefecer.

De modo a obter um valor médio de temperatura de bolbo húmido para o local de instalação do equipamento (cidade-Estado de Singapura), utilizou-se uma carta psicrométrica online. Com a carta, através dos inputs de temperatura de bolbo seco e de humidade relativa, foi possível obter o valor de temperatura de bolbo húmido para cada hora do dia (tanto no perfil de janeiro como no perfil de maio). Após ter os valores de temperatura de bolbo húmido para cada hora, calculou-se a média para ambos os perfis. O valor obtido para o perfil de janeiro foi de 24,97 °C e para o perfil de maio foi de 26,83 °C (anexo 3). Dos dois valores, foi considerado o caso mais desfavorável, ou seja, o valor de 26,83 °C, tendo-se considerado o valor de 27 °C para efeitos de dimensionamento.

Quanto ao tipo de torre de arrefecimento utilizada, optou-se por uma unidade do tipo circuito fechado. As torres de arrefecimento de circuito fechado permitem que o fluido fique completamente isolado da atmosfera, o que melhora a qualidade do fluido de processo relativamente às torres de arrefecimento de circuito aberto. Para além desta vantagem, a manutenção é menor e também fornece flexibilidade operacional (mantém uma melhor eficiência, devido às incrustações nos permutadores nas torres de arrefecimento de circuito aberto). A desvantagem deste sistema é que, normalmente, apresenta um custo inicial ligeiramente superior ao das torres de arrefecimento de circuito aberto. [69, 70]

A torre de arrefecimento sugerida pela ACS é uma torre de arrefecimento da *Baltimore Aircoil Company*. A figura 43 apresenta uma imagem representativa da torre selecionada.



Figura 43 - Torre de Arrefecimento FXVS.

Todas as características da torre são discriminadas no anexo 17, exibindo-se de seguida, as suas características principais na tabela 42.

Tabela 42 – Parâmetros Principais da Torre de Arrefecimento Seleccionada para os *Chillers* de Compressão.

Marca e Modelo	Parâmetros	Valores
<i>Baltimore Aircoil</i> <i>Company</i> FXVS 0809B-24T-K/P	Máxima Capacidade de Arrefecimento (@ 100% rpm) [kW]	1 426,00
	Caudal Máximo (@ 100% rpm) [l/s]	66,90
	Temperatura de Entrada da Água na Torre [°C]	45
	Temperatura de Saída da Água na Torre [°C]	40
	Temperatura de Bolbo Húmido na ilha [°C]	27
	Custo [€]	44 209,00
	Nº de Torres de Arrefecimento Utilizadas	1
	Custo Total [€]	44 209,00

4.5. Sistema de Trigeração

Após serem implementados os sistemas base do trabalho, é necessário realizar agora um estudo de custos e consumos do novo sistema que irá ser utilizado. Este sistema irá aplicar tecnologias de trigeração, utilizando um equipamento que aproveitará o calor desperdiçado (nos sistemas base) para produzir frio.

Da pesquisa realizada, verificou-se que de todas as tecnologias apresentadas na parte teórica deste trabalho, o *chiller* de absorção é das tecnologias mais utilizadas na indústria e, conseqüentemente, será a aplicada no presente trabalho.

O sistema de trigeração irá aproveitar o calor libertado nos gases de exaustão e no sistema de refrigeração dos geradores a diesel. O calor dos gases de exaustão libertado a alta temperatura (573 °C) irá aquecer o circuito de água que será a fonte de energia do *chiller* de absorção (através da libertação de calor no gerador do *chiller*). Em relação ao aproveitamento de calor nos circuitos de refrigeração dos motores a diesel, este será utilizado para a produção de AQS a uma temperatura de 80 °C. A quantidade de energia dos gases de exaustão não aproveitada será dissipada para a atmosfera.

Dado o que foi dito, é possível reduzir o número de horas de operação dos *chillers* de compressão e das bombas de calor, o que implica uma redução do consumo diário de energia elétrica e, conseqüentemente, do consumo diário de combustível dos geradores a diesel.

Como já referido na parte teórica, para além da divisão dos *chillers* de absorção em efeito simples ou duplo efeito, estes também são divididos pela forma como recebem o calor no seu acionamento. O fornecimento de calor ao gerador do *chiller* de absorção pode ser realizado por água quente, vapor (alta e baixa pressão) e gases de exaustão.

De modo a ter uma visualização facilitada de todo o sistema de trigeriação, foi realizado um esquema de princípio de instalação que é apresentado em seguida.

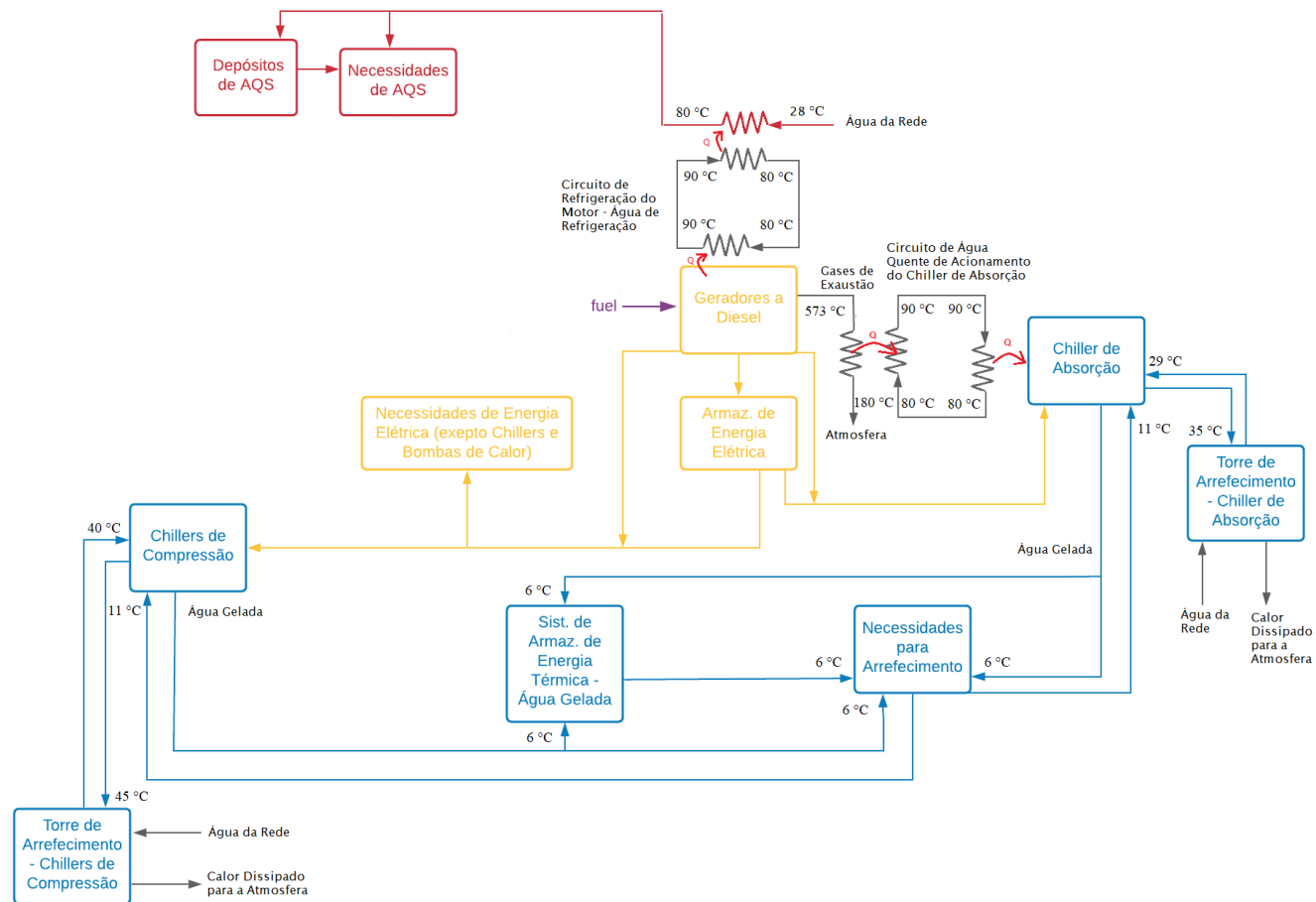


Figura 44 - Esquema de Princípio de Instalação do Sistema Triggersação .

4.5.1. Chiller de Absorção

Na seleção do *chiller* de absorção a utilizar para o sistema de trigerção em estudo, teve-se em consideração (i) se é de efeito simples ou duplo, (ii) a fonte de calor que permite acionar o *chiller* de absorção e (iii) o fluido de trabalho. A escolha recaiu num *chiller* de efeito simples acionado por água quente, tendo como fluido de trabalho a solução de brometo de lítio/água. Esta escolha é justificada pelo facto de a utilização de água quente a baixa temperatura (os *chillers* de efeito simples permitem utilizar água quente a menor temperatura que os de duplo efeito) possibilitar um uso potencial de fontes de energias renováveis. Visto que o caso de estudo é situado numa ilha tropical, com a opção tomada de utilização deste tipo de *chillers*, uma inserção, no futuro, de coletores solares no sistema para aquecer a água (que irá fornecer calor ao gerador do *chiller* de absorção), poderia ser uma opção. Optou-se pela utilização de uma solução de brometo de lítio em água (com diferentes concentrações), uma vez que esta permite obter um COP mais elevado em relação às misturas de amoníaco e água.

Tendo por base o catálogo da *Carrier*, selecionou-se o *chiller* de menor capacidade (menor custo) em que a temperatura requerida de água quente também fosse a menor em relação aos outros *chillers*. Assim, caso no futuro se utilize coletores solares, a quantidade de energia solar requerida para aquecer a água será menor.

Dado o que foi dito, optou-se pelo modelo 16 LJ-A11 que permite produzir 264 kW de frio utilizando 339 kW de calor. A fonte externa de água quente entra no gerador do *chiller* a uma temperatura de 90°C e sai a uma temperatura de 80°C.

Na figura 45 é apresentada uma imagem representativa do *chiller* de absorção selecionado.

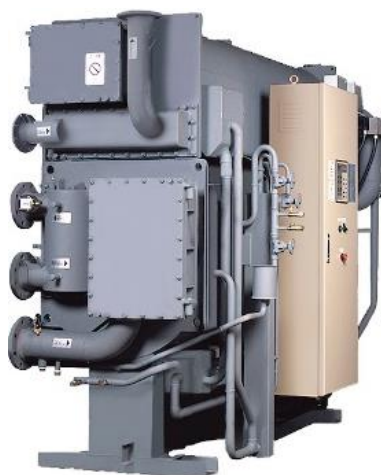


Figura 45 - *Chiller* de Absorção 16LJ-A11.

Todas as características do equipamento são descritas no anexo 18, exibindo-se as suas características principais na tabela 43.

Tabela 43 - Características Principais do *Chiller* de Absorção selecionado.

Marca e Modelo	Parâmetros	Valores
Carrier 16LJ-A11	Potência de Arrefecimento ($T_{ent}=11^{\circ}\text{C}$, $T_s=6^{\circ}\text{C}$) [kW]	264,00
	Potência de Aquecimento Necessária no Gerador do <i>Chiller</i> [kW]	339,00
	COP	0,78
	Custo [€]	100 000,00
	Nº de <i>Chillers</i> Utilizados	1
	Custo Total [€]	100 000,00

No presente sistema, caso haja necessidade de realizar manutenção do *chiller*, o fabricante *Carrier* faculta a substituição completa do *chiller* avariado por outro, enquanto, se procede à reparação sem afetar a produção de energia diária.

4.5.2. Permutador de Calor para Recuperação de Energia dos GE

A recuperação de energia dos gases de exaustão vinda dos motores a diesel é conseguida com a utilização de permutadores de calor. O presente permutador de calor terá como função a troca de calor entre os GE (de todos os motores) e o circuito de água quente (este circuito irá fornecer calor ao gerador do *chiller* de absorção).

Através da consulta de vários artigos notou-se que a potência libertada nos gases de exaustão ronda os 30 % da potência de combustível utilizada, logo, foi considerado este valor para a potência libertada pelos gases de exaustão. [71, 72]

Antes de proceder aos cálculos do dimensionamento do permutador de calor, foi necessário determinar as temperaturas de entrada e de saída dos diferentes fluidos no permutador, exibindo-se de seguida na tabela 44 todas as temperaturas consideradas.

Tabela 44 – Temperatura dos fluidos no Permutador de Calor para Recuperação de Energia dos GE.

Permutador	Fluido	Temperatura de Entrada [° C]	Temperatura de Saída [° C]
Permutador para o chiller de absorção	Gases de Exaustão	573	180
	Água do Circuito de Água Quente	80	90

Relativamente à tabela 44, a temperatura de entrada dos gases de exaustão (573 ° C) é a que se obtém quando os motores a diesel operam a 100% de carga. Os gases de exaustão são formados por várias substâncias tais como azoto (N₂), monóxido de carbono (CO), óxidos de azoto (NO_x), dióxido de carbono (CO₂), vapor de água (H₂O), etc... Quando a temperatura dos gases de escape desce abaixo do ponto de orvalho, ácido nítrico, ácido sulfúrico e ácidos orgânicos são formados. Tanto o ácido nítrico como o ácido sulfúrico são muito corrosivos, por outro lado, os ácidos orgânicos são menos corrosivos. [73] A temperatura de 180 °C foi a considerada para a temperatura de saída dos gases de exaustão, tendo como objetivo que estes não atinjam o ponto de orvalho, o que poderia acarretar condensação de ácidos e provocar algum tipo de dano. O valor de 180 °C permite ter uma certa margem em relação ao ponto de orvalho dos gases de exaustão (que é da ordem dos 170 °C). [74]

As temperaturas do circuito de água quente (80 °C na entrada e 90 °C na saída) referem-se às condições nominais do *chiller* de absorção selecionado a nível do gerador (anexo 18).

Tal como no permutador da bomba de calor também se procedeu ao dimensionamento deste permutador, tendo sido calculado a eficiência, o caudal máximo e a área mínima de transferência (anexo 19). Com base em pesquisa conclui-se que os permutadores tubulares (*Shell & Tube*) são aqueles, normalmente, utilizados no aproveitamento de energia dos gases de exaustão, tendo-se optado por este tipo de permutadores. Dado que o permutador que será selecionado não tem informações relativamente ao valor do coeficiente geral de transferência de calor, utilizou-se a média dos valores no intervalo dado pela *Engineering ToolBox* (200 a 400 W/(m².K)). Este intervalo abrange permutadores de calor *Shell & Tube* em que a troca de energia é realizada entre um líquido e um

gás a alta pressão. O valor utilizado para o coeficiente geral de transferência de calor foi de $300 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$. [62] Na tabela 45 estão apresentados os resultados obtidos para o dimensionamento do permutador calor.

Tabela 45 – Condições Mínimas dos Permutadores de Calor (GE – Circuito de Água a Alta Temp.).

Parâmetros	Permutador para acionamento do <i>chiller</i> de absorção
Eficiência [%]	79,72
Caudal mínimo que tem de atravessar o permutador [m^3/h]	2,70
Área mínima de transferência de calor do permutador [m^2]	4,65

Após realizar todos os cálculos procurou-se seleccionar permutadores e, posteriormente, contactar os seus fabricantes com o intuito de determinar o seu custo, tendo-se revelado infrutíferas as várias tentativas de contacto.

Por forma a conseguir seleccionar um permutador foi aproveitado o exemplo do permutador utilizado no relatório final *Capture of Heat Energy from Diesel Engine Exhaust* [75]. As condições de temperatura do relatório final são semelhantes ao caso em estudo e o permutador considerado no relatório também consegue satisfazer as necessidades apresentadas na tabela 45. Na tabela 46 [75] são apresentadas as características deste permutador.

Tabela 46 - Especificações do Permutador Tubular (*Shell and Tube*) utilizado.

Parâmetros	Valores
Fluido do lado do Corpo Tubular	Gás
Fluido do Lado dos Tubos	Líquido
Queda de Pressão do Gás [Pa]	2 137,40
Área de Transferência de Calor [m ²]	8,08
Tamanho [m]	1,30 x 0,71 x 0,71
Material de Construção	Tubos: Tubo fino de Aço Inoxidável Corpo Tubular: Parede Interna de Aço Inoxidável
Custo [€]	8 253,08
Nº de Permutadores Utilizados	1
Custo Total [€]	8 253,08

4.5.3. Permutador de Calor para Recuperação de Energia dos Circuitos de Refrigeração dos Motores

Para além da recuperação de calor nos GE para a produção de frio, também se procedeu ao aproveitamento de calor nos circuitos de refrigeração dos geradores a diesel para a produção de AQS, otimizando, assim, o sistema de trigeração.

O sistema de arrefecimento do motor é conseguido através de água e óleo, sendo o calor rejeitado (motor a 100% de carga) de 113,5 kW. Apesar deste valor representar o calor rejeitado para a água e para o óleo, considerou-se que a recuperação de calor do circuito de água de refrigeração do motor será o valor total (a potência de arrefecimento do óleo é relativamente pequena, logo, foi desconsiderada).

Em relação à temperatura de saída da água do circuito de refrigeração do motor, considerou-se um valor típico de 90 °C, tendo uma variação de temperatura de 10 °C quando troca calor com a água da rede para a produção de AQS. Devido à temperatura da água do circuito de refrigeração é possível produzir AQS a uma temperatura de 70 °C a 80 °C, tendo-se optado por um valor de 80 °C. Na tabela 47 resume-se as temperaturas de entrada e de saída destes fluidos no permutador de calor.

Tabela 47 – Temperatura dos fluidos no Permutador de Calor para Recuperação de Energia do Circuito de Refrigeração dos Motores.

Permutador	Fluido	Temperatura de Entrada [° C]	Temperatura de Saída [° C]
Permutador para produzir AQS	Água de Refrigeração do Motor	90	80
	Água da Rede	28	80

Será utilizado um permutador de placas em contracorrente devido à sua elevada eficiência. Como não se dispõe do valor do coeficiente geral de transferência de calor para o permutador selecionado utilizou-se a média no intervalo dado pela *Engineering ToolBox* (1 000 a 4 000 W/(m².K)), que abrange permutadores de calor de placas em que a troca de energia é realizada entre dois líquidos (caso em estudo). O valor utilizado para o coeficiente geral de transferência de calor foi de 2 500 W/(m².K). [62] Na tabela 48 estão apresentados os resultados obtidos para o dimensionamento do permutador.

Tabela 48 – Condições Mínimas do Permutador de Calor para Recuperação de Energia do Circuito de Refrigeração dos Motores.

Parâmetros	Permutador para recuperação de calor dos circuitos de refrigeração dos motores
Eficiência [%]	83,87
Caudal Mínimo que tem que atravessar no Permutador [m ³ /h]	8,12
Área Mínima de Transferência de Calor do Permutador [m ²]	1,49

A satisfação das necessidades de AQS em todas as horas dos perfis de consumo (janeiro e maio) é conseguida apenas com a recuperação de calor dos circuitos de refrigeração dos motores, não sendo necessário a utilização de BCs. Visto que se utiliza quatro geradores a diesel procedeu-se à utilização de quatro permutadores. Com base nos cálculos (anexo 20), o máximo de calor trocado em cada permutador é de 94,6 kW.

Tal como no permutador de calor utilizado no sistema de referência para a produção de AQS, neste também se utilizou o site da *Reflex Winkelmann* [63] para o dimensionamento. A figura 46 (adaptada de [63]) apresenta os dados e os resultados obtidos no site.

Enter system data

Which type should be selected? Heat Exchanger ☒ brazed ☐ gasketed

What thermal power should be transferred? Heat Load (Q) kW

System Parameters	Side 1	Side 2
Fluid	Water	Water
Concentration	100.0 %	100.0 %
Inlet Temperature	90.0 °C	28.0 °C
Outlet Temperature	80.0 °C	80.0 °C
Mass Flow	2.26 kg/s	0.43 kg/s
Volume Flow	8.39 m³/h	1.58 m³/h
max. Pressure Drop	25.0 kPa	25.0 kPa
min. Oversize	0 %	

Calculate Result

Results

Article No.	Short Term / Article-ID	PriceIndex	Heat Transfer Area	Calc. Press. Drop - Side 1	Calc. Press. Drop - Side 2	Calc. Oversize
☒ 8023600	RMB-31-60-P30	100 %	1.78 m²	22.52 kPa	0.94 kPa	74.16 %
☐ 8013300	RMB-31-70-P30	121 %	2.08 m²	18.78 kPa	0.79 kPa	84.65 %
☐ 8012400	RHB-31-80-P30	136 %	2.63 m²	22.59 kPa	0.93 kPa	218.93 %
☐ 8013400	RMB-31-80-P30	136 %	2.39 m²	16.48 kPa	0.69 kPa	94.02 %
☐ 8013500	RMB-31-90-P30	148 %	2.70 m²	15.01 kPa	0.62 kPa	102.52 %

Product info

Figura 46 - Seleção do Permutador (Água da Rede – Água de Refrigeração do Motor).

O permutador de calor selecionado (figura 46) foi o RMB-31-60.

A figura 47 apresenta uma imagem representativa do permutador selecionado.



Figura 47 - Permutador de Calor RMB-31-60.

Todas as características do permutador são apresentadas no anexo 21, exibindo-se na tabela 49 as suas características principais.

Tabela 49 - Especificações do Permutador de Placas RMB-31-60 utilizado.

RMB-31-60	Parâmetros	Valores
	Número de Placas	60
	Altura do Permutador [mm]	286
	Largura do Permutador [mm]	123
	Comprimento do Permutador [mm]	151
	Temperatura Máxima de Operação [°C]	230
	Pressão Máxima de Operação [bar]	30
	Custo [€]	450
	Número de Permutadores Utilizados	4
	Custo Total [€]	1 800

4.5.4. Torre de Arrefecimento para o *Chiller* de Absorção

A água de arrefecimento do *chiller* de absorção tem como função arrefecer o condensador e o absorvedor, entrando no sistema a 29 °C e saindo a 35 °C. Como esta gama de temperatura é distinta da que a utilizada na água de arrefecimento do condensador do *chiller* de compressão a vapor (água entra a 40 °C e sai a 45 °C), optou-se pela utilização de duas torres de arrefecimento, uma para os *chillers* de compressão e outra para o *chiller* de absorção.

Com o auxílio da folha de excel elaboraram-se tabelas, para os perfis de janeiro e de maio, com o objetivo de determinar qual o valor máximo de potência que terá que ser dissipada pelas torres de arrefecimento e a respetiva quantidade de água a arrefecer. Com base nestes dados é possível determinar o mínimo de capacidade que as torres de arrefecimento terão que apresentar para cumprir as necessidades requeridas. Na tabela 50 é apresentado um resumo dos cálculos realizados.

Tabela 50 - Capacidade Mínima requerida para as Torres de Arrefecimento.

		Potência Máxima de Arref. [kW]	Caudal Máximo a Arrefecer [l/s]	Cap. Mínima da Torre de Arref. [kW] / Caudal Máximo a Arrefecer [l/s]
Torre para os <i>Chillers</i> de Compressão	Jan	1 386,6	66,4	1 386,6 / 66,4
	Mai	1 325,2	63,5	
Torre para o <i>Chiller</i> de Absorção	Jan	603,0	24,1	603,0 / 24,1
	Mai	603,0	24,1	

Com base nos valores de capacidade requerida para a torre de arrefecimento dos *chillers* de compressão (tabela 50), a torre utilizada nos sistemas base será a mesma que no sistema de trigeriação, sendo, no entanto, imprescindível acrescentar neste sistema uma torre de arrefecimento para o *chiller* de absorção.

As tabelas completas de excel utilizadas para o dimensionamento das torres de arrefecimento do sistema de trigeriação estão exibidas no anexo 22.

A torre de arrefecimento sugerida pela ACS para o *chiller* de absorção é proveniente da *Baltimore Aircoil Company*, cujas características detalhadas se apresentam no anexo 23, exibindo-se as suas caraterísticas principais na tabela 51.

Tabela 51 - Parâmetros Principais da Torre de Arrefecimento Seleccionada para o *Chiller* de Absorção.

Marca e Modelo	Parâmetros	Valores
<i>Baltimore Aircoil Company</i> FXVS 1212C-24D-O/X	Máxima Capacidade de Arrefecimento (@ 100% rpm) [kW]	673,00
	Caudal Máximo (@ 100% rpm) [l/s]	26,80
	Temperatura de Entrada da Água na Torre [°C]	35
	Temperatura de Saída da Água na Torre [°C]	29
	Temperatura de Bolbo Húmido na ilha [°C]	27
	Custo [€]	72 299,00
	Nº de Torres de Arrefecimento Utilizadas	1
	Custo Total [€]	72 299,00

Um dos cuidados necessários nos circuitos de água das torres de arrefecimento é evitar a sobrevivência e a proliferação da bactéria *Legionella*, que pode sobreviver e multiplicar-se numa gama de temperaturas entre 20 °C e 45 °C. [76] A *Legionella* transmite-se por via respiratória (inalação de gotículas de água contaminadas com a bactéria) e pode levar à morte. De modo a evitar a existência da bactéria é necessário haver controlos regulares às torres de arrefecimento.

4.5.5. Equipamentos Utilizados

A inserção do *chiller* de absorção teve como objetivo e como já referido, a redução do consumo diário de combustível dos geradores a diesel (através da redução de horas de operação dos *chillers* de compressão e das bombas de calor). O objetivo estipulado para o sistema de trigerção, após a sua implementação, consiste na redução de consumo diário de combustível entre os 5 % e 10 % relativamente aos sistemas base. Os resultados obtidos dos cálculos para os vários sistemas estão resumidos na tabela 52.

Tabela 52 - Comparação das Capacidades dos Equipamentos para os Diferentes tipos de Sistemas

Sistema	Armazenamento Total		Armazenamento Parcial		Trigeração	
	Jan	Mai	Jan	Mai	Jan	Mai
Consumo de Combustível [l/dia]	4 507,7	4 515,2	4 507,8	4 514,6	4 230,9	4 167,6
Redução de Combustível relativamente aos sistemas base [%]	6,14	7,70	6,14	7,69	-	
Capacidade Mínima do depósito de AQS [l]	7 282,9	6 240,3	8 896,1	6 564,7	3 969,8	2 894,7
Capacidade Mínima do Sistema de Armazenamento de Energia Térmica de Água Fria [l]	346 252,2	365 804,0	301 353,1	365 804,0	424 292,7	357 486,2
Capacidade Mínima do Sistema de Armazenamento de Energia Elétrica [kWh]	272,3	272,6	266,7	260,5	963,3	811,1
Capacidade Mínima da Torre de Arrefecimento para os <i>Chillers</i> de Compressão [kW]	953,1	1 092,1	1 340,4	1 092,1	1 386,6	1 325,2
Capacidade Mínima da Torre de Arrefecimento para o <i>Chiller</i> de Absorção [kW]	-				603,0	603,0

Obtidos os resultados, é possível verificar na tabela 52 que o objetivo de redução de consumo diário de combustível no intervalo de 5 % a 10 % foi cumprido (6,14 % de redução no perfil de janeiro relativamente aos dois sistemas de referência; 7,70 % e 7,69 % de redução no perfil de maio em relação ao SAT e SAP, respetivamente).

Em relação aos equipamentos, observa-se nas células realçadas (tabela 52) a capacidade mínima que cada equipamento requer para cada tipo de sistema.

No armazenamento de água quente os depósitos utilizados no sistema de trigeriação serão os mesmos que no SAT.

Relativamente aos sistemas de armazenamento de água fria, no sistema de trigeriação terá de ser utilizado um sistema com capacidade de armazenamento de 500 m³, o que corresponde a um investimento estimado de 130 000 €. A figura 48 (adaptada de [61]) permite obter todos os dados necessários para determinar o investimento estimado para o SAET.

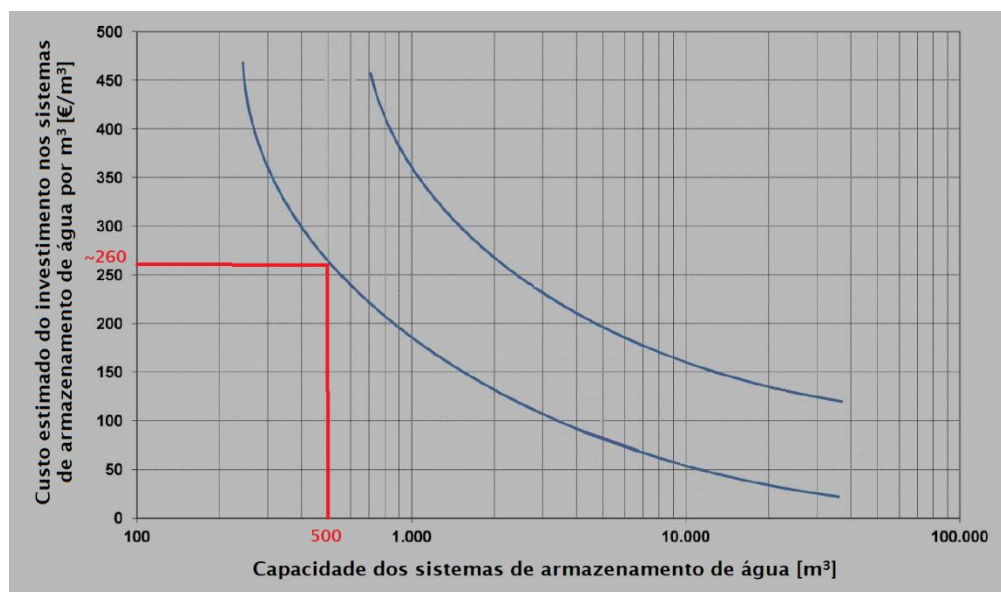


Figura 48 - Investimento estimado para SAET de 500 m³ de volume.

No armazenamento de energia elétrica serão necessários equipamentos de maior capacidade para o sistema de trigeriação. Optou-se pela utilização de três sistemas de armazenamento de energia elétrica, cujos equipamentos são semelhantes aos utilizados nos sistemas base. Além da torre de arrefecimento para o *chiller* de compressão a vapor que se mantém, será necessário acrescentar outra torre de arrefecimento para o *chiller* de absorção, o que acarretará um custo extra.

Todos os cálculos realizados para a obtenção do sistema de trigeriação estão patentes no anexo 24.

5. Análise Económica

O estudo de viabilidade técnico-económica de um projeto é fulcral e deverá sempre ser realizado no final, tendo como objetivo estimar o comportamento financeiro que o projeto irá proporcionar ao investidor.

Para o caso em estudo é necessário estipular certos valores relacionados com o projeto de trigeriação que irão ser necessários para os cálculos dos parâmetros económicos, sendo estes apresentados mais à frente na dissertação.

Um dos valores a estipular é a vida útil do projeto. Após diversas pesquisas, verificou-se que para este tipo de projetos (centrais de cogeração e de trigeriação) a vida útil ronda os 15 e 20 anos, tendo sido considerado uma vida útil de 20 anos.

Outra variável a ter em atenção é a taxa de atualização que consiste na taxa de juro utilizada para determinar o valor presente dos fluxos de caixa (*Cash flows*) futuros, através, de uma análise de fluxo de caixa atualizado. Esta análise ajuda a determinar se os fluxos de caixa futuros de um projeto ou investimento valerão mais do que o investimento inicial. O seu valor é dado em percentagem, valores pertos de 5 % são usados para investimentos não arriscados, enquanto, valores perto de 10 % são utilizados para investimentos arriscados. Para o projeto em questão foi utilizado um valor de 10 %.

De seguida são exibidas todas as considerações realizadas ao longo do estudo da viabilidade técnico-económica:

- A vida útil do projeto é de 20 anos;
- Os preços utilizados não variam ao longo do período de análise;
- A procura de energia elétrica e térmica será a mesma ao longo dos anos;
- Taxa de atualização de 10 %.

5.1. Parâmetros Energéticos

Os parâmetros energéticos baseiam-se nos rendimentos dos sistemas (rendimento térmico e elétrico) e na poupança de combustível que é conseguida com a utilização do sistema de trigeriação. Os valores dos rendimentos que serão apresentados são diários, enquanto, que os valores de consumo de combustível são anuais.

5.1.1. Rendimento Térmico

O rendimento térmico (η_T) é definido como o quociente entre a energia térmica diária produzida (ETDP) com a energia diária fornecida pelo combustível (EDFC).

$$\eta_T = \frac{ETDP}{EDFC} \quad (9)$$

ETDP – Energia Térmica Diária Produzida [kWh]

EDFC – Energia Diária Fornecida pelo Combustível [kWh]

η_T – Rendimento Térmico [%]

Na tabela 53 são expostos os valores de ETDP, de EDFC e de rendimento térmico para os vários sistemas.

Tabela 53 - Rendimento Térmico nos vários Sistemas.

	Energia Térmica Diária Produzida [kWh]		Energia Diária Fornecida pelo Combustível [kWh]		Rendimento Térmico [%]	
	Janeiro	Maio	Janeiro	Maio	Janeiro	Maio
Sistema Parcial	20 593,38	23 596,56	45 115,15	45 182,67	45,65	52,22
Sistema Total	21 313,96	23 993,44	45 113,55	45 189,10	47,25	53,10
Sistema Trigeração	20 987,14	23 982,48	42 343,19	41 709,67	49,56	57,50

5.1.2. Rendimento Elétrico

O rendimento elétrico (η_E) é definido como o quociente entre a energia elétrica diária produzida (EEDP) com a EDFC.

$$\eta_E = \frac{EEDP}{EDFC} \quad (10)$$

EEDP – Energia Elétrica Diária Produzida [kWh]

η_E – Rendimento Elétrico [%]

Na tabela 54 são exibidos os valores de EEDP, de EDFC e de rendimento elétrica para os vários sistemas.

Tabela 54 - Rendimento Elétrico nos vários Sistemas.

	Energia Elétrica Diária Produzida [kWh]		Energia Diária Fornecida pelo Combustível [kWh]		Rendimento Elétrico [%]	
	Janeiro	Maio	Janeiro	Maio	Janeiro	Maio
Sistema Parcial	18 200,00	18 200,00	45 115,15	45 182,67	40,34	40,28
Sistema Total	18 200,00	18 200,00	45 113,55	45 189,10	40,34	40,28
Sistema Trigeração	17 080,00	16 800,00	42 343,19	41 709,67	40,34	40,28

5.1.3. Poupança no Consumo de Combustível

Na implementação do sistema de trigeração estipulou-se logo que um dos objetivos seria a redução de cerca de 5% a 10% no consumo diário de combustível. De acordo com a tabela 52 verifica-se que a redução de consumo de combustível foi cerca de 6,14 % e 7,70 % para o perfil de janeiro e maio, respetivamente.

No cálculo da poupança anual de combustível foi necessário determinar os perfis de consumo em cada mês do ano. No artigo [51] utilizado para obter o perfil de consumo no mês de janeiro e para calcular o perfil de consumo no mês de maio, verifica-se que o consumo médio horário de energia em cada mês ao longo do ano, tem pouca variação. Devido a esta pequena variação realizou-se uma aproximação no consumo de combustível para os restantes meses da seguinte forma:

- Calculou-se o consumo médio horário de energia total em cada mês (2ª coluna da tabela 55).
- Determinou-se a variação dos valores de consumo entre o mês de janeiro e os restantes meses (excepto maio) do ano (3ª coluna da tabela 55).
- Determinou-se a variação dos valores de consumo entre o mês de maio e os restantes meses (excepto janeiro) do ano (4ª coluna da tabela 55).
- Para cada mês (excepto janeiro e maio) são obtidos dois valores absolutos (3ª e 4ª coluna da tabela 55). Caso o valor da 3ª coluna (variação com o mês de janeiro) seja menor que o da 4ª coluna

(variação com o mês de maio), o perfil de consumo de combustível considerado para esse mês é o perfil de janeiro. Caso contrário, o perfil de consumo de combustível a considerar é o perfil de maio.

Na tabela 55 apresentam-se as variações de consumo médio horário de energia, estando preenchido a verde os valores de menor variação.

Tabela 55 - Variações do Consumo Médio Horário de Energia Total em cada Mês.

Perfis de Consumo	Consumo Médio Horário de Energia Total em cada Mês [kWh]	Variação de valores em comparação com Janeiro - Valor Absoluto [kWh]	Variação de valores em comparação com Maio - Valor Absoluto [kWh]
Jan	1 005,88		
Mai	1 064,71		
Fev	941,17	64,71	123,54
Mar	1 052,95	47,07	11,76
Abr	1 041,17	35,29	23,54
Jun	1 052,94	47,06	11,77
Jul	1 055,89	50,01	8,82
Ago	1 047,07	41,19	17,64
Set	994,11	11,77	70,60
Out	1 047,07	41,19	17,64
Nov	988,23	17,65	76,48
Dez	1 000,01	5,87	64,70

Com base na tabela 55 o consumo de combustível no perfil de janeiro vai ser associado a mais 4 meses do ano (fevereiro, setembro, novembro e dezembro), ao passo que, os restantes meses terão o consumo de combustível do perfil de maio.

Considerando que o consumo diário de combustível (em cada mês do ano) não varia de dia para dia no mesmo mês, foi calculado os valores de consumo de combustível por ano nos três sistemas, SAP, SAP e trigeriação. Estes cálculos são apresentados no anexo 25, resumindo-se na tabela 56 os valores obtidos para o consumo de combustível por ano em cada sistema.

Tabela 56 - Consumo de Combustível por ano em cada Sistema.

Sistemas	Consumo de Combustível por ano [l/ano]
Sistema Parcial	1 651 314,88
Sistema Total	1 651 430,47
Sistema Trigeração	1 534 885,26

5.2. Parâmetros Económicos

Com base nos parâmetros energéticos é possível proceder-se ao cálculo dos parâmetros económicos do projeto. Os parâmetros económicos abrangem o valor atual líquido (VAL) do projeto, o período de retorno de investimento (PRI) e a taxa interna de rentabilidade (TIR). De acordo com estes valores, consegue-se perceber o comportamento do investimento realizado no presente projeto. Tal como já referido anteriormente, a vida útil do projeto é de 20 anos, realizando-se a amortização do investimento no mesmo período temporal.

Todos os parâmetros económicos mencionados só conseguem ser calculados após conhecimento dos custos associados aos sistemas.

5.2.1. Custos Associados

De modo a realizar uma análise económica é necessário conhecer todos os custos associados aos sistemas (SAP, SAT e trigeração) em estudo. Todos os cálculos dos custos para cada sistema estão apresentados no anexo 25.

Custos de Equipamentos

Os custos totais de equipamentos associados aos três sistemas são diferentes devido ao tipo/número de equipamentos utilizados em cada um. A obtenção destes custos foi conseguida através do contacto com várias empresas, tal como referido nos capítulos 4.4 e 4.5. Os custos totais de equipamentos estão referidos na tabela 57.

Tabela 57 - Custos Totais de Equipamentos dos vários Sistemas.

	Custo Totais de Equipamentos [€]
Sistema Parcial	649 425,00
Sistema Total	609 689,00
Sistema Trigeração	1 092 343,08

Custos de Equipamentos Acessórios

Para além dos equipamentos principais de produção de energia (*chillers*, BCs e geradores a diesel), existem equipamentos acessórios que não foram dimensionados e que representam um determinado custo no sistema.

O termo BOP (*Balance Of Plant*) é geralmente utilizado nas centrais para identificar todos os sistemas e componentes auxiliares necessários para o transporte de energia.

Relativamente à rede elétrica são utilizados vários componentes auxiliares, como por exemplo transformadores, disjuntores e comutadores. Os equipamentos pertencentes à parte elétrica têm como função proteger todo o sistema de, por exemplo, sobrecargas e curtos circuitos. Assim, é possível usufruir de uma grande segurança na rede elétrica da central. Outros equipamentos que seriam incluídos no termo de BOP seriam, por exemplo, bombas de circulação de água, válvulas, tubagem não pertencente ao sistema principal, etc. [77]

Após diversas pesquisas não se encontrou nenhum valor plausível de ser utilizado para o custo dos equipamentos acessórios (dos *chillers* e BCs). Dada a dificuldade de obter valores, foi utilizado um custo estimado que ascende a 20 % dos custos dos equipamentos principais (*chillers* e BCs).

Em relação aos custos dos equipamentos acessórios para os geradores a diesel, foi possível encontrar informações num manual de energia sustentável que utiliza um valor de 700 USD/(kW_{instalado}) ~ 591,88 €/ (kW_{instalado}) para os geradores a diesel. [78] Os custos obtidos para os equipamentos acessórios são exibidos na tabela 58.

Tabela 58 - Custos Totais dos Equipamentos Acessórios.

	Custos Totais dos Equipamentos Acessórios [€]
Sistema Parcial	698 357,02
Sistema Total	532 631,97
Sistema Trigeração	712 902,62

Custos de Transporte

Quando a compra de equipamentos é realizada fora do país em que o sistema vai ser implementado, irá existir um custo adicional relacionado com o transporte destes para o local de instalação. Visto que a maioria dos equipamentos utilizados nos sistemas apresentados (excepto os depósitos de AQS e os permutadores de calor de placas) podem ser adquiridos numa filial, do respetivo fornecedor

instalada em Singapura, os custos de transporte irão ser reduzidos. Assim, considerou-se que os fornecedores são os responsáveis pelo custo de transporte e seguro da carga até ao local de instalação. Consequentemente, os custos de transporte e seguro não foram contabilizados na análise económica.

Custos do Consumo de Combustível

Os custos do consumo de combustível por ano em cada sistema foram calculados através dos valores apresentados na tabela 56 e o custo de combustível por litro em Singapura (1,023 €/litro – valor de 14 de Dezembro de 2020). [65] Na tabela 59 são referidos os custos do consumo de combustível de todos os sistemas.

Tabela 59 – Custos do Consumo de Combustível dos vários Sistemas.

	Custos do Consumo de Combustível [€/ano]
Sistema Parcial	1 689 295,12
Sistema Total	1 689 413,37
Sistema Trigeração	1 570 187,62

Custos de Manutenção dos Equipamentos

Outros tipos de custos que têm de ser incluído no presente trabalho são os custos de manutenção dos equipamentos, estes são contabilizados durante o ano.

Através de pesquisas [79] e diálogo com os orientadores, apresentam-se os seguintes valores utilizados para o custo de manutenção de cada equipamento:

- 0,015 €/kWh para os geradores a diesel.
- 0,006 €/kWh para os *chillers* de compressão a vapor;
- 0,010 €/kWh para as bombas de calor;
- 0,002 €/kWh para o *chiller* de absorção;

Com base nos valores supracitados e na produção de cada equipamento, foi possível calcular o custo de manutenção diário e anual para cada equipamento. Através dos custos de manutenção de cada equipamento determinou-se os custos de manutenção para cada sistema. Os custos de manutenção obtidos para cada sistema são exibidos na tabela 60.

Tabela 60 - Custo de Manutenção dos equipamentos dos vários Sistemas.

	Custos de Manutenção dos Equipamentos [€/ano]
Sistema Parcial	124 944,45
Sistema Total	126 052,33
Sistema Trigeração	97 037,21

Custos de Funcionários

Em todos os sistemas (SAP, SAT e trigeração) optou-se pela utilização de quatro funcionários. Três dos quatro funcionários operam em turnos de 8h, enquanto, o outro funcionário cobre as férias e os períodos de baixa dos funcionários remanescentes. Os custos considerados são de 15 000 €/ano.funcionário). Dado que se emprega quatro funcionários, os custos são de 60 000 €/ano em cada sistema.

Encargos de Empréstimo ao Banco

Todo o investimento inicial no sistema de trigeração é suportado por investidores que já possuem os recursos financeiros requeridos, pelo que não é necessário incluir encargos com empréstimos à banca.

5.2.2. Valor Atual Líquido - VAL

O valor atual líquido é calculado pela subtração entre o somatório dos fluxos de caixa de todos os anos em análise e o investimento inicial. Para que o projeto possa ser aceite, o valor atual líquido terá de ser maior que zero no final de vida útil do projeto. Outra das variáveis que o cálculo do VAL depende é a taxa de atualização, esta permite determinar o valor atual dos fluxos de caixa futuros, contribuindo para a decisão de viabilidade de um determinado investimento. Assim, é possível determinar quanto dinheiro é que o investidor recebe em cada ano.

O cálculo do VAL é dado por:

$$VAL = \sum_{i=0}^n \frac{FC_i}{(1+t)^i} - I_o \quad (11)$$

FC_i – Fluxo de caixa no ano i [€]

t – Taxa de atualização (10 % - considerado)

I_o – Investimento Inicial [€]

5.2.3. Período de Retorno do Investimento - PRI

O período de retorno do investimento representa o período em que o lucro líquido acumulado iguala o valor do investimento inicial do projeto.

A sua expressão pode ser apresentada da seguinte forma:

$$I_o = \sum_{i=0}^{PRI} FC_i \quad (12)$$

5.2.4. Taxa Interna de Rentabilidade - TIR

A taxa interna de rentabilidade é um parâmetro que permite verificar a rentabilidade do investimento realizado. Esta taxa avalia qual o percentual de rentabilidade de um determinado projeto, e é, normalmente, comparada à taxa de atualização. Caso a TIR seja maior que a taxa de atualização, juntamente com o VAL >0, o projeto deve ser aceite.

Para o cálculo deste valor, iguala-se o VAL a 0. A equação que permite o cálculo da TIR é apresentada em seguida.

$$0 = \sum_{i=0}^n \frac{FC_i}{(1 + TIR)^i} - I_o \quad (13)$$

5.2.5. Resultados

Após o cálculo de todos os parâmetros económicos para o sistema de trigeração, relativamente ao SAP e ao SAT, é possível verificar a viabilidade técnico-económica do projeto. Todos estes cálculos são apresentados no anexo 26, exibindo-se um resumo dos parâmetros económicos obtido na tabela 61.

Tabela 61 - Parâmetros Económicos obtidos.

	Investimento adicional [€]	Redução de custos por ano [€/ano]	VAL [€]	PRI [anos e meses]	TIR [%]
Em relação ao Sistema Parcial	457 463,68	147 014,74	988 887,96	3 anos e 4 meses	37,26
Em relação ao Sistema Total	662 924,74	148 240,87	881 325,93	4 anos e 10 meses	27,27

Como mencionado anteriormente, caso o VAL seja maior que zero (no final da vida útil do projeto) e a TIR seja maior que a taxa de atualização, o projeto deve ser aceite e considerado como um projeto viável. Observando os valores obtidos na tabela 61, verifica-se que, tendo um sistema de armazenamento parcial ou um sistema de armazenamento total como sistema base, o investimento na implementação de um sistema de trigeração será sempre viável. Em ambos os sistemas o VAL é maior que zero no final da vida útil do projeto (988 887,96 € em relação ao SAP e 881 325,93 € em relação ao SAT) e a TIR é maior que a taxa de atualização (37,26 % em relação ao SAP e 27,27 % em relação ao SAT). O período de retorno do investimento é semelhante em ambos os investimentos, 3 anos e 4 meses para o investimento em relação ao SAP e 4 anos e 10 meses em relação ao SAT.

Conclusão

Síntese Conclusiva do Trabalho Realizado

A existência dos sistemas de trigeração permite que haja uma alternativa eficiente às centrais convencionais para a produção de energia. Ao longo desta dissertação, nomeadamente, na parte teórica, foram explanadas todas as bases necessárias para compreender o conceito de cogeração e trigeração.

Toda a parte teórica do trabalho exigiu uma pesquisa aprofundada sobre o conceito de trigeração, o que permitiu adquirir um maior conhecimento sobre estes sistemas, incluindo a tipologia de equipamentos utilizada.

Na parte prática do trabalho implementou-se primariamente sistemas base. Na otimização destes sistemas foram realizados vários estudos de regime de carga e de horário de funcionamento dos equipamentos. Estes estudos permitiram verificar que a variação das cargas de operação dos equipamentos e os seus horários de funcionamento têm uma grande influência em todo o sistema, nomeadamente, no consumo energético e na capacidade mínima dos sistemas de armazenamento de energia.

Relativamente aos sistemas base foram estudados dois sistemas diferentes, sistema de armazenamento parcial e sistema de armazenamento total. Após o estudo destes dois sistemas base, verificou-se que praticamente todos os custos estimados ao longo de um ano são semelhantes, no entanto, o custo dos equipamentos acessórios é muito mais elevado no sistema de armazenamento parcial (diferença de 165 725,05 €). Assim, na implementação do sistema base, o sistema que deveria ser utilizado para posterior comparação com o sistema de trigeração, seria o de armazenamento total, no entanto, esta comparação foi realizada para ambos os sistemas base.

O equipamento selecionado no sistema de trigeração para a produção de frio a partir de calor, foi o *chiller* de absorção. O objetivo estipulado para a implementação do sistema de trigeração, prendia-se com a redução de 5 % a 10 % de consumo diário de combustível, em relação aos sistemas base. A redução de consumo de combustível conseguida foi, aproximadamente, de 6,14 % no perfil de janeiro e 7,70% no perfil de maio. Quanto aos equipamentos de armazenamento, os sistemas de armazenamento de água gelada são diferenciados, utilizou-se um sistema de 500 m³ para o sistema de trigeração e um de 400 m³ para cada sistema base. Relativamente aos depósitos de água quente utilizados nos sistemas de trigeração, estes são semelhantes aos do SAT. Finalmente, no

armazenamento de energia elétrica, foi necessária a utilização de três sistemas de baterias (no sistema de trigeriação) semelhantes aos utilizados nos sistemas base. Para além destas mudanças em todo o sistema, foi necessário ainda incluir uma torre de arrefecimento específica para o arrefecimento do absorvedor e do condensador no *chiller* de absorção.

Após o sistema de trigeriação estar completo, calculou-se o rendimento térmico e elétrico de todos os sistemas (sistemas base e trigeriação). Verificou-se, tal como esperado, que os rendimentos térmicos do sistema de trigeriação apresentam valores mais elevados (janeiro: SAP – 45,65 % / SAT – 47,25 % / trigeriação – 49,56 %. maio: SAP – 52,22 % / SAT – 53,10 % / trigeriação – 57,50 %). Já se esperava que estes valores fossem mais elevados no sistema de trigeriação devido ao aproveitamento de calor dos circuitos de refrigeração dos motores para produzir AQS e a utilização de um *chiller* de absorção para a produção de água fria. Assim, é possível aproveitar a energia que seria dissipada para o meio ambiente (nos sistemas base) para produzir energia térmica. Quanto ao rendimento elétrico, este é igual em todos os sistemas, tendo um valor de 40,34 % para o perfil de janeiro e 40,28 % para o perfil de maio.

No final do trabalho foi calculado o custo de todos os três sistemas. O custo para cada sistema inclui o custo dos equipamentos, o custo dos acessórios dos equipamentos principais (geradores, *chillers* e bombas de calor), o custo anual de combustível, o custo anual de manutenção dos equipamentos e o custo anual com os operários. Com a posse de todos os custos é possível realizar o cálculo do investimento adicional e da poupança de custos no sistema de trigeriação em relação aos outros sistemas.

O cálculo dos parâmetros económicos (VAL,PRI,TIR) permitiu estudar a viabilidade técnico-económica da utilização do sistema de trigeriação na ilha *Pulau Ubin*.

Em relação ao SAP o valor atual líquido é de 988 887,96 €, o período de retorno do investimento é de 3 anos e 4 meses, e, por fim, a taxa interna de rentabilidade é de 37,26%.

Relativamente ao SAT o valor atual líquido é de 881 325,93 €, o período de retorno do investimento é de 4 anos e 10 meses, e, finalmente, a taxa interna de rentabilidade é de 27,27%.

Dado os resultados obtidos, nomeadamente um $VAL > 0$ no final de vida útil do projeto e uma $TIR > \text{taxa de atualização}$, pode-se concluir que a utilização do sistema de trigeriação numa zona remota isolada (ilha), em substituição do

SAT/SAP, apresenta uma solução tecnicamente viável e economicamente eficiente.

Sugestões para Trabalho Futuro

Os sistemas utilizados no presente trabalho (SAT, SAP e trigeriação) estão muito dependentes do consumo de combustível para a produção de energia elétrica e térmica. A inserção de energias renováveis nos sistemas podia ser uma boa solução para diminuir o consumo de combustível e assim minimizar o impacto ambiental. Dado que o estudo é realizado numa ilha tropical, o aproveitamento da energia solar seria bem pensado. A utilização de coletores solares para a produção de AQS, permitiria que o sistema de trigeriação não estivesse apenas dependente dos circuitos de refrigeração do motor, para satisfazer as necessidades de aquecimento. Para além da produção de energia para aquecimento, também se poderia utilizar painéis fotovoltaicos para a produção de energia elétrica. Deste modo, seria possível reduzir o número de horas de operação dos geradores a diesel, consequentemente, o consumo de combustível iria diminuir. Este estudo teria como objetivo, com a inserção de painéis fotovoltaicos e coletores solares, estudar a diminuição do consumo de combustível do sistema em relação ao sistema de trigeriação, e a sua viabilidade técnico-económica a longo prazo.

Outro estudo que podia ser realizado basear-se-ia na comparação das tecnologias de trigeriação. Estas tecnologias envolvem *chillers* de absorção, *chillers* de adsorção, sistemas de refrigeração dessecante e sistemas de refrigeração por ejetor. O objetivo consistiria em substituir o *chiller* de absorção por outros tipos de tecnologias e verificar as diferenças de consumo e investimento, permitindo estabelecer uma relação causal entre a otimização do sistema de trigeriação e a utilização de outras tecnologias.

Referências

1. Chen, G.Q., *Energy use in world economy from household-consumption-based perspective*. Energy Policy, 2018. **127**: p. 1.
2. Walker, M.E., *Economic impact of condenser fouling in existing thermoelectric power plants*. Energy, 2012. **44**: p. 1.
3. Wang, D.J. and D.B. Chameides, *Global Warming's Increasingly Visible Impacts*. 2005: Environmental Defense Fund. p. 1;7.
4. Change, T.i.C. [cited 2020 19/5]; Available from: <http://www.thisisclimatechange.org/glacial-retreat/>.
5. Feidt, M., J.-L. Dupont, and A. Oger *Cogeneration/Trigeneration*. 2017. 2-3.
6. Consulting, D.F.I., *Cogeneration & Trigeneration - How to Produce Energy Efficiently*, S. Zellner, J. Burgtorf, and D. Kraft-Schäfer, Editors., Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. p. 19-22,28-29, 33.
7. T.Goss, M., et al., *Internal Combustion Engines*. 2017, Water Environment Federation. p. 6.
8. Al-Shemmeri, T.T., *Thermodynamics, performance analysis and computational modelling of small and micro combined heat and power (CHP) systems*. Woodhead Publishing Series in Energy, 2011. **3**: p. 2.
9. Urone, P.P. and R. Hinrichs, *College Physics*. 2012, OpenStax. p. 573
10. Ferguson, C.R. and A.T. Kirkpatrick, *Internal Combustion Engines: Applied Thermosciences*. 2015: Wiley. p. 7.
11. Darrow, K., et al., *Catalog of CHP Technologies*. 2017. p. 1-4 a 1-5; 3-1 a 3-3; 3-5; 4-1; 4-3; 4-7 a 4-8; 6-1; 6-4; 6-6 a 6-7.
12. Church, A., B. Greenbaum, and C. Stirling, *Stirling Engine Fabrication and Design*. 2016, Worcester Polytechnic Institute. p. 9-11.
13. Wang, R., *Combined cooling, heating and power: a review*. Progress in Energy and Combustion Science, 2006. **32**: p. 7; 9; 11-14.
14. Chen, W.-L., *A computational fluid dynamics study on the heat transfer characteristics of the working cycle of a low-temperature-differential c-type Stirling engine*. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2014. **75**: p. 1.
15. Sonar, D., *Micro-trigeneration for energy sustainability: Technologies, tools and trends*. Applied Thermal Engineering, 2013. **71**: p. 3.
16. Villarini, M., *Parametric analysis of a solar Organic Rankine Cycle trigeneration system for residential applications*. Energy Conversion and Management, 2018. **163**: p. 1-2.
17. Tchanche, B.F., et al., *Organic Rankine Cycle Systems: Principles, opportunities and challenges*. International Conference on Microelectronics, 2015. **25**: p. 1.
18. Fardoun, F., *Selection based on differences between cogeneration and trigeneration in various prime mover technologies*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017. **74**: p. 5.
19. Soares, C., *Gas Turbines: A Handbook of Air, Land and Sea Applications*. 2014. p. 39-40.
20. Fong, K.F. and C.K. Lee, *Dynamic performances of trigeneration systems using different prime movers for high-rise building application: A comparative study*. Building Simulation, 2017. **10**: p. 3;5.
21. Pérez, P.F., *Estudo do Desempenho de uma Célula de Combustível de Membrana de Permuta Iônica com Eléctrodos de Cobre - Grafite*, in Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial. 2009, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. p. 50.
22. Joshi, S.S., *Photovoltaic -Thermal systems (PVT): Technology review and future trends*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2018. **92**: p. 1-3.
23. Lamnatou, C., *Photovoltaic/thermal (PVT) systems: A review with emphasis on environmental issues*. Renewable Energy, 2016. **105**: p. 4.
24. Ebrahimi, M. and A. Keshavarz, *Combined Cooling, Heating and Power*. 2015. p. 73; 82; 85-89.
25. Kaan, M., *Photovoltaic Thermal (PVT) Solar Panels*. International Journal of New Technology and Research, 2016. **2**: p. 1.
26. A.Rahim, N., *Outdoor Performance Of Solar PV/T Air System*. IEEE Conference on Clean Energy and Technology (CEAT), 2013: p. 1.

27. Baghernejad, A., *Exergoeconomic optimization and environmental analysis of a novel solar-trigeneration system for heating, cooling and power production purpose*. Solar Energy, 2016. **134**: p. 1.
28. Chahartaghi, M., *Thermal modeling of a trigeneration system based on beta-type Stirling engine for reductions of fuel consumption and pollutant emission*. Journal of Cleaner Production, 2018. **205**: p. 7.
29. Shirazi, A., *Solar-powered absorption chillers: A comprehensive and critical review*. Energy Conversion and Management, 2018. **171**: p. 4.
30. Su, Q., *Thermodynamic Performance of a Double-Effect Absorption Refrigeration Cycle Based on a Ternary Working Pair: LithiumBromide + Ionic Liquids + Water*. energies, 2019. **12**: p. 4.
31. Lawan, S., *Thermodynamics analysis of single and series flow double effect solar assisted absorption refrigeration systems using LiBr-H₂O working pairs*, in *Energy Systems Engineering Department*. 2017, Cyprus International University Institute of Graduate Studies and Research. p. 21.
32. Lizarte, R., *COP optimisation of a triple-effect H₂O/LiBr absorption cycle under off-design conditions*. Applied Thermal Engineering, 2016. **99**: p. 2-3.
33. Capela, H.S., *Avaliação de um Chiller de Absorção numa Unidade de Cogeração e Trigeração*, in *Química*. 2015, Instituto Superior de Engenharia do Porto. p. 14-15.
34. Caseiro, L. and A. França, *Planeamento e Produção de Eletricidade - Cogeração e Trigeração*. 2007-2008. p. 30; 32-33.
35. Miyazaki, T., *Optimized Performance of One-Bed Adsorption Cooling System*. International Refrigeration and Air Conditioning Conference at Purdue, 2014. **15**: p. 1-2.
36. Bardow, A., *Pareto-optimal performance of one-bed adsorption chillers by easy-toimplement heat-flow-based control*. Applied Thermal Engineering, 2019. **159**: p. 3.
37. Grabowska, K., *Construction of an innovative adsorbent bed configuration in the adsorption chiller - Selection criteria for effective sorbent-glue pair*. Energy, 2018. **151**: p. 2.
38. Qadir, N.u., *Performance comparison of a two-bed solar-driven adsorption chiller with optimal fixed and adaptive cycle times using a silica gel/water working pair*. Renewable Energy, 2019. **149**: p. 3-4.
39. Said, S.A.M., *Performance prediction of a two-bed solar adsorption chiller with adaptive cycle time using a MIL-100(Fe)/water working pair – influence of solar collector configuration*. International Journal of Refrigeration, 2017. **85**: p. 4.
40. Sur, A., *Analysis of an Evaporative Desiccant Cooling System*. Journal of Refrigeration, Air Conditioning, Heating and Ventilation, 2015. **2**: p. 2.
41. Enteria, N., *The role of the thermally activated desiccant cooling technologies in the issue of energy and environment*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2011. **15**: p. 12.
42. Buildings, N.Z.E. [cited 2020 28/2]; Available from: <https://nzeb.in/knowledge-centre/hvac-2/desiccant-cooling-system/>.
43. Lu, L., *Numerical and experimental study on internally cooled liquid desiccant dehumidification concerning film shrinkage shape and vapor condensation*. International Journal of Thermal Sciences, 2018. **136**: p. 1.
44. Ge, T.S., *Performance comparison between a solar driven rotary desiccant cooling system and conventional vapor compression system (performance study of desiccant cooling)*. Applied Thermal Engineering, 2009. **30**: p. 1.
45. Sahlot, M., *Desiccant cooling systems: a review*. International Journal of Low-Carbon Technologies, 2015. **11**: p. 4.
46. Elgendy, E., A. Mostafa, and M. Fatouh, *Performance enhancement of a desiccant evaporative cooling system using direct/ indirect evaporative cooler*. International Journal of Refrigeration, 2015. **51**: p. 3.
47. Fong, K.-F. and C.-K. Lee, *Application of Desiccant Cooling to Trigeneration Systems*, in *Dessicant Heating, Ventilating, and Air-Conditioning Systems*. 2017. p. 258.
48. Yu, J., *A new ejector refrigeration system with an additional jet pump*. Applied Thermal Engineering, 2005. **26**: p. 1-2.
49. Saleh, B., *Performance analysis and working fluid selection for ejector refrigeration cycle*. Applied Thermal Engineering, 2016. **107**: p. 3; 5-7.
50. Scott, D., *CFD Simulations of a Supersonic Ejector for Use in Refrigeration Applications*. International Refrigeration and Air Conditioning Conference at Purdue, 2014: p. 1.
51. Chua, K.J., *Sustainable energy systems for a remote island community*. Applied Energy, 2013. **113**: p. 3-4.
52. Google. [cited 2020 25/3]; Available from: <https://www.google.pt/maps/place/Pulau+Ubin/@1.3883166,103.8734406,11.81z/data=!>

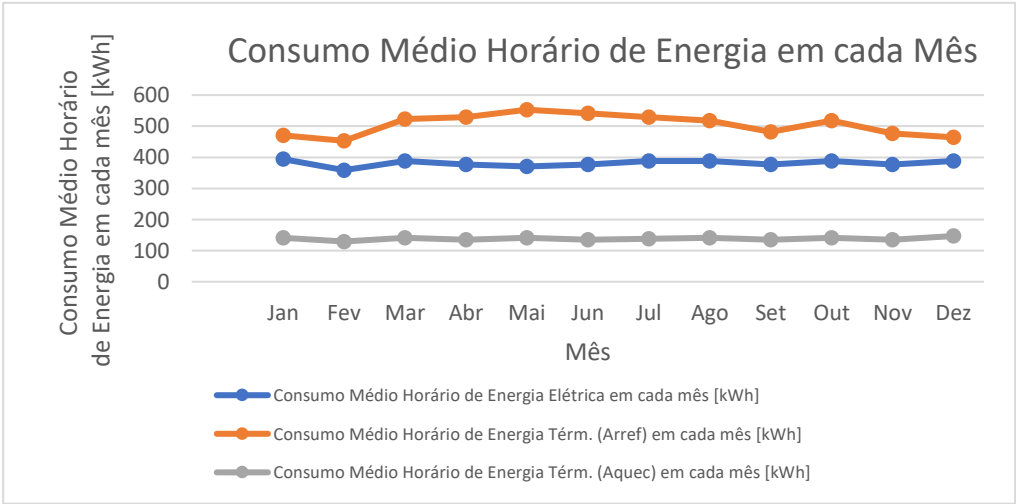
53. Ramli, S. [cited 2020 11/5]; Available from: <https://www.timeout.com/singapore/things-to-do/guide-to-pulau-ubin>.
54. timeanddate. [cited 2020 11/5]; Available from: <https://www.timeanddate.com/weather/@1880162/historic>.
55. Data, C. *Singapura Clima*. [cited 2020 29/10]; Available from: <https://pt.climate-data.org/asia/singapura/singapura/singapura-4766/>.
56. Doty, S. and W.C. Turner, *Energy Management Handbook*, in *Capitulo 19 - Thermal Energy Storage*, I. The Fairmont Press, Editor. 2010. p. 485; 486.
57. Casaca, C. and J. Cardoso *Distribuição Hidráulica de Água Arrefecida*. 2019. 2.
58. *Thermal Energy Storage*, A. Hauer, Editor. 2013: IRENA - International Renewable Energy Agency and ETSAP - Energy Technology System Analysis Programme. p. 1.
59. Calculations, P.F. *Water Properties Table: density, specific heat, viscosity*. 2020 [cited 2021 17/01]; Available from: <https://www.pipeflowcalculations.com/tables/flue-gas.xhtml>.
60. Karim, M.A., *Performance Evaluation of A Stratified Chilled - Water Thermal Storage System*. International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering, 2009. 3: p. 1.
61. *Guideline for Seasonal Thermal Energy Storage Systems in the Built Environment*. 2016: Solites. p. 8;43.
62. ToolBox, E. *Heat Exchanger Heat Transfer Coefficients*. 2003 [cited 2020 02/11]; Available from: https://www.engineeringtoolbox.com/heat-transfer-coefficients-exchangers-d_450.html.
63. Winkelmann, R. *Heat Exchanger*. [cited 2021 02/02]; Available from: <https://www.reflex-winkelmann.com/reflexhex/?lang=en>.
64. Kananeh, A.B. and J. Peschel, *Fouling in Plate Heat Exchangers: Some Practical Experience*. Heat Exchangers - Basics Design Applications, 2012: p. 1.
65. Valev, N. 2020 [cited 2020 29/9]; Available from: https://www.globalpetrolprices.com/Singapore/diesel_prices/.
66. Corporation, A. [cited 2020 30/3]; Available from: http://www.apiste-global.com/enc/technology_enc/detail/id=1268.
67. Toolbox, T.E. [cited 2020 30/3]; Available from: https://www.engineeringtoolbox.com/fuels-higher-calorific-values-d_169.html.
68. Kahandagamage, G., *Analysis of the effect of charge air temperature and humidity on the combustion process of diesel engines at Heladhanavi Power Plant, Puttalam, Sri Lanka*, in *Energy Technology - Division of Heat & Power*. 2015, KTH School of Industrial Engineering and Management. p. 1; 8-9.
69. Company, B.A. *What is a Closed Circuit Cooling Tower?* 2020 [cited 2020 12/11]; Available from: <https://www.baltimoreaircoil.com/what-is-a-closed-circuit-cooling-tower>.
70. Edmondson, C. *How to Pick a Cooling Tower: Comparing Open and Closed Loop Towers*. 2018 [cited 2020 12/11]; Available from: <https://jmpcoblog.com/hvac-blog/how-to-pick-a-cooling-tower-comparing-open-and-closed-loop-towers>.
71. Nadaf, S.L. and P.B. Gangavati, *A review on waste heat recovery and utilization from diesel engines*. International Journal of Advanced Engineering Technology, 2014. 5: p. 1-2.
72. Jadhao, J.S. and D.G. Thombare, *Review on Exhaust Gas Heat Recovery for I.C. Engine*. International Journal of Engineering and Innovative Technology, 2013. 2: p. 2.
73. Olofsson, A., *Investigation of Materials for Use in Exhaust Gas Condensate Environment with Focus on EGR Systems*, in *Department of Applied Physics and Electronics*. 2012, Umea University. p. 3.
74. Bahadori, A., *Estimation of combustion flue gas acid dew point during heat recovery and efficiency gain*. Applied Thermal Engineering, 2011. 31: p. 4-5.
75. Lin, C.-S., *Capture of Heat Energy from Diesel Engine Exhaust*. 2008, Institute of Northern Engineering. p. 18-20.
76. Petrochem, P., *Prevenção nos estabelecimentos hoteleiros da doença dos legionários*. 2011. p. 5.
77. Gülen, S.C., *Gas Turbine Combined Cycle Power Plants*. 2020, Taylor & Francis Group. p. 255, 256.
78. Pirolli, M., *Sustainable Energy Handbook*. 2016. p. 13 of Module 6.1. Simplified Financial Models.
79. C.Biserni, *Optimum sizing of cogeneration plants by means of a genetic algorithm optimization: A case study*. Case Studies in Thermal Engineering, 2019. 15: p. 7.

Anexos

Anexo 1 – Diferenças e Rácios do Consumo Médio Horário de Energia dos vários Meses

Mês	Consumo Médio Horário de Energia Elétrica em cada mês [kWh]	Consumo Médio Horário de Energia Térm. (Arref) em cada mês [kWh]	Consumo Médio Horário de Energia Térm. (Aquec) em cada mês [kWh]	Consumo Médio Horário de Energia Total em cada Mês [kWh]
Jan	394,11	470,59	141,18	1005,88
Fev	358,82	452,94	129,41	941,17
Mar	388,24	523,53	141,18	1052,95
Abr	376,47	529,41	135,29	1041,17
Mai	370,59	552,94	141,18	1064,71
Jun	376,47	541,18	135,29	1052,94
Jul	388,24	529,41	138,24	1055,89
Ago	388,24	517,65	141,18	1047,07
Set	376,47	482,35	135,29	994,11
Out	388,24	517,65	141,18	1047,07
Nov	376,47	476,47	135,29	988,23
Dez	388,24	464,71	147,06	1000,01

Dif. Abs do Cons Méd Horário de En.Elét [kWh]	Mês/Janeiro (Cons de En.Elétrica)	Dif. Abs do Cons Méd Horário de En.Arref [kWh]	Mês/Jan (En.Arref)	Dif. Abs do Cons Méd Horário de En.Aquec [kWh]	Mês/Jan (En.Aquec)	Dif. Abs do Cons Méd Horário de Energia Total [kWh]
-	-	-	-	-	-	-
35,29	0,91	17,65	0,96	11,77	0,92	64,71
5,87	0,99	52,94	1,11	0,00	1,00	58,81
17,64	0,96	58,82	1,12	5,89	0,96	82,35
23,52	0,94	82,35	1,17	0,00	1,00	105,87
17,64	0,96	70,59	1,15	5,89	0,96	94,12
5,87	0,99	58,82	1,12	2,94	0,98	67,63
5,87	0,99	47,06	1,10	0,00	1,00	52,93
17,64	0,96	11,76	1,02	5,89	0,96	35,29
5,87	0,99	47,06	1,10	0,00	1,00	52,93
17,64	0,96	5,88	1,01	5,89	0,96	29,41
5,87	0,99	5,88	0,99	5,88	1,04	17,63



**Anexo 2 – Procura Energética Diária nos Dias Típicos
considerados (Perfis de Consumo)**

Perfil de Consumo de Energia Elétrica - Tipico dia de Janeiro

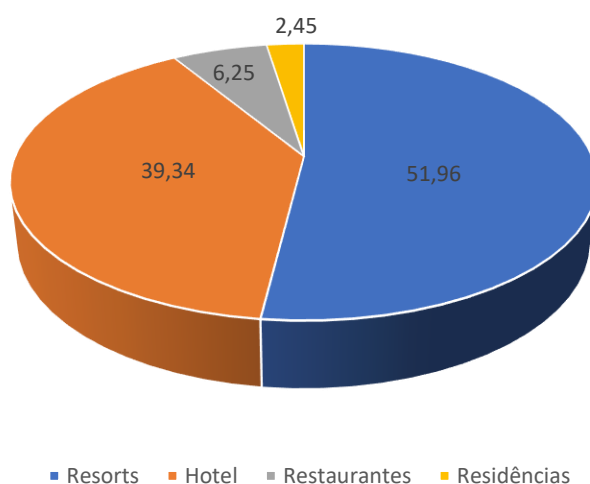
Horas	Potência Elétrica Total [kW]	Potência Elétrica - Resorts [kW]	Potência Elétrica - Hotel [kW]	Potência Elétrica - Restaurantes [kW]	Potência Elétrica - Residências [kW]
1	478,26	265,22	200,00	4,35	8,70
2	473,91	265,22	200,00	4,35	4,35
3	473,91	265,22	200,00	4,35	4,35
4	473,91	265,22	200,00	4,35	4,35
5	473,91	265,22	200,00	4,35	4,35
6	473,91	265,22	200,00	4,35	4,35
7	478,26	265,22	200,00	4,35	8,70
8	486,96	265,22	204,35	4,35	13,04
9	495,65	265,22	204,35	4,35	21,74
10	486,96	265,22	200,00	4,35	17,39
11	495,65	265,22	202,17	21,74	6,52
12	526,09	265,22	202,17	56,52	2,17
13	526,09	265,22	202,17	56,52	2,17
14	526,09	265,22	202,17	56,52	2,17
15	526,09	265,22	202,17	56,52	2,17
16	526,09	265,22	202,17	56,52	2,17
17	543,48	265,22	200,00	56,52	21,74
18	556,52	265,22	200,00	56,52	34,78
19	552,17	265,22	200,00	56,52	30,43
20	547,83	265,22	200,00	56,52	26,09
21	543,48	265,22	200,00	56,52	21,74
22	543,48	265,22	200,00	56,52	21,74
23	543,48	265,22	200,00	56,52	21,74
24	497,83	265,22	197,83	21,74	13,04

Consumo Diário de Energia Elétrica [kWh]	12250,00	6365,22	4819,57	765,22	300,00

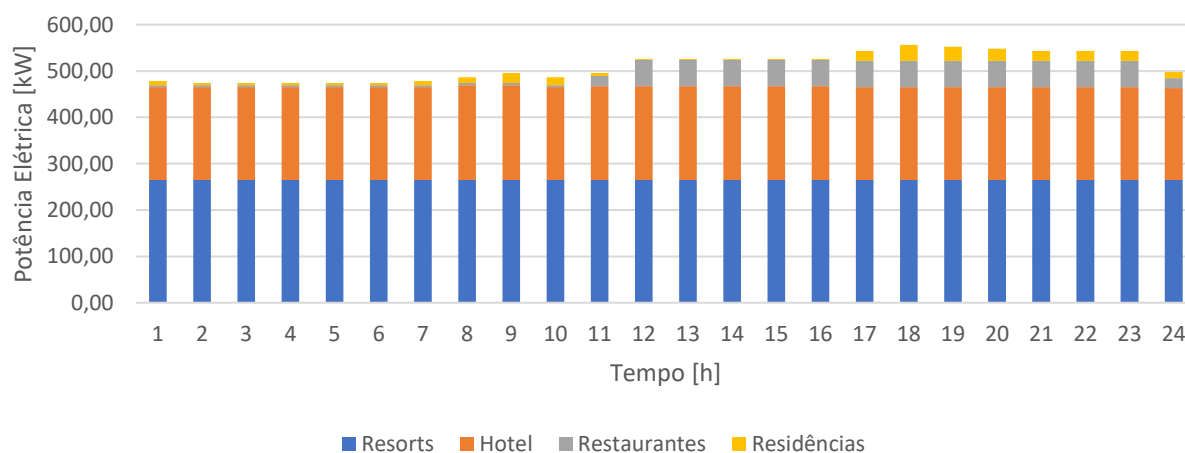
Perfil de Consumo de Energia Elétrica - Tipico dia de Janeiro

Tipo de Edifício	Distribuição de Cons. de Energia Elétrica por Tipologia de Edifício [%]
Resorts	51,96
Hotel	39,34
Restaurantes	6,25
Residências	2,45

Distribuição de Consumos de Energia Elétrica por Tipologia de Edifício [%]



Perfil Diário de Potência Elétrica



Perfil de Consumo de Energia de Arrefecimento - Tipico dia de Janeiro

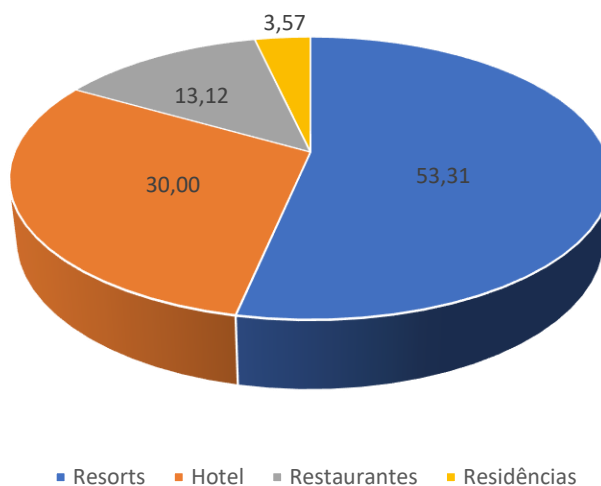
Horas	Potência de Arref. Total [kW]	Potência de Arref. - Resorts [kW]	Potência de Arref. - Hotel [kW]	Potência de Arref. - Restaurantes [kW]	Potência de Arref. - Residências [kW]
1	469,57	280,43	163,04	0,00	26,09
2	443,48	273,91	150,00	0,00	19,57
3	443,48	273,91	150,00	0,00	19,57
4	423,91	254,35	150,00	0,00	19,57
5	423,91	254,35	150,00	0,00	19,57
6	423,91	254,35	150,00	0,00	19,57
7	430,43	260,87	150,00	0,00	19,57
8	430,43	260,87	143,48	0,00	26,09
9	495,65	300,00	156,52	0,00	39,13
10	521,74	332,61	189,13	0,00	0,00
11	560,87	371,74	189,13	0,00	0,00
12	704,35	352,17	189,13	163,04	0,00
13	691,30	326,09	195,65	169,57	0,00
14	665,22	313,04	189,13	163,04	0,00
15	704,35	332,61	202,17	169,57	0,00
16	750,00	365,22	215,22	169,57	0,00
17	854,35	391,30	215,22	182,61	65,22
18	795,65	365,22	208,70	163,04	58,70
19	717,39	339,13	182,61	150,00	45,65
20	665,22	319,57	182,61	130,43	32,61
21	606,52	300,00	156,52	123,91	26,09
22	600,00	300,00	163,04	117,39	19,57
23	593,48	293,48	163,04	117,39	19,57
24	456,52	280,43	156,52	0,00	19,57

Consumo Diário de Energia de Arref. [kWh]	13871,74	7395,65	4160,87	1819,57	495,65

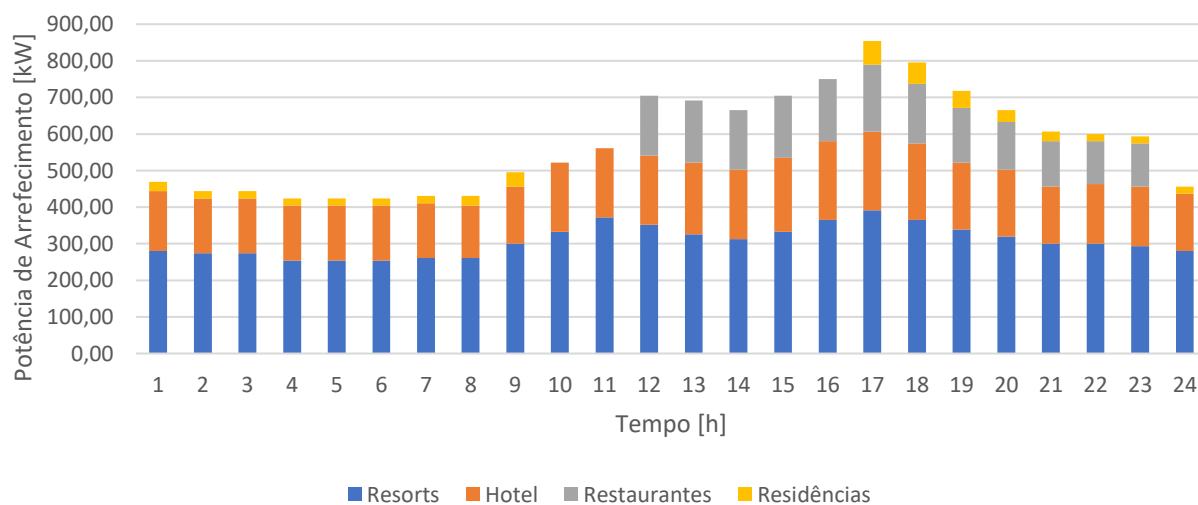
Perfil de Consumo de Energia de Arrefecimento - Tipico dia de Janeiro

Tipos de Edifício	Distribuição de Cons. de Energia de Arref. por Tipologia de Edifício [%]
Resorts	53,31
Hotel	30,00
Restaurantes	13,12
Residências	3,57

Distribuição de Consumos de Energia para Arrefecimento por Tipologia de Edifício [%]



Perfil Diário de Potência de Arrefecimento



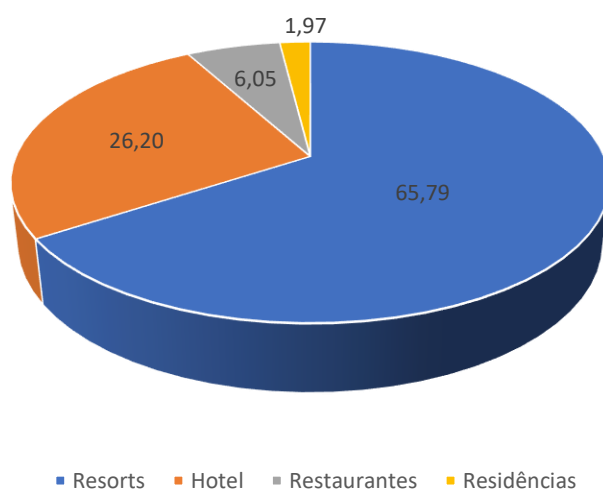
Perfil de Consumo de Energia de Aquecimento - Tipico dia de Janeiro

Horas	Potência de Aquec. Total [kW]	Potência de Aquec. - Resorts [kW]	Potência de Aquec. - Hotel [kW]	Potência de Aquec.- Restaurantes [kW]	Potência de Aquec. Residências [kW]
1	173,91	123,19	48,01	0,91	1,81
2	173,91	123,19	48,01	0,91	1,81
3	173,91	123,19	48,01	0,91	1,81
4	173,91	123,19	48,01	0,91	1,81
5	173,91	123,19	48,01	0,91	1,81
6	173,91	123,19	48,01	0,91	1,81
7	173,91	123,19	48,01	0,91	1,81
8	173,91	123,19	48,01	0,91	1,81
9	173,91	123,19	47,28	0,91	2,54
10	177,54	123,19	49,82	0,91	3,62
11	179,35	123,19	49,82	0,91	5,43
12	197,46	123,19	49,64	21,74	2,90
13	199,64	123,19	51,09	21,74	3,62
14	201,09	123,19	48,91	21,74	7,25
15	202,90	123,19	48,91	21,74	9,06
16	204,71	123,19	48,91	21,74	10,87
17	201,09	123,19	48,91	21,74	7,25
18	199,64	123,19	51,09	21,74	3,62
19	199,64	123,19	51,45	21,74	3,26
20	197,46	123,19	49,64	21,74	2,90
21	197,46	123,19	49,64	21,74	2,90
22	197,46	123,19	49,64	21,74	2,90
23	197,46	123,19	49,64	21,74	2,90
24	175,72	123,19	48,73	0,91	2,90
Consumo Diário de Energia de Aquec. [kWh]	4493,84	2956,52	1177,17	271,74	88,41

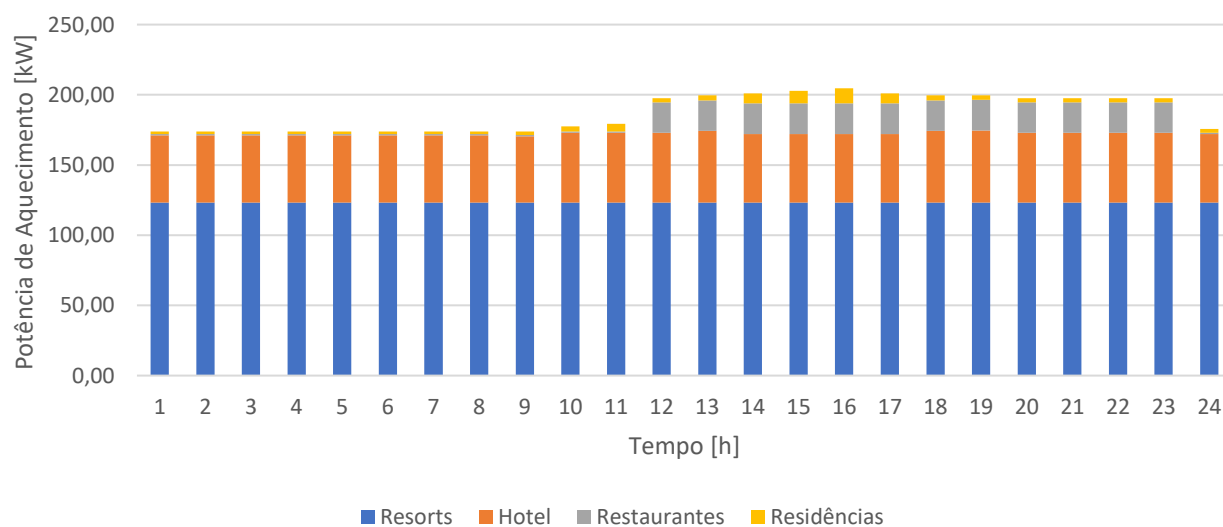
Perfil de Consumo de Energia de Aquecimento - Tipico dia de Janeiro

Tipos de Edifício	Distribuição de Cons. de Energia de Aquec. por Tipologia de Edifício [%]
Resorts	65,79
Hotel	26,20
Restaurantes	6,05
Residências	1,97

Distribuição de Consumos de Energia de Aquecimento por Tipologia de Edifício [%]



Perfil Diário de Potência de Aquecimento



Perfil de Consumo de Energia Elétrica - Tipico dia de Maio

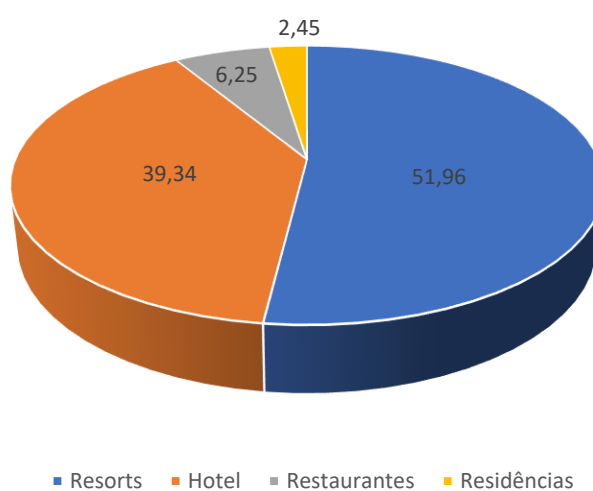
Horas	Potência Elétrica Total [kW]	Potência Elétrica - Resorts [kW]	Potência Elétrica - Hotel [kW]	Potência Elétrica - Restaurantes [kW]	Potência Elétrica - Residências [kW]
1	449,57	249,30	188,00	4,09	8,17
2	445,48	249,30	188,00	4,09	4,09
3	445,48	249,30	188,00	4,09	4,09
4	445,48	249,30	188,00	4,09	4,09
5	445,48	249,30	188,00	4,09	4,09
6	445,48	249,30	188,00	4,09	4,09
7	449,57	249,30	188,00	4,09	8,17
8	457,74	249,30	192,09	4,09	12,26
9	465,91	249,30	192,09	4,09	20,43
10	457,74	249,30	188,00	4,09	16,35
11	465,91	249,30	190,04	20,43	6,13
12	494,52	249,30	190,04	53,13	2,04
13	494,52	249,30	190,04	53,13	2,04
14	494,52	249,30	190,04	53,13	2,04
15	494,52	249,30	190,04	53,13	2,04
16	494,52	249,30	190,04	53,13	2,04
17	510,87	249,30	188,00	53,13	20,43
18	523,13	249,30	188,00	53,13	32,70
19	519,04	249,30	188,00	53,13	28,61
20	514,96	249,30	188,00	53,13	24,52
21	510,87	249,30	188,00	53,13	20,43
22	510,87	249,30	188,00	53,13	20,43
23	510,87	249,30	188,00	53,13	20,43
24	467,96	249,30	185,96	20,43	12,26

Consumo Diário de Energia Elétrica [kWh]	11515,00	5983,30	4530,39	719,30	282,00

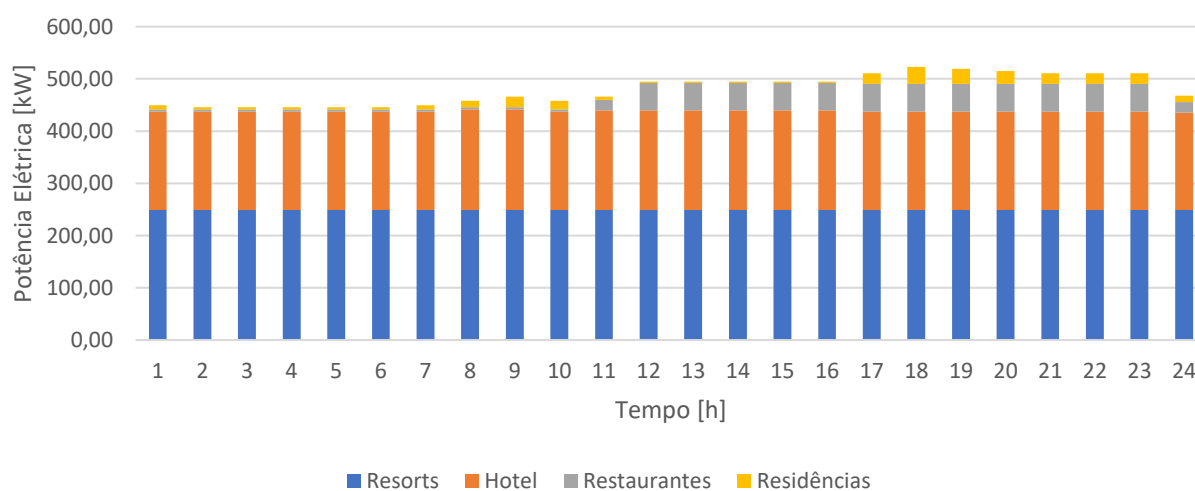
Perfil de Consumo de Energia Elétrica - Tipico dia de Maio

Tipo de Edifício	Distribuição de Cons. de Energia Elétrica por Tipologia de Edifício [%]
Resorts	51,96
Hotel	39,34
Restaurantes	6,25
Residências	2,45

Distribuição de Consumos de Energia Elétrica
por Tipologia de Edifício [%]



Perfil Diário de Potência Elétrica



Perfil de Consumo de Energia de Arrefecimento - Tipico dia de Maio

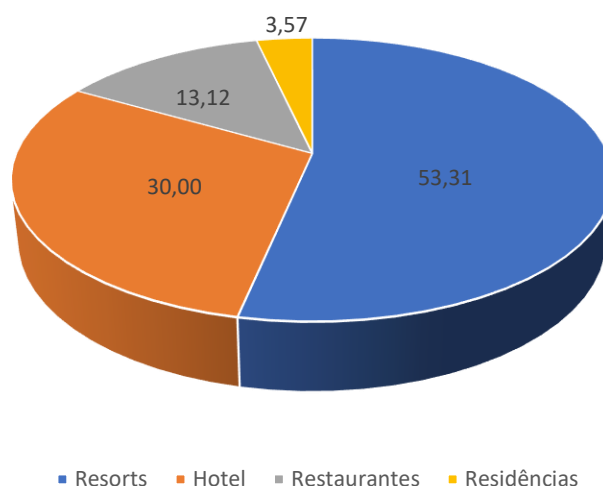
Horas	Potência de Arref. Total [kW]	Potência de Arref. - Resorts [kW]	Potência de Arref. - Hotel [kW]	Potência de Arref. - Restaurantes [kW]	Potência de Arref. - Residências [kW]
1	551,74	329,51	191,58	0,00	30,65
2	521,09	321,85	176,25	0,00	22,99
3	521,09	321,85	176,25	0,00	22,99
4	498,10	298,86	176,25	0,00	22,99
5	498,10	298,86	176,25	0,00	22,99
6	498,10	298,86	176,25	0,00	22,99
7	505,76	306,52	176,25	0,00	22,99
8	505,76	306,52	168,59	0,00	30,65
9	582,39	352,50	183,91	0,00	45,98
10	613,04	390,82	222,23	0,00	0,00
11	659,02	436,79	222,23	0,00	0,00
12	827,61	413,80	222,23	191,58	0,00
13	812,28	383,15	229,89	199,24	0,00
14	781,63	367,83	222,23	191,58	0,00
15	827,61	390,82	237,55	199,24	0,00
16	881,25	429,13	252,88	199,24	0,00
17	1003,86	459,78	252,88	214,57	76,63
18	934,89	429,13	245,22	191,58	68,97
19	842,93	398,48	214,57	176,25	53,64
20	781,63	375,49	214,57	153,26	38,32
21	712,66	352,50	183,91	145,60	30,65
22	705,00	352,50	191,58	137,93	22,99
23	697,34	344,84	191,58	137,93	22,99
24	536,41	329,51	183,91	0,00	22,99

Consumo Diário de Energia de Arref. [kWh]	16299,29	8689,89	4889,02	2137,99	582,39

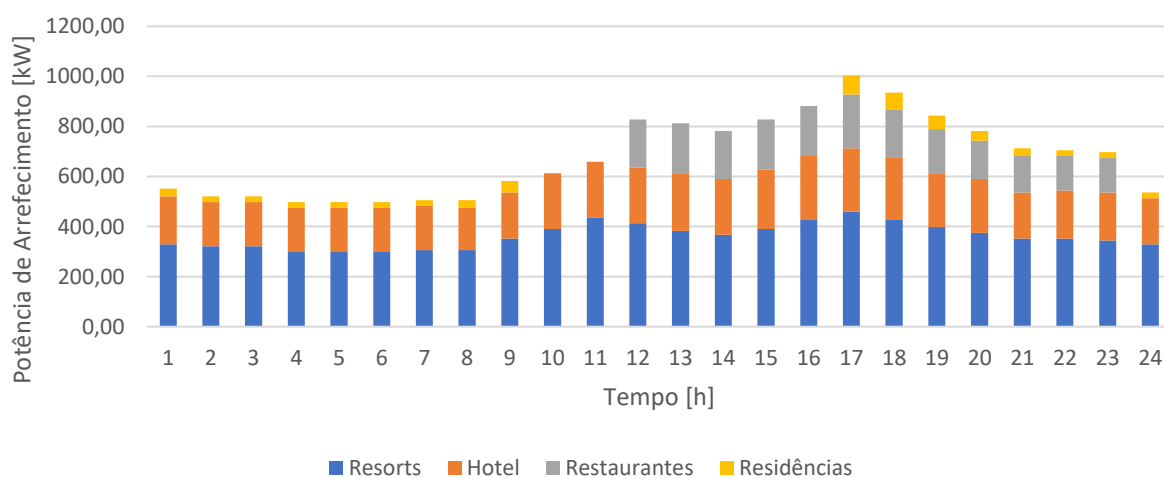
Perfil de Consumo de Energia de Arrefecimento - Típico dia de Maio

Tipos de Edifício	Distribuição de Cons. de Energia de Arref. por Tipologia de Edifício [%]
Resorts	53,31
Hotel	30,00
Restaurantes	13,12
Residências	3,57

Distribuição de consumos de Energia para Arrefecimento por Tipologia de Edifício [%]



Perfil Diário de Potência de Arrefecimento



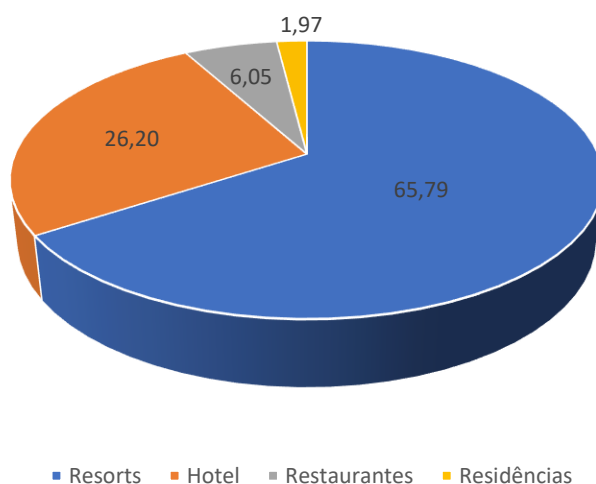
Perfil de Consumo de Energia de Aquecimento - Tipico dia de Maio

Horas	Potência de Aquec. Total [kW]	Potência de Aquec. - Resorts [kW]	Potência de Aquec. - Hotel [kW]	Potência de Aquec.- Restaurantes [kW]	Potência de Aquec. Residências [kW]
1	173,91	123,19	48,01	0,91	1,81
2	173,91	123,19	48,01	0,91	1,81
3	173,91	123,19	48,01	0,91	1,81
4	173,91	123,19	48,01	0,91	1,81
5	173,91	123,19	48,01	0,91	1,81
6	173,91	123,19	48,01	0,91	1,81
7	173,91	123,19	48,01	0,91	1,81
8	173,91	123,19	48,01	0,91	1,81
9	173,91	123,19	47,28	0,91	2,54
10	177,54	123,19	49,82	0,91	3,62
11	179,35	123,19	49,82	0,91	5,43
12	197,46	123,19	49,64	21,74	2,90
13	199,64	123,19	51,09	21,74	3,62
14	201,09	123,19	48,91	21,74	7,25
15	202,90	123,19	48,91	21,74	9,06
16	204,71	123,19	48,91	21,74	10,87
17	201,09	123,19	48,91	21,74	7,25
18	199,64	123,19	51,09	21,74	3,62
19	199,64	123,19	51,45	21,74	3,26
20	197,46	123,19	49,64	21,74	2,90
21	197,46	123,19	49,64	21,74	2,90
22	197,46	123,19	49,64	21,74	2,90
23	197,46	123,19	49,64	21,74	2,90
24	175,72	123,19	48,73	0,91	2,90
Consumo Diário de Energia de Aquec. [kWh]	4493,84	2956,52	1177,17	271,74	88,41

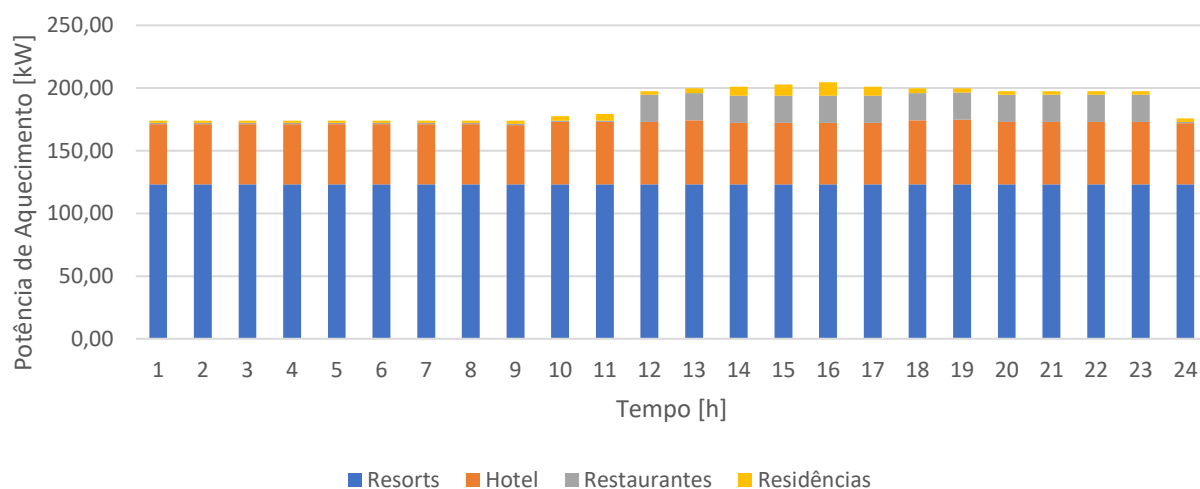
Perfil de Consumo de Energia de Aquecimento - Tipico dia de Maio

Tipo de Edifício	Distribuição de Cons. de Energia de Aquec. por Tipologia de Edifício [%]
Resorts	65,79
Hotel	26,20
Restaurantes	6,05
Residências	1,97

Distribuição de Consumos de Energia de Aquecimento por Tipologia de Edifício [%]



Perfil Diário de Potência de Aquecimento



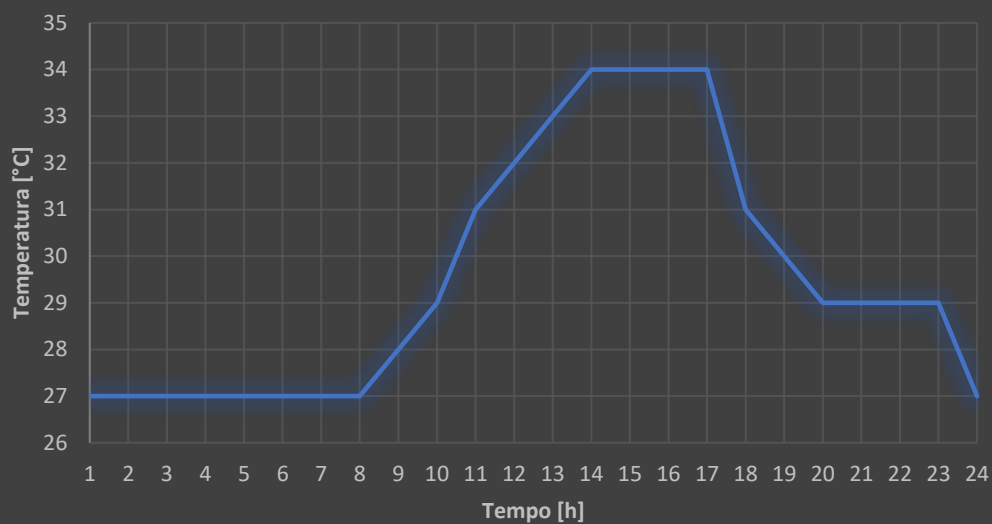
Anexo 3 – Valores e Gráficos da TBS, TBH e da HR ao longo dos Dias Típicos considerados

Valores de Temperatura e Humidade num dia típico de Janeiro

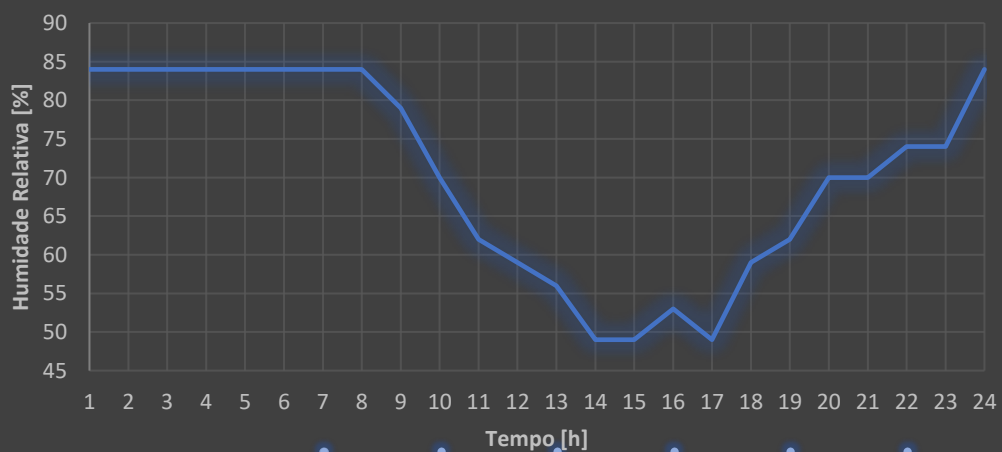
1 de Janeiro de 2019

Horas	Temperatura de Bolbo Seco [°C]	Humidade Relativa [%]	Temperatura de Bolbo Húmido [°C]
1	27	84	24,84
2	27	84	24,84
3	27	84	24,84
4	27	84	24,84
5	27	84	24,84
6	27	84	24,84
7	27	84	24,84
8	27	84	24,84
9	28	79	25,07
10	29	70	24,61
11	31	62	25,06
12	32	59	25,39
13	33	56	25,69
14	34	49	25,14
15	34	49	25,14
16	34	53	25,95
17	34	49	25,14
18	31	59	24,53
19	30	62	24,18
20	29	70	24,61
21	29	70	24,61
22	29	74	25,24
23	29	74	25,24
24	27	84	24,84
Máx	34	84	25,95
Min	27	49	24,18
Média	29,54	70,46	24,97

Temperatura ao longo do dia - 1 de Janeiro de 2019



Humidade Relativa ao longo do dia - 1 de Janeiro de 2019

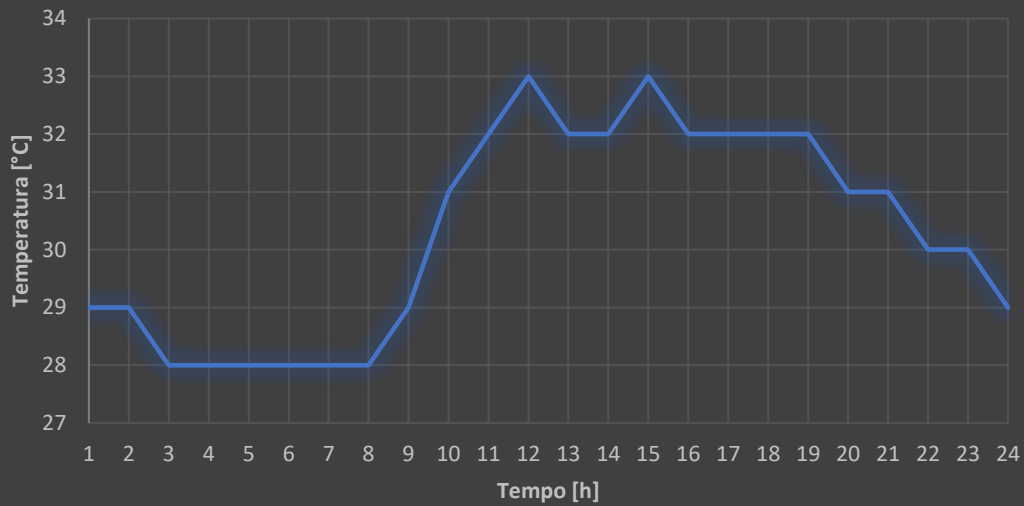


Valores de Temperatura e Humidade num dia típico de Maio

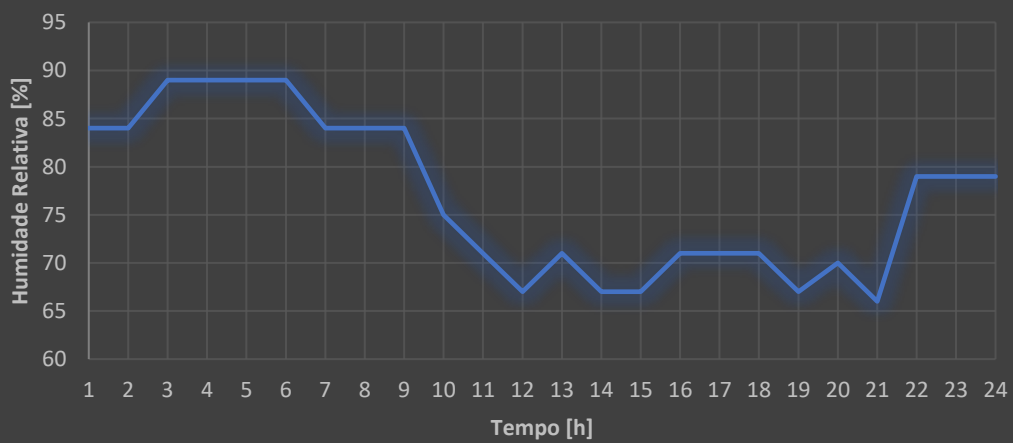
1 de Maio de 2019

Horas	Temperatura de Bolbo Seco [°C]	Humidade Relativa [%]	Temperatura de Bolbo Húmido [°C]
1	29	84	26,75
2	29	84	26,75
3	28	89	26,51
4	28	89	26,51
5	28	89	26,51
6	28	89	26,51
7	28	84	25,80
8	28	84	25,80
9	29	84	26,75
10	31	75	27,25
11	32	71	27,51
12	33	67	27,72
13	32	71	27,51
14	32	67	26,82
15	33	67	27,72
16	32	71	27,51
17	32	71	27,51
18	32	71	27,51
19	32	67	26,82
20	31	70	26,43
21	31	66	25,75
22	30	79	26,95
23	30	79	26,95
24	29	79	26,01
Máx	33	89	27,72
Min	28	66	25,75
Média	30,29	76,96	26,83

Temperatura ao longo do dia - 1 de Maio de 2019



Humidade Relativa ao longo do dia - 1 de Maio de 2019



**Anexo 4 – Folhas de cálculo utilizadas para a escolha da
carga e horário de funcionamento dos *chillers* –
Dimensionamento do SAET**

1 de Janeiro
Sistema de Armazenamento Total
Energia de Arrefecimento

Horas	TBS na ilha [°C]	HR na ilha [%]	Potência de Arref. Total [kW]	Capacidade dos chillers (100%) [kW]	Potência Elétrica (100%) [kW]	Potência Libertada para a atmosfera [kW]
1	27	84	469,57	1098,40	288,20	1386,60
2	27	84	443,48	1098,40	288,20	1386,60
3	27	84	443,48	1098,40	288,20	1386,60
4	27	84	423,91	0,00	0,00	0,00
5	27	84	423,91	0,00	0,00	0,00
6	27	84	423,91	0,00	0,00	0,00
7	27	84	430,43	1098,40	288,20	1386,60
8	27	84	430,43	1098,40	288,20	1386,60
9	28	79	495,65	1086,60	293,40	1380,00
10	29	70	521,74	1074,80	298,60	1373,40
11	31	62	560,87	1051,20	309,00	1360,20
12	32	59	704,35	1039,40	314,20	1353,60
13	33	56	691,30	1027,60	319,40	1347,00
14	34	49	665,22	1015,80	324,60	1340,40
15	34	49	704,35	0,00	0,00	0,00
16	34	53	750,00	0,00	0,00	0,00
17	34	49	854,35	1015,80	324,60	1340,40
18	31	59	795,65	0,00	0,00	0,00
19	30	62	717,39	1063,00	303,80	1366,80
20	29	70	665,22	1074,80	298,60	1373,40
21	29	70	606,52	1074,80	298,60	1373,40
22	29	74	600,00	1074,80	298,60	1373,40
23	29	74	593,48	0,00	0,00	0,00
24	27	84	456,52	0,00	0,00	0,00

	Consumo Diário de Energia de Arref. [kWh]	Energia de Arrefecimento Produzida Diariamente [kWh]	Energia Elétrica Diária Consumida pelos Chillers [kWh]	Energia Diária Libertada para a Atmosfera [kWh]
	13871,74	17090,60	4824,40	21915,00
Nenhum chiller em operação				
1 chiller em operação				
2 chillers em operação				

1 de Janeiro

Sistema de Armazenamento Total

Energia de Arrefecimento

Capacidade dos chillers (90%) [kW]	Potência Elétrica (90%) [kW]	Potência Libertada para a atmosfera [kW]	Capacidade dos chillers (80%) [kW]	Potência Elétrica (80%) [kW]	Potência Libertada para a atmosfera [kW]
988,56	253,56	1242,12	878,72	218,88	1097,60
988,56	253,56	1242,12	878,72	218,88	1097,60
988,56	253,56	1242,12	878,72	218,88	1097,60
988,56	253,56	1242,12	878,72	218,88	1097,60
988,56	253,56	1242,12	878,72	218,88	1097,60
988,56	253,56	1242,12	878,72	218,88	1097,60
988,56	253,56	1242,12	878,72	218,88	1097,60
988,56	253,56	1242,12	878,72	218,88	1097,60
988,56	253,56	1242,12	878,72	218,88	1097,60
977,94	258,14	1236,08	869,28	222,82	1092,10
967,32	262,72	1230,04	859,84	226,76	1086,60
946,08	271,88	1217,96	840,96	234,64	1075,60
935,46	276,46	1211,92	831,52	238,58	1070,10
924,84	281,04	1205,88	822,08	242,52	1064,60
914,22	285,62	1199,84	812,64	246,46	1059,10
914,22	285,62	1199,84	812,64	246,46	1059,10
914,22	285,62	1199,84	812,64	246,46	1059,10
914,22	285,62	1199,84	812,64	246,46	1059,10
946,08	271,88	1217,96	840,96	234,64	1075,60
956,70	267,30	1224,00	850,40	230,70	1081,10
967,32	262,72	1230,04	859,84	226,76	1086,60
967,32	262,72	1230,04	859,84	226,76	1086,60
0,00	0,00	0,00	429,92	113,38	543,30
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Energia de Arrefecimento Produzida Diariamente [kWh]	Energia Elétrica Diária Consumida pelos Chillers [kWh]	Energia Diária Libertada para a Atmosfera [kWh]	Energia de Arrefecimento Produzida Diariamente [kWh]	Energia Elétrica Diária Consumida pelos Chillers [kWh]	Energia Diária Libertada para a Atmosfera [kWh]
20154,42	5585,82	25740,24	18344,96	4934,44	23279,40

1 de Janeiro		
Sistema de Armazenamento Total		
Energia de Arrefecimento		

Capacidade dos chillers (70%) [kW]	Potência Elétrica (70%) [kW]	Potência Libertada para a atmosfera [kW]
768,88	184,20	953,08
768,88	184,20	953,08
768,88	184,20	953,08
768,88	184,20	953,08
768,88	184,20	953,08
768,88	184,20	953,08
768,88	184,20	953,08
768,88	184,20	953,08
760,62	187,50	948,12
752,36	190,80	943,16
735,84	197,40	933,24
727,58	200,70	928,28
719,32	204,00	923,32
711,06	207,30	918,36
711,06	207,30	918,36
711,06	207,30	918,36
711,06	207,30	918,36
735,84	197,40	933,24
744,10	194,10	938,20
752,36	190,80	943,16
752,36	190,80	943,16
752,36	190,80	943,16
376,18	95,40	471,58
0,00	0,00	0,00

Energia de Arrefecimento Produzida Diariamente [kWh]	Energia Elétrica Diária Consumida pelos Chillers [kWh]	Energia Diária Libertada para a Atmosfera [kWh]
16804,20	4342,50	21146,70

1 de Janeiro

Sistema de Armazenamento Total

	Potência de Arref. Total [kW]	Capacidade dos chillers (70%) [kW]	Potência que vai para o Tanque (70%) [kW]	Potência que está no Tanque (70%) [kW]	Potência que está no Tanque (70%) (eficiência do TES de 90 %) [kW]
1	469,57	768,88	299,31	299,31	299,31
2	443,48	768,88	325,40	624,72	594,79
3	443,48	768,88	325,40	950,12	860,71
4	423,91	768,88	344,97	1295,09	1119,60
5	423,91	768,88	344,97	1640,05	1352,61
6	423,91	768,88	344,97	1985,02	1562,32
7	430,43	768,88	338,45	2323,46	1744,53
8	430,43	768,88	338,45	2661,91	1908,52
9	495,65	760,62	264,97	2926,88	1982,64
10	521,74	752,36	230,62	3157,50	2015,00
11	560,87	735,84	174,97	3332,47	1988,47
12	704,35	727,58	23,23	3355,70	1812,85
13	691,30	719,32	28,02	3383,72	1659,58
14	665,22	711,06	45,84	3429,56	1539,47
15	704,35	711,06	6,71	3436,27	1392,23
16	750,00	711,06	-38,94	3397,33	1214,07
17	854,35	711,06	-143,29	3254,04	949,37
18	795,65	735,84	-59,81	3194,23	794,62
19	717,39	744,10	26,71	3220,94	741,87
20	665,22	752,36	87,14	3308,08	754,83
21	606,52	752,36	145,84	3453,92	825,18
22	600,00	752,36	152,36	3606,28	895,02
23	593,48	376,18	-217,30	3388,98	588,22
24	456,52	0,00	-456,52	2932,46	72,88

	1 chiller em operação
	2 chillers em operação
	Capacidade que o tanque tem que armazenar [kW]
	Potência armazenada no tanque no final do dia [kW]
	Nenhum chiller em operação

1 de Janeiro

Sistema de Armazenamento Total

Capacidade dos chillers (80%) [kW]	Potência que vai para o Tanque (80%) [kW]	Potência que está no Tanque (80%) [kW]	Potência que está no Tanque (80%) (eficiência do TES de 90 %) [kW]
878,72	409,15	409,15	409,15
878,72	435,24	844,40	803,48
878,72	435,24	1279,64	1158,37
878,72	454,81	1734,45	1497,34
878,72	454,81	2189,25	1802,42
878,72	454,81	2644,06	2076,98
878,72	448,29	3092,34	2317,57
878,72	448,29	3540,63	2534,10
869,28	373,63	3914,26	2654,32
859,84	338,10	4252,36	2726,98
840,96	280,09	4532,45	2734,38
831,52	127,17	4659,62	2588,11
822,08	130,78	4790,40	2460,08
812,64	147,42	4937,82	2361,49
812,64	108,29	5046,11	2233,63
812,64	62,64	5108,75	2072,91
812,64	-41,71	5067,04	1823,91
840,96	45,31	5112,35	1686,83
850,40	133,01	5245,36	1651,15
859,84	194,62	5439,98	1680,66
859,84	253,32	5693,30	1765,91
429,92	-170,08	5523,22	1419,24
0,00	-593,48	4929,74	683,84
0,00	-456,52	4473,22	158,93

1 de Janeiro

Sistema de Armazenamento Total

Capacidade dos chillers (90%) [kW]	Potência que vai para o Tanque (90%) [kW]	Potência que está no Tanque (90%) [kW]	Potência que está no Tanque (90%) (eficiência do TES de 90%) [kW]
988,56	518,99	518,99	518,99
988,56	545,08	1064,08	1012,18
988,56	545,08	1609,16	1456,04
988,56	564,65	2173,81	1875,08
988,56	564,65	2738,45	2252,22
988,56	564,65	3303,10	2591,65
988,56	558,13	3861,22	2890,61
988,56	558,13	4419,35	3159,67
977,94	482,29	4901,64	3325,99
967,32	445,58	5347,22	3438,97
946,08	385,21	5732,43	3480,29
935,46	231,11	5963,54	3363,37
924,84	233,54	6197,08	3260,57
914,22	249,00	6446,08	3183,52
914,22	209,87	6655,95	3075,04
914,22	164,22	6820,17	2931,75
914,22	59,87	6880,04	2698,45
946,08	150,43	7030,47	2579,03
956,70	239,31	7269,78	2560,44
967,32	302,10	7571,88	2606,50
967,32	360,80	7932,68	2706,64
0,00	-600,00	7332,68	1835,98
0,00	-593,48	6739,20	1058,90
0,00	-456,52	6282,68	496,49

1 de Janeiro

Sistema de Armazenamento Total

Horas	Ptência de Arref. Total [kW]	Capacidade dos chillers (100%) [kW]	Potência que vai para o Tanque (100%) [kW]	Potência que está no Tanque (100%) [kW]	Potência que está no Tanque (100%) (eficiência do TES de 90 %) [kW]
1	469,57	1098,40	628,83	628,83	628,83
2	443,48	1098,40	654,92	1283,76	1220,87
3	443,48	1098,40	654,92	1938,68	1753,71
4	423,91	0,00	-423,91	1514,77	1154,42
5	423,91	0,00	-423,91	1090,85	615,07
6	423,91	0,00	-423,91	666,94	129,65
7	430,43	1098,40	667,97	1334,90	784,65
8	430,43	1098,40	667,97	2002,87	1374,15
9	495,65	1086,60	590,95	2593,82	1827,68
10	521,74	1074,80	553,06	3146,88	2197,97
11	560,87	1051,20	490,33	3637,21	2468,51
12	704,35	1039,40	335,05	3972,26	2556,71
13	691,30	1027,60	336,30	4308,56	2637,33
14	665,22	1015,80	350,58	4659,14	2724,18
15	704,35	0,00	-704,35	3954,79	1747,42
16	750,00	0,00	-750,00	3204,79	822,68
17	854,35	1015,80	161,45	3366,24	901,86
18	795,65	0,00	-795,65	2570,59	16,02
19	717,39	1063,00	345,61	2916,20	360,03
20	665,22	1074,80	409,58	3325,78	733,61
21	606,52	1074,80	468,28	3794,06	1128,53
22	600,00	1074,80	474,80	4268,86	1490,47
23	593,48	0,00	-593,48	3675,38	747,95
24	456,52	0,00	-456,52	3218,86	216,63

1 de Maio
Sistema de Armazenamento Total
Energia de Arrefecimento

Horas	TBS na ilha [°C]	HR na ilha [%]	Potência de Arref. Total [kW]	Capacidade dos chillers (100%) [kW]	Potência Elétrica (100%) [kW]	Potência Libertada para a atmosfera [kW]
1	29	84	551,74	1074,80	298,60	1373,40
2	29	84	521,09	1074,80	298,60	1373,40
3	28	89	521,09	1086,60	293,40	1380,00
4	28	89	498,10	1086,60	293,40	1380,00
5	28	89	498,10	1086,60	293,40	1380,00
6	28	89	498,10	1086,60	293,40	1380,00
7	28	84	505,76	1086,60	293,40	1380,00
8	28	84	505,76	1086,60	293,40	1380,00
9	29	84	582,39	1074,80	298,60	1373,40
10	31	75	613,04	1051,20	309,00	1360,20
11	32	71	659,02	1039,40	314,20	1353,60
12	33	67	827,61	1027,60	319,40	1347,00
13	32	71	812,28	1039,40	314,20	1353,60
14	32	67	781,63	1039,40	314,20	1353,60
15	33	67	827,61	1027,60	319,40	1347,00
16	32	71	881,25	1039,40	314,20	1353,60
17	32	71	1003,86	1039,40	314,20	1353,60
18	32	71	934,89	1039,40	314,20	1353,60
19	32	67	842,93	1039,40	314,20	1353,60
20	31	70	781,63	1051,20	309,00	1360,20
21	31	66	712,66	1051,20	309,00	1360,20
22	30	79	705,00	0,00	0,00	0,00
23	30	79	697,34	0,00	0,00	0,00
24	29	79	536,41	0,00	0,00	0,00

	Consumo Diário de Energia de Arref. [kWh]	Energia de Arrefecimento Produzida Diariamente [kWh]	Energia Elétrica Diária Consumida pelos Chillers [kWh]	Energia Diária Libertada para a Atmosfera [kWh]
	16299,29	22228,60	6421,40	28650,00
Nenhum chiller em operação				
2 chillers em operação				

1 de Maio
Sistema de Armazenamento Total
Energia de Arrefecimento

Capacidade dos chillers (90%) [kW]	Potência Elétrica (90%) [kW]	Potência Libertada para a atmosfera [kW]	Capacidade dos chillers (80%) [kW]	Potência Elétrica (80%) [kW]	Potência Libertada para a atmosfera [kW]
967,32	262,72	1230,04	859,84	226,76	1086,60
967,32	262,72	1230,04	859,84	226,76	1086,60
977,94	258,14	1236,08	869,28	222,82	1092,10
977,94	258,14	1236,08	869,28	222,82	1092,10
977,94	258,14	1236,08	869,28	222,82	1092,10
977,94	258,14	1236,08	869,28	222,82	1092,10
977,94	258,14	1236,08	869,28	222,82	1092,10
977,94	258,14	1236,08	869,28	222,82	1092,10
977,94	258,14	1236,08	869,28	222,82	1092,10
967,32	262,72	1230,04	859,84	226,76	1086,60
946,08	271,88	1217,96	840,96	234,64	1075,60
935,46	276,46	1211,92	831,52	238,58	1070,10
924,84	281,04	1205,88	822,08	242,52	1064,60
935,46	276,46	1211,92	831,52	238,58	1070,10
935,46	276,46	1211,92	831,52	238,58	1070,10
924,84	281,04	1205,88	822,08	242,52	1064,60
935,46	276,46	1211,92	831,52	238,58	1070,10
935,46	276,46	1211,92	831,52	238,58	1070,10
935,46	276,46	1211,92	831,52	238,58	1070,10
935,46	276,46	1211,92	831,52	238,58	1070,10
935,46	276,46	1211,92	831,52	238,58	1070,10
946,08	271,88	1217,96	840,96	234,64	1075,60
946,08	271,88	1217,96	840,96	234,64	1075,60
956,70	267,30	1224,00	850,40	230,70	1081,10
0,00	0,00	0,00	850,40	230,70	1081,10
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Energia de Arrefecimento Produzida Diariamente [kWh]	Energia Elétrica Diária Consumida pelos Chillers [kWh]	Energia Diária Libertada para a Atmosfera [kWh]	Energia de Arrefecimento Produzida Diariamente [kWh]	Energia Elétrica Diária Consumida pelos Chillers [kWh]	Energia Diária Libertada para a Atmosfera [kWh]
20962,44	5917,24	26879,68	19483,68	5337,62	24821,30

1 de Maio
Sistema de Armazenamento Total
Energia de Arrefecimento

Capacidade dos chillers (70%) [kW]	Potência Elétrica (70%) [kW]	Potência Libertada para a atmosfera [kW]
752,36	190,80	943,16
752,36	190,80	943,16
760,62	187,50	948,12
760,62	187,50	948,12
760,62	187,50	948,12
760,62	187,50	948,12
760,62	187,50	948,12
760,62	187,50	948,12
760,62	187,50	948,12
752,36	190,80	943,16
735,84	197,40	933,24
727,58	200,70	928,28
719,32	204,00	923,32
727,58	200,70	928,28
727,58	200,70	928,28
719,32	204,00	923,32
727,58	200,70	928,28
727,58	200,70	928,28
727,58	200,70	928,28
727,58	200,70	928,28
727,58	200,70	928,28
735,84	197,40	933,24
735,84	197,40	933,24
744,10	194,10	938,20
744,10	194,10	938,20
752,36	190,80	943,16

Energia de Arrefecimento Produzida Diariamente [kWh]	Energia Elétrica Diária Consumida pelos Chillers [kWh]	Energia Diária Libertada para a Atmosfera [kWh]
17800,58	4681,50	22482,08

1 de Maio

Sistema de Armazenamento Total

	Potência de Arref. Total [kW]	Capacidade dos chillers (70%) [kW]	Potência que vai para o Tanque (70%) [kW]	Potência que está no Tanque (70%) [kW]	Potência que está no Tanque (70%) (eficiência do TES de 90 %) [kW]
1	551,74	752,36	200,62	200,62	200,62
2	521,09	752,36	231,27	431,89	411,83
3	521,09	760,62	239,53	671,43	610,18
4	498,10	760,62	262,52	933,95	811,69
5	498,10	760,62	262,52	1196,47	993,04
6	498,10	760,62	262,52	1458,99	1156,26
7	505,76	760,62	254,86	1713,85	1295,49
8	505,76	760,62	254,86	1968,71	1420,80
9	582,39	752,36	169,97	2138,68	1448,69
10	613,04	735,84	122,80	2261,48	1426,62
11	659,02	727,58	68,56	2330,04	1352,51
12	827,61	719,32	-108,29	2221,75	1108,97
13	812,28	727,58	-84,70	2137,04	913,37
14	781,63	727,58	-54,05	2082,99	767,99
15	827,61	719,32	-108,29	1974,70	582,90
16	881,25	727,58	-153,67	1821,03	370,94
17	1003,86	727,58	-276,28	1544,76	57,57
18	934,89	727,58	-207,31	1337,44	-155,50
19	842,93	727,58	-115,35	1222,09	-255,31
20	781,63	735,84	-45,79	1176,30	-275,57
21	712,66	735,84	23,18	1199,48	-224,83
22	705,00	744,10	39,10	1238,58	-163,25
23	697,34	744,10	46,76	1285,34	-100,16
24	536,41	752,36	215,95	1501,29	125,80

Não dá para usar o chiller a 70 % de carga!!! Capacidade insuficiente para satisfazer as necessidades

1 de Maio

Sistema de Armazenamento Total

Capacidade dos chillers (80%) [kW]	Potência que vai para o Tanque (80%) [kW]	Potência que está no Tanque (80%) [kW]	Potência que está no Tanque (80%) (eficiência do TES de 90 %) [kW]
859,84	308,10	308,10	308,10
859,84	338,75	646,85	616,04
869,28	348,19	995,05	902,63
869,28	371,18	1366,23	1183,55
869,28	371,18	1737,41	1436,38
869,28	371,18	2108,59	1663,92
869,28	363,52	2472,11	1861,05
869,28	363,52	2835,63	2038,46
859,84	277,45	3113,08	2112,07
840,96	227,92	3341,00	2128,78
831,52	172,50	3513,50	2088,40
822,08	-5,53	3507,97	1874,03
831,52	19,24	3527,20	1705,86
831,52	49,89	3577,09	1585,17
822,08	-5,53	3571,56	1421,12
831,52	-49,73	3521,83	1229,28
831,52	-172,34	3349,50	934,01
831,52	-103,37	3246,12	737,24
831,52	-11,41	3234,71	652,10
840,96	59,33	3294,04	646,22
840,96	128,30	3422,34	709,90
850,40	145,40	3567,74	784,31
850,40	153,06	3720,80	858,94
0,00	-536,41	3184,39	236,63

1 de Maio

Sistema de Armazenamento Total

Capacidade dos chillers (90%) [kW]	Potência que vai para o Tanque (90%) [kW]	Potência que está no Tanque (90%) [kW]	Potência que está no Tanque (90%) (eficiência do TES de 90 %) [kW]
967,32	415,58	415,58	415,58
967,32	446,23	861,81	820,26
977,94	456,85	1318,67	1195,08
977,94	479,84	1798,51	1555,42
977,94	479,84	2278,35	1879,72
977,94	479,84	2758,19	2171,59
977,94	472,18	3230,37	2426,61
977,94	472,18	3702,55	2656,13
967,32	384,93	4087,48	2775,44
946,08	333,04	4420,52	2830,93
935,46	276,44	4696,96	2824,28
924,84	97,23	4794,19	2639,08
935,46	123,18	4917,36	2498,35
935,46	153,83	5071,19	2402,35
924,84	97,23	5168,42	2259,34
935,46	54,21	5222,63	2087,62
935,46	-68,40	5154,24	1810,46
935,46	0,57	5154,80	1629,98
935,46	92,53	5247,33	1559,51
946,08	164,45	5411,78	1568,01
946,08	233,42	5645,20	1644,62
956,70	251,70	5896,90	1731,86
0,00	-697,34	5199,56	861,34
0,00	-536,41	4663,15	238,79

1 de Maio

Sistema de Armazenamento Total

Horas	Potência de Arref. Total [kW]	Capacidade dos chillers (100%) [kW]	Potência que vai para o Tanque (100%) [kW]	Potência que está no Tanque (100%) [kW]	Potência que está no Tanque (100%) (eficiência do TES de 90 %) [kW]
1	551,74	1074,80	523,06	523,06	523,06
2	521,09	1074,80	553,71	1076,77	1024,47
3	521,09	1086,60	565,51	1642,29	1487,53
4	498,10	1086,60	588,50	2230,79	1927,28
5	498,10	1086,60	588,50	2819,29	2323,06
6	498,10	1086,60	588,50	3407,79	2679,25
7	505,76	1086,60	580,84	3988,63	2992,17
8	505,76	1086,60	580,84	4569,47	3273,79
9	582,39	1074,80	492,41	5061,88	3438,82
10	613,04	1051,20	438,16	5500,04	3533,09
11	659,02	1039,40	380,38	5880,42	3560,16
12	827,61	1027,60	199,99	6080,41	3404,14
13	812,28	1039,40	227,12	6307,52	3290,84
14	781,63	1039,40	257,77	6565,29	3219,53
15	827,61	1027,60	199,99	6765,28	3097,57
16	881,25	1039,40	158,15	6923,43	2945,96
17	1003,86	1039,40	35,54	6958,98	2686,90
18	934,89	1039,40	104,51	7063,48	2522,72
19	842,93	1039,40	196,47	7259,95	2466,92
20	781,63	1051,20	269,57	7529,52	2489,79
21	712,66	1051,20	338,54	7868,06	2579,35
22	705,00	0,00	-705,00	7163,06	1616,42
23	697,34	0,00	-697,34	6465,72	757,44
24	536,41	0,00	-536,41	5929,31	145,28

Sistema de Armazenamento Total

Janeiro

Carga dos chillers	Capacidade minima de armazenamento do tanque [kWh]	Quantidade de energia armazenada no tanque no final do dia [kWh]	Consumo Diário de Energia Elétrica [kWh]
100%	2724,18	216,63	4824,40
90%	3480,29	496,49	5585,82
80%	2734,38	158,93	4934,44
70%	2015,00	72,88	4342,50

Maio

Carga dos chillers	Capacidade minima de armazenamento do tanque [kWh]	Quantidade de energia armazenada no tanque no final do dia [kWh]	Consumo Diário de Energia Elétrica [kWh]
100%	3560,16	145,28	6421,40
90%	2830,93	238,79	5917,24
80%	2128,78	236,63	5337,62
70%			

Sistema de Armaz. de Energia Térmica de Água Fria

	Tentrada [°C]	6
	Tsaida [°C]	11
	kWh	l
Capacidade de armazenamento minima - Janeiro	2015,00	346252,15
Capacidade de armazenamento minima - Maio	2128,78	365803,99
Capacidade de armazenamento mínima do depósito	2128,78	365803,99

Caudal [l/s]	101,61
Caudal [l/h]	365803,99
Caudal máx. que passa no permutador em 1 hora [l]	365803,99
Caudal máx. que passa no permutador em 1 hora [kg]	365803,99
Vol. minimo do tanque [l] (se usar 1 depósito)	365803,99
Volume minimo do depósito [dm^3]	365803,99
Volume minimo do depósito [m^3]	365,80
Número de Tanques	1
Volume minimo do depósito [l]	365803,994

Condições de operação dos chillers escolhidos para os diferentes perfis de consumo

$$\text{Energia [kWh]} = \text{Caudal Volúmico [l/s]} * \text{Calor específico a pressão const. [4,19 kJ/kg.K]} * \Delta T [K] * \text{Massa Volúmica [1 kg/l]} * 1[h]$$

Chiller - NECS/R/CA 1816

Temp. [°C]		25	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Capacidade [kW]		561,00	549,20	543,30	537,40	531,50	525,60	519,70	513,80	507,90	502,00
Carga [%]	100%	561,00	549,20	543,30	537,40	531,50	525,60	519,70	513,80	507,90	502,00
	90%	504,90	494,28	488,97	483,66	478,35	473,04	467,73	462,42	457,11	451,80
	80%	448,80	439,36	434,64	429,92	425,20	420,48	415,76	411,04	406,32	401,60
	70%	392,70	384,44	380,31	376,18	372,05	367,92	363,79	359,66	355,53	351,40
	60%	336,60	329,52	325,98	322,44	318,90	315,36	311,82	308,28	304,74	301,20

1 de Janeiro
Sistema de Armazenamento Parcial
Energia de Arrefecimento

Horas	TBS na ilha [°C]	HR na ilha [%]	Potência de Arref. Total [kW]	Capacidade dos chillers (100%) [kW]	Potência Elétrica (100%) [kW]	Potência Libertada para a atmosfera [kW]
1	27	84	469,57	1098,40	288,20	1386,60
2	27	84	443,48	1098,40	288,20	1386,60
3	27	84	443,48	1098,40	288,20	1386,60
4	27	84	423,91	549,20	144,10	693,30
5	27	84	423,91	549,20	144,10	693,30
6	27	84	423,91	549,20	144,10	693,30
7	27	84	430,43	549,20	144,10	693,30
8	27	84	430,43	549,20	144,10	693,30
9	28	79	495,65	543,30	146,70	690,00
10	29	70	521,74	537,40	149,30	686,70
11	31	62	560,87	525,60	154,50	680,10
12	32	59	704,35	519,70	157,10	676,80
13	33	56	691,30	513,80	159,70	673,50
14	34	49	665,22	507,90	162,30	670,20
15	34	49	704,35	507,90	162,30	670,20
16	34	53	750,00	1015,80	324,60	1340,40
17	34	49	854,35	1015,80	324,60	1340,40
18	31	59	795,65	525,60	154,50	680,10
19	30	62	717,39	1063,00	303,80	1366,80
20	29	70	665,22	537,40	149,30	686,70
21	29	70	606,52	537,40	149,30	686,70
22	29	74	600,00	537,40	149,30	686,70
23	29	74	593,48	537,40	149,30	686,70
24	27	84	456,52	549,20	144,10	693,30

Consumo Diário de Energia de Arref. [kWh]	Energia de Arrefecimento Produzida Diariamente [kWh]	Energia Elétrica Diária Consumida pelos Chillers [kWh]	Energia Diária Libertada para a Atmosfera [kWh]
13871,74	16015,80	4525,80	20541,60

	1 chiller em operação
	2 chillers em operação

1 de Janeiro

Sistema de Armazenamento Parcial

Energia de Arrefecimento

Capacidade dos chillers (90%) [kW]	Potência Elétrica (90%) [kW]	Potência Libertada para a atmosfera [kW]	Capacidade dos chillers (80%) [kW]	Potência Elétrica (80%) [kW]	Potência Libertada para a atmosfera [kW]
988,56	253,56	1242,12	878,72	218,88	1097,60
988,56	253,56	1242,12	878,72	218,88	1097,60
988,56	253,56	1242,12	878,72	218,88	1097,60
988,56	253,56	1242,12	878,72	218,88	1097,60
988,56	253,56	1242,12	878,72	218,88	1097,60
494,28	126,78	621,06	878,72	218,88	1097,60
494,28	126,78	621,06	878,72	218,88	1097,60
494,28	126,78	621,06	878,72	218,88	1097,60
488,97	129,07	618,04	869,28	222,82	1092,10
483,66	131,36	615,02	429,92	113,38	543,30
473,04	135,94	608,98	420,48	117,32	537,80
467,73	138,23	605,96	415,76	119,29	535,05
462,42	140,52	602,94	411,04	121,26	532,30
457,11	142,81	599,92	406,32	123,23	529,55
914,22	285,62	1199,84	406,32	123,23	529,55
457,11	142,81	599,92	812,64	246,46	1059,10
914,22	285,62	1199,84	812,64	246,46	1059,10
946,08	271,88	1217,96	840,96	234,64	1075,60
478,35	133,65	612,00	850,40	230,70	1081,10
967,32	262,72	1230,04	429,92	113,38	543,30
483,66	131,36	615,02	859,84	226,76	1086,60
483,66	131,36	615,02	429,92	113,38	543,30
967,32	262,72	1230,04	859,84	226,76	1086,60
494,28	126,78	621,06	439,36	109,44	548,80

Energia de Arrefecimento Produzida Diariamente [kWh]	Energia Elétrica Diária Consumida pelos Chillers [kWh]	Energia Diária Libertada para a Atmosfera [kWh]	Energia de Arrefecimento Produzida Diariamente [kWh]	Energia Elétrica Diária Consumida pelos Chillers [kWh]	Energia Diária Libertada para a Atmosfera [kWh]
16364,79	4500,59	20865,38	16724,40	4439,55	21163,95

1 de Janeiro
Sistema de Armazenamento Parcial
Energia de Arrefecimento

Capacidade dos chillers (70%) [kW]	Potência Elétrica (70%) [kW]	Potência Libertada para a atmosfera [kW]
768,88	184,20	953,08
768,88	184,20	953,08
768,88	184,20	953,08
768,88	184,20	953,08
768,88	184,20	953,08
768,88	184,20	953,08
768,88	184,20	953,08
768,88	184,20	953,08
760,62	187,50	948,12
752,36	190,80	943,16
735,84	197,40	933,24
727,58	200,70	928,28
719,32	204,00	923,32
355,53	103,65	459,18
355,53	103,65	459,18
355,53	103,65	459,18
711,06	207,30	918,36
735,84	197,40	933,24
744,10	194,10	938,20
752,36	190,80	943,16
752,36	190,80	943,16
376,18	95,40	471,58
752,36	190,80	943,16
384,44	92,10	476,54

Energia de Arrefecimento Produzida Diariamente [kWh]	Energia Elétrica Diária Consumida pelos Chillers [kWh]	Energia Diária Libertada para a Atmosfera [kWh]
16122,05	4123,65	20245,70

1 de Janeiro

Sistema de Armazenamento Parcial

	Potência de Arref. Total [kW]	Capacidade dos chillers (70%) [kW]	Potência que vai para o Tanque (70%) [kW]	Potência que está no Tanque (70%) [kW]	Potência que está no Tanque (70%) (eficiência do TES de 90 %) [kW]
1	469,57	768,88	299,31	299,31	299,31
2	443,48	768,88	325,40	624,72	594,79
3	443,48	768,88	325,40	950,12	860,71
4	423,91	768,88	344,97	1295,09	1119,60
5	423,91	768,88	344,97	1640,05	1352,61
6	423,91	768,88	344,97	1985,02	1562,32
7	430,43	768,88	338,45	2323,46	1744,53
8	430,43	768,88	338,45	2661,91	1908,52
9	495,65	760,62	264,97	2926,88	1982,64
10	521,74	752,36	230,62	3157,50	2015,00
11	560,87	735,84	174,97	3332,47	1988,47
12	704,35	727,58	23,23	3355,70	1812,85
13	691,30	719,32	28,02	3383,72	1659,58
14	665,22	355,53	-309,69	3074,03	1183,94
15	704,35	355,53	-348,82	2725,21	716,73
16	750,00	355,53	-394,47	2330,74	250,58
17	854,35	711,06	-143,29	2187,45	82,24
18	795,65	735,84	-59,81	2127,64	14,20
19	717,39	744,10	26,71	2154,35	39,49
20	665,22	752,36	87,14	2241,49	122,68
21	606,52	752,36	145,84	2387,33	256,25
22	600,00	376,18	-223,82	2163,51	6,81
23	593,48	752,36	158,88	2322,39	165,01
24	456,52	384,44	-72,08	2250,31	76,43

	1 chiller em operação
	2 chillers em operação
	Capacidade que o tanque tem que armazenar [kW]
	Potência armazenada no tanque no final do dia [kW]

1 de Janeiro

Sistema de Armazenamento Parcial

Capacidade dos chillers (80%) [kW]	Potência que vai para o Tanque (80%) [kW]	Potência que está no Tanque (80%) [kW]	Potência que está no Tanque (80%) (eficiência do TES de 90 %) [kW]
878,72	409,15	409,15	409,15
878,72	435,24	844,40	803,48
878,72	435,24	1279,64	1158,37
878,72	454,81	1734,45	1497,34
878,72	454,81	2189,25	1802,42
878,72	454,81	2644,06	2076,98
878,72	448,29	3092,34	2317,57
878,72	448,29	3540,63	2534,10
869,28	373,63	3914,26	2654,32
429,92	-91,82	3822,44	2297,06
420,48	-140,39	3682,05	1926,97
415,76	-288,59	3393,46	1445,68
411,04	-280,26	3113,20	1020,85
406,32	-258,90	2854,30	659,87
406,32	-298,03	2556,27	295,85
812,64	62,64	2618,91	328,91
812,64	-41,71	2577,20	254,31
840,96	45,31	2622,51	274,19
850,40	133,01	2755,52	379,78
429,92	-235,30	2520,22	106,50
859,84	253,32	2773,54	349,17
429,92	-170,08	2603,46	144,17
859,84	266,36	2869,82	396,12
439,36	-17,16	2852,66	339,34

1 de Janeiro

Sistema de Armazenamento Parcial

Capacidade dos chillers (90%) [kW]	Potência que vai para o Tanque (90%) [kW]	Potência que está no Tanque (90%) [kW]	Potência que está no Tanque (90%) (eficiência do TES de 90%) [kW]
988,56	518,99	518,99	518,99
988,56	545,08	1064,08	1012,18
988,56	545,08	1609,16	1456,04
988,56	564,65	2173,81	1875,08
988,56	564,65	2738,45	2252,22
494,28	70,37	2808,82	2097,37
494,28	63,85	2872,66	1951,48
494,28	63,85	2936,51	1820,17
488,97	-6,68	2929,83	1631,47
483,66	-38,08	2891,75	1430,25
473,04	-87,83	2803,92	1199,39
467,73	-236,62	2567,30	842,84
462,42	-228,88	2338,42	529,67
457,11	-208,11	2130,31	268,59
914,22	209,87	2340,18	451,61
457,11	-292,89	2047,29	113,56
914,22	59,87	2107,16	162,07
946,08	150,43	2257,59	296,29
478,35	-239,04	2018,55	27,62
967,32	302,10	2320,65	326,96
483,66	-122,86	2197,79	171,40
483,66	-116,34	2081,45	37,92
967,32	373,84	2455,29	407,97
494,28	37,76	2493,05	404,93

1 de Janeiro

Sistema de Armazenamento Parcial

Horas	Potência de Arref. Total [kW]	Capacidade dos chillers (100%) [kW]	Potência que vai para o Tanque (100%) [kW]	Potência que está no Tanque (100%) [kW]	Potência que está no Tanque (100%) (eficiência do TES de 90 %) [kW]
1	469,57	1098,40	628,83	628,83	628,83
2	443,48	1098,40	654,92	1283,76	1220,87
3	443,48	1098,40	654,92	1938,68	1753,71
4	423,91	549,20	125,29	2063,97	1703,62
5	423,91	549,20	125,29	2189,25	1658,55
6	423,91	549,20	125,29	2314,54	1617,98
7	430,43	549,20	118,77	2433,30	1574,95
8	430,43	549,20	118,77	2552,07	1536,22
9	495,65	543,30	47,65	2599,72	1430,24
10	521,74	537,40	15,66	2615,38	1302,88
11	560,87	525,60	-35,27	2580,11	1137,32
12	704,35	519,70	-184,65	2395,46	838,94
13	691,30	513,80	-177,50	2217,96	577,54
14	665,22	507,90	-157,32	2060,64	362,47
15	704,35	507,90	-196,45	1864,19	129,78
16	750,00	1015,80	265,80	2129,99	382,60
17	854,35	1015,80	161,45	2291,44	505,79
18	795,65	525,60	-270,05	2021,39	185,16
19	717,39	1063,00	345,61	2367,00	512,25
20	665,22	537,40	-127,82	2239,18	333,21
21	606,52	537,40	-69,12	2170,06	230,77
22	600,00	537,40	-62,60	2107,46	145,09
23	593,48	537,40	-56,08	2051,38	74,50
24	456,52	549,20	92,68	2144,06	159,73

1 de Maio
Sistema de Armazenamento Parcial
Energia de Arrefecimento

Horas	TBS na ilha [°C]	HR na ilha [%]	Potência de Arref. Total [kW]	Capacidade dos chillers (100%) [kW]	Potência Elétrica (100%) [kW]	Potência Libertada para a atmosfera [kW]
1	29	84	551,74	1074,80	298,60	1373,40
2	29	84	521,09	1074,80	298,60	1373,40
3	28	89	521,09	1086,60	293,40	1380,00
4	28	89	498,10	1086,60	293,40	1380,00
5	28	89	498,10	1086,60	293,40	1380,00
6	28	89	498,10	1086,60	293,40	1380,00
7	28	84	505,76	1086,60	293,40	1380,00
8	28	84	505,76	543,30	146,70	690,00
9	29	84	582,39	537,40	149,30	686,70
10	31	75	613,04	525,60	154,50	680,10
11	32	71	659,02	519,70	157,10	676,80
12	33	67	827,61	513,80	159,70	673,50
13	32	71	812,28	519,70	157,10	676,80
14	32	67	781,63	519,70	157,10	676,80
15	33	67	827,61	513,80	159,70	673,50
16	32	71	881,25	1039,40	314,20	1353,60
17	32	71	1003,86	1039,40	314,20	1353,60
18	32	71	934,89	1039,40	314,20	1353,60
19	32	67	842,93	1039,40	314,20	1353,60
20	31	70	781,63	525,60	154,50	680,10
21	31	66	712,66	525,60	154,50	680,10
22	30	79	705,00	1063,00	303,80	1366,80
23	30	79	697,34	531,50	151,90	683,40
24	29	79	536,41	537,40	149,30	686,70

Consumo Diário de Energia de Arref. [kWh]	Energia de Arrefecimento Produzida Diariamente [kWh]	Energia Elétrica Diária Consumida pelos Chillers [kWh]	Energia Diária Libertada para a Atmosfera [kWh]
16299,29	19116,30	5476,20	24592,50

	1 chiller em operação
	2 chillers em operação

1 de Maio

Sistema de Armazenamento Parcial

Energia de Arrefecimento

Capacidade dos chillers (90%) [kW]	Potência Elétrica (90%) [kW]	Potência Libertada para a atmosfera [kW]	Capacidade dos chillers (80%) [kW]	Potência Elétrica (80%) [kW]
967,32	262,72	1230,04	859,84	226,76
967,32	262,72	1230,04	859,84	226,76
977,94	258,14	1236,08	869,28	222,82
977,94	258,14	1236,08	869,28	222,82
977,94	258,14	1236,08	869,28	222,82
977,94	258,14	1236,08	869,28	222,82
977,94	258,14	1236,08	869,28	222,82
977,94	258,14	1236,08	869,28	222,82
977,94	258,14	1236,08	869,28	222,82
967,32	262,72	1230,04	859,84	226,76
946,08	271,88	1217,96	840,96	234,64
467,73	138,23	605,96	831,52	238,58
462,42	140,52	602,94	822,08	242,52
467,73	138,23	605,96	831,52	238,58
467,73	138,23	605,96	831,52	238,58
462,42	140,52	602,94	822,08	242,52
935,46	276,46	1211,92	415,76	119,29
935,46	276,46	1211,92	415,76	119,29
935,46	276,46	1211,92	831,52	238,58
935,46	276,46	1211,92	831,52	238,58
946,08	271,88	1217,96	840,96	234,64
473,04	135,94	608,98	840,96	234,64
956,70	267,30	1224,00	850,40	230,70
478,35	133,65	612,00	425,20	115,35
483,66	131,36	615,02	859,84	226,76

Energia de Arrefecimento Produzida Diariamente [kWh]	Energia Elétrica Diária Consumida pelos Chillers [kWh]	Energia Diária Libertada para a Atmosfera [kWh]	Energia de Arrefecimento Produzida Diariamente [kWh]	Energia Elétrica Diária Consumida pelos Chillers [kWh]
19123,38	5350,58	24473,96	19086,80	5210,45

1 de Maio

Sistema de Armazenamento Parcial

Energia de Arrefecimento

Potência Libertada para a atmosfera [kW]	Capacidade dos chillers (70%) [kW]	Potência Elétrica (70%) [kW]	Potência Libertada para a atmosfera [kW]
1086,60	752,36	190,80	943,16
1086,60	752,36	190,80	943,16
1092,10	760,62	187,50	948,12
1092,10	760,62	187,50	948,12
1092,10	760,62	187,50	948,12
1092,10	760,62	187,50	948,12
1092,10	760,62	187,50	948,12
1092,10	760,62	187,50	948,12
1092,10	760,62	187,50	948,12
1086,60	735,84	190,80	926,64
1075,60	719,32	197,40	916,72
1070,10	711,06	200,70	911,76
1064,60	702,80	204,00	906,80
1070,10	727,58	200,70	928,28
1070,10	727,58	200,70	928,28
1064,60	702,80	204,00	906,80
535,05	727,58	200,70	928,28
535,05	727,58	200,70	928,28
1070,10	727,58	200,70	928,28
1070,10	727,58	200,70	928,28
1075,60	735,84	197,40	933,24
1075,60	735,84	197,40	933,24
1081,10	744,10	194,10	938,20
540,55	744,10	194,10	938,20
1086,60	735,84	190,80	926,64

Energia Diária Libertada para a Atmosfera [kWh]	Energia de Arrefecimento Produzida Diariamente [kWh]	Energia Elétrica Diária Consumida pelos Chillers [kWh]	Energia Diária Libertada para a Atmosfera [kWh]
24297,25	17701,46	4681,50	22382,96

1 de Maio

Sistema de Armazenamento Parcial

	Potência de Arref. Total [kW]	Capacidade dos chillers (70%) [kW]	Potência que vai para o Tanque (70%) [kW]	Potência que está no Tanque (70%) [kW]	Potência que está no Tanque (70%) (eficiência do TES de 90 %) [kW]
1	551,74	752,36	200,62	200,62	200,62
2	521,09	752,36	231,27	431,89	411,83
3	521,09	760,62	239,53	671,43	610,18
4	498,10	760,62	262,52	933,95	811,69
5	498,10	760,62	262,52	1196,47	993,04
6	498,10	760,62	262,52	1458,99	1156,26
7	505,76	760,62	254,86	1713,85	1295,49
8	505,76	760,62	254,86	1968,71	1420,80
9	582,39	735,84	153,45	2122,16	1432,17
10	613,04	719,32	106,28	2228,44	1395,23
11	659,02	711,06	52,04	2280,48	1307,74
12	827,61	702,80	-124,81	2155,67	1052,16
13	812,28	727,58	-84,70	2070,96	862,24
14	781,63	727,58	-54,05	2016,91	721,97
15	827,61	702,80	-124,81	1892,10	524,96
16	881,25	727,58	-153,67	1738,43	318,80
17	1003,86	727,58	-276,28	1462,16	10,64
18	934,89	727,58	-207,31	1254,84	-197,74
19	842,93	727,58	-115,35	1139,49	-293,32
20	781,63	735,84	-45,79	1093,70	-309,78
21	712,66	735,84	23,18	1116,88	-255,62
22	705,00	744,10	39,10	1155,98	-190,96
23	697,34	744,10	46,76	1202,74	-125,10
24	536,41	735,84	199,43	1402,17	86,84

Não dá para usar o chiller a 70 % de carga!!! Capacidade insuficiente para satisfazer as necessidades

1 de Maio

Sistema de Armazenamento Parcial

Capacidade dos chillers (80%) [kW]	Potência que vai para o Tanque (80%) [kW]	Potência que está no Tanque (80%) [kW]	Potência que está no Tanque (80%) (eficiência do TES de 90 %) [kW]
859,84	308,10	308,10	308,10
859,84	338,75	646,85	616,04
869,28	348,19	995,05	902,63
869,28	371,18	1366,23	1183,55
869,28	371,18	1737,41	1436,38
869,28	371,18	2108,59	1663,92
869,28	363,52	2472,11	1861,05
869,28	363,52	2835,63	2038,46
859,84	277,45	3113,08	2112,07
840,96	227,92	3341,00	2128,78
831,52	172,50	3513,50	2088,40
822,08	-5,53	3507,97	1874,03
831,52	19,24	3527,20	1705,86
831,52	49,89	3577,09	1585,17
822,08	-5,53	3571,56	1421,12
415,76	-465,49	3106,07	813,52
415,76	-588,10	2517,98	144,07
831,52	-103,37	2414,60	26,29
831,52	-11,41	2403,19	12,25
840,96	59,33	2462,52	70,35
840,96	128,30	2590,82	191,61
850,40	145,40	2736,22	317,85
425,20	-272,14	2464,08	13,93
859,84	323,43	2787,51	335,96

1 de Maio

Sistema de Armazenamento Parcial

Capacidade dos chillers (90%) [kW]	Potência que vai para o Tanque (90%) [kW]	Potência que está no Tanque (90%) [kW]	Potência que está no Tanque (90%) (eficiência do TES de 90 %) [kW]
967,32	415,58	415,58	415,58
967,32	446,23	861,81	820,26
977,94	456,85	1318,67	1195,08
977,94	479,84	1798,51	1555,42
977,94	479,84	2278,35	1879,72
977,94	479,84	2758,19	2171,59
977,94	472,18	3230,37	2426,61
977,94	472,18	3702,55	2656,13
967,32	384,93	4087,48	2775,44
946,08	333,04	4420,52	2830,93
467,73	-191,29	4229,23	2356,55
462,42	-365,19	3864,04	1755,71
467,73	-344,55	3519,48	1235,58
467,73	-313,90	3205,58	798,12
462,42	-365,19	2840,39	353,12
935,46	54,21	2894,60	372,02
935,46	-68,40	2826,21	266,42
935,46	0,57	2826,77	240,35
935,46	92,53	2919,30	308,84
946,08	164,45	3083,75	442,40
473,04	-239,62	2844,13	158,54
956,70	251,70	3095,83	394,39
478,35	-218,99	2876,84	135,96
483,66	-52,75	2824,09	69,61

1 de Maio

Sistema de Armazenamento Parcial

Horas	Potência de Arref. Total [kW]	Capacidade dos chillers (100%) [kW]	Potência que vai para o Tanque (100%) [kW]	Potência que está no Tanque (100%) [kW]	Potência que está no Tanque (100%) (eficiência do TES de 90 %) [kW]
1	551,74	1074,80	523,06	523,06	523,06
2	521,09	1074,80	553,71	1076,77	1024,47
3	521,09	1086,60	565,51	1642,29	1487,53
4	498,10	1086,60	588,50	2230,79	1927,28
5	498,10	1086,60	588,50	2819,29	2323,06
6	498,10	1086,60	588,50	3407,79	2679,25
7	505,76	1086,60	580,84	3988,63	2992,17
8	505,76	543,30	37,54	4026,17	2730,49
9	582,39	537,40	-44,99	3981,18	2412,45
10	613,04	525,60	-87,44	3893,74	2083,76
11	659,02	519,70	-139,32	3754,42	1736,06
12	827,61	513,80	-313,81	3440,61	1248,65
13	812,28	519,70	-292,58	3148,02	831,20
14	781,63	519,70	-261,93	2886,09	486,15
15	827,61	513,80	-313,81	2572,28	123,73
16	881,25	1039,40	158,15	2730,43	269,50
17	1003,86	1039,40	35,54	2765,98	278,09
18	934,89	1039,40	104,51	2870,48	354,79
19	842,93	1039,40	196,47	3066,95	515,78
20	781,63	525,60	-256,03	2810,92	208,17
21	712,66	525,60	-187,06	2623,86	0,29
22	705,00	1063,00	358,00	2981,86	358,26
23	697,34	531,50	-165,84	2816,02	156,60
24	536,41	537,40	0,99	2817,01	141,93

Sistema de Armazenamento Parcial

Janeiro

Carga dos chillers	Capacidade minima de armazenamento do tanque [kWh]	Quantidade de energia armazenada no tanque no final do dia [kWh]	Consumo Diário de Energia Elétrica [kWh]
100%	1753,71	159,73	4525,80
90%	2252,22	404,93	4500,59
80%	2654,32	339,34	4439,55
70%	2015,00	76,43	4123,65

Maio

Carga dos chillers	Capacidade minima de armazenamento do tanque [kWh]	Quantidade de energia armazenada no tanque no final do dia [kWh]	Consumo Diário de Energia Elétrica [kWh]
100%	2992,17	141,93	5476,20
90%	2830,93	69,61	5350,58
80%	2128,78	335,96	5210,45
70%	-		

Sistema de Armaz. de Energia Térmica de Água Fria

	Tentrada [°C]	6
	Tsaida [°C]	11
	kWh	l
Capacidade de armazenamento minima - Janeiro	1753,71	301353,08
Capacidade de armazenamento minima - Maio	2128,78	365803,99
Capacidade de armazenamento mínima do depósito	2128,78	365803,99

Caudal [l/s]	101,61
Caudal [l/h]	365803,99
Caudal máx. que passa no permutador em 1 hora [l]	365803,99
Caudal máx. que passa no permutador em 1 hora [kg]	365803,99
Vol. mínimo do tanque [l] (se usar 1 depósito)	365803,99
Volume mínimo do depósito [dm³]	365803,99
Volume mínimo do depósito [m³]	365,80
Número de Tanques	1
Volume mínimo do depósito [l]	365803,994

Condições de operação dos chillers escolhidos para os diferentes perfis de consumo

$$\text{Energia [kWh]} = \text{Caudal Volúmico [l/s]} * \text{Calor específico a pressão const. [4,19 kJ/kg.K]} * \Delta T [K] * \text{Massa Volúmica [1 kg/l]} * 1[h]$$

**Anexo 5 – Seleção dos Chillers de Compressão a Vapor
com as respectivas características (Text = 25 °C e 35 °C)**

NECS /R /CA 1816

Software version: ELCA World 1.4.3.0
 Database version: 1.5.3.0
 User: Nuno Iglesias
 Print data: 14/07/2020 18:34
 Calculation type: EUROPEAN GROSS



Code	NECS /R /CA 1816	
Version	CA	
Size	1816	
UNIT DESCRIPTION	Chiller, air source for outdoor installation	
Power supply	V/ph/Hz	400/3/50

PERFORMANCE AT DESIGNED CONDITIONS

RUNNING CONDITIONS

HEAT EXCHANGER USER SIDE

Fluid inlet temperature (cooling mode)	°C	11.00
Fluid outlet temperature (cooling mode)	°C	6.00
Fluid type		WATER
Glycol	%	0
Fouling factor	m²K/kW	0.000

HEAT RECOVERY EX. USER SIDE

Fluid inlet temperature (cooling mode)	°C	40.00
Fluid outlet temperature (cooling mode)	°C	45.00
Fluid type		WATER
Glycol	%	0
Fouling factor	m²K/kW	0.000

OUTDOOR CONDITION

Air temperature (cooling mode)	°C	35.0

COOLING (Gross value)

Cooling capacity	kW	502.3
Compressors power input	kW	144.9
Fans power input (cooling mode)	kW	20.00
Total power input	kW	164.9
EER	kW/kW	3.046

COOLING WITH HEAT RECOVERY

Cooling capacity	kW	497.7
Recovery heat exchanger capacity	kW	637.6
Total power input	kW	148.8
TER	kW/kW	7.628

SEER

SEER Official (Reg. EU 2016/2281)

Fan coil (12/7)

Type climate		Average
Temp. Plant side		Fan coil (12/7)
Type flow		Fixed
Type Temperature		Variable
Prated,c	kW	516
T Design		35.00
Qce		72833.58
SEER		4.25
Performance ηs	%	167

NECS /R /CA 1816

Software version: ELCA World 1.4.3.0
 Database version: 1.5.3.0
 User: Nuno Iglesias
 Print data: 14/07/2020 18:34
 Calculation type: EUROPEAN GROSS



SEER Editable (EN 14825)

Fan coil (12/7)

Type climate	Average
Temp. Plant side	Fan coil (12/7)
Type flow	Fixed
Type Temperature	Variable
Prated,c	515.50
T Design	35.00
Qce	72833.58
SEER	4.25
Performance η_s	167

PART LOAD DATA

COOLING PARTIAL LOADS

Load	%	100.0	90.0	80.0	70.0	60.0	50.0	40.0	30.0	20.0	10.0
Outdoor air temperature	°C	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0
Cooling load	kWh	502	452	402	352	301	251	201	151	101	50
Fans power input (cooling mode)	kW	20.00	17.35	14.69	12.03	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	3.51
Total power input	kW	164.9	145.1	125.2	105.3	87.50	71.10	56.40	42.50	28.90	15.70
Temp. evaporator inlet	°C	11.00	10.50	10.00	9.50	9.00	8.50	8.00	7.50	7.00	6.93
Temp. evaporator outlet	°C	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Evaporator water flow	l/s	24.02	24.02	24.02	24.02	24.02	24.02	24.02	24.02	24.02	24.02
EER	kW/kW	3.050	3.120	3.210	3.340	3.450	3.530	3.560	3.540	3.480	3.190

EXCHANGERS

HEAT EXCHANGER USER SIDE

Typology	SHELL&TUBE
Quantity	1
Fluid type	WATER
Glycol	0
Fouling factor	0.000
Type of connections	VICTAULIC
Diameter of connections	5"
Min flow	14.97
Max flow	36.19
K pressure drop	6.30
Water content	0.00

COOLING

Fluid inlet temperature (cooling mode)	°C	11.00
Fluid outlet temperature (cooling mode)	°C	6.00
Water flow	l/s	24.02
Pressure drop at the heat exchanger	kPa	47.1
Available unit's head	kPa	0.00

COOLING + HEAT RECOVERY

Water flow	l/s	23.79
Pressure drop at the heat exchanger	kPa	46.2

HEAT RECOVERY EX. USER SIDE

Typology	SHELL&TUBE
Quantity	1
Fluid type	WATER
Glycol	0
Fouling factor	0.000
Type of connections	VICTAULIC
Diameter of connections	5"
Min flow	14.97
Max flow	36.19
K pressure drop	6.30
Water content	0.00

NECS /R /CA 1816

Software version: ELCA World 1.4.3.0
 Database version: 1.5.3.0
 User: Nuno Iglesias
 Print data: 14/07/2020 18:34
 Calculation type: EUROPEAN GROSS



COOLING

Fluid inlet temperature (cooling mode)	°C	40.00
Fluid outlet temperature (cooling mode)	°C	45.00
Water flow	l/s	30.78
Pressure drop at the heat exchanger	kPa	77.3
Available unit's head	kPa	0.00

FANS

Fans type		AXIAL
Fans number	N°	10
Fans power input	kW	2.00
F.L.I.	kW	2.000
F.L.A.	A	4

COOLING

Fans number	N°	10
Fans power input	kW	2.00
Air flow	m³/s	56.81
Fan available static pressure	Pa	0

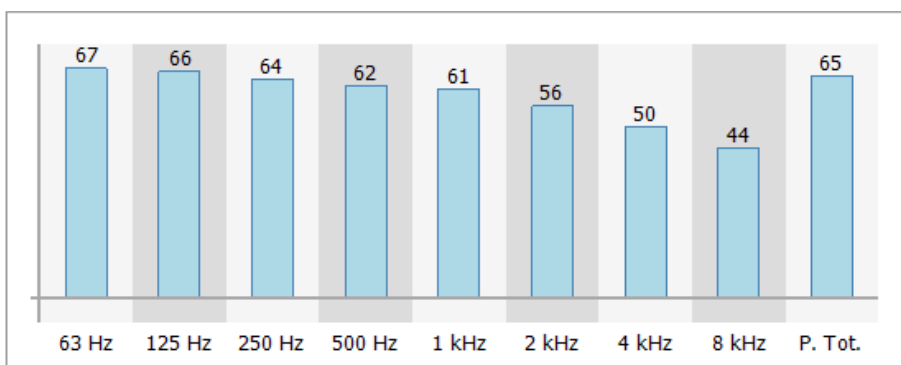
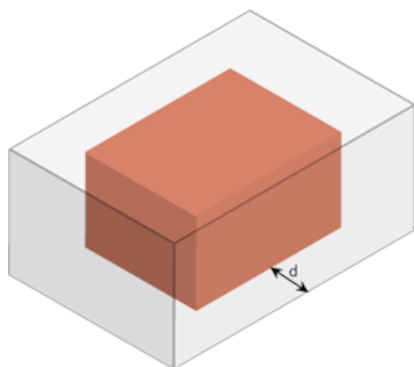
COMPRESSORS

Compressor type		SCROLL
Compressors nr.	N°	6
No. Circuits	N°	2
Refrigerant		R410A
Number of capacity steps	N°	6
Min. capacity step	%	17
Regulation		STEPS
Oil charge	kg	44.0
Refrigerant charge	kg	119
F.L.I. - Max absorbed power	kW	6x35,8
F.L.A. - Max absorbed current	A	6x58,9
L.R.A. - Locked rotor amperes for single compressor	A	6x310

NOISE DATA

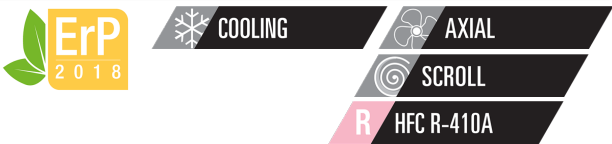
SOUND DATA COLD

Frequencies	Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Sound power (spectrum)	dB	100	99	97	95	94	89	83	77
Sound power level in cooling	dB(A)					98			
Sound pressure level (spectrum)	dB	67	66	64	62	61	56	50	44
Sound Pressure	dB(A)					65			



NECS /R /CA 1816

Software version: ELCA World 1.4.3.0
 Database version: 1.5.3.0
 User: Nuno Iglesias
 Print data: 14/07/2020 18:34
 Calculation type: EUROPEAN GROSS



Note

Distance	m	10
Note	Average sound pressure level at 10 m distance, unit in a free field on a reflective surface; non-binding value calculated from the sound power level. Sound power on the basis of measurements taken in compliance with ISO 9614.	

NECS /R /CA 1816

Software version: ELCA World 1.4.3.0
 Database version: 1.5.3.0
 User: Nuno Iglesias
 Print data: 14/07/2020 18:34
 Calculation type: EUROPEAN GROSS



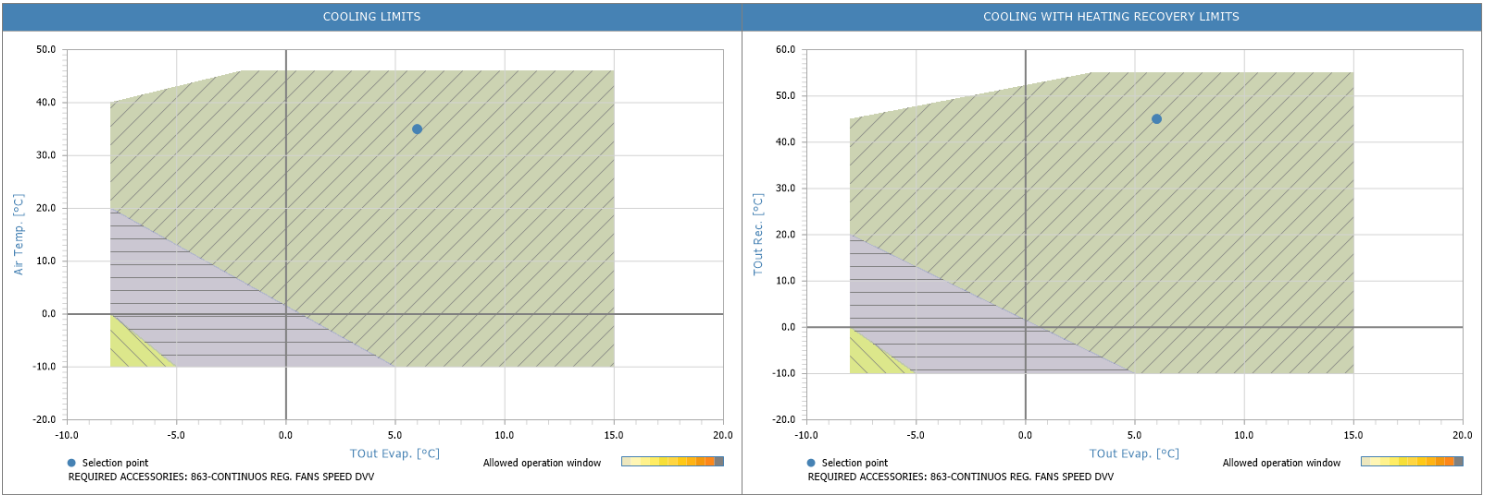
COOLING

AXIAL

SCROLL

HFC R-410A

OPERATING LIMITS



NECS /R /CA 1816

Software version: ELCA World 1.4.3.0
 Database version: 1.5.3.0
 User: Nuno Iglesias
 Print data: 14/07/2020 18:34
 Calculation type:



OPERATING LIMITS

COOLING LIMITS	COOLING WITH HEATING RECOVERY LIMITS
863-CONTINUOS REG. FANS SPEED DVV 821-DVV2F 819-DVVF	863-CONTINUOS REG. FANS SPEED DVV 821-DVV2F 819-DVVF

ELECTRICAL DATA

Power supply	V/ph/Hz	400/3/50
F.L.I. - Max absorbed power	kW	235.0
F.L.A. - Max absorbed current	A	391
S.A. - Inrush current	A	643

ACCESSORIES

REQUIRED ACCESSORIES

Accessory	863 - CONTINUOS REG. FANS SPEED DVV

NECS /R /CA 1816

Software version: ELCA World 1.4.3.0
 Database version: 1.5.3.0
 User: Nuno Iglesias
 Print data: 14/07/2020 18:34
 Calculation type: EUROPEAN GROSS



COOLING

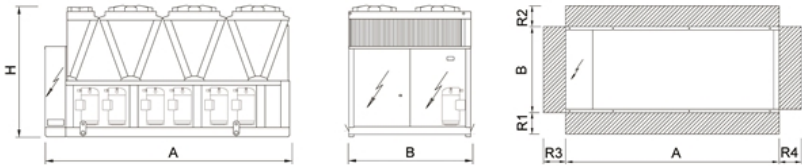
AXIAL

SCROLL

HFC R-410A

WEIGHT & DIMENSIONS

A	mm	6255
B	mm	2260
H	mm	2450
Operating weight	kg	5290
R1	mm	1500
R2	mm	2300
R3	mm	1500
R4	mm	1500



NECS /R /CA 1816

Software version: ELCA World 1.4.3.0
 Database version: 1.5.3.0
 User: Nuno Iglesias
 Print data: 14/07/2020 18:34
 Calculation type: EUROPEAN GROSS

TECHNICAL DOCUMENTATION - REGULATION (EU) N. 2016/2281 - Chillers for space cooling

NECS /R /CA 1816			
Outdoor side heat exchanger of chiller	air or water/brine		Air
Indoor side heat exchanger chiller	water		Water
Type	compressor driven vapour compression or sorption process		Compressor driven vapour compression
Driver of compressor	electric motor or fuel driven, gaseous or liquid fuel, internal or external combustion engine		Electric motor
Rated cooling capacity	Prated,c	[kW]	515.5
Seasonal energy efficiency of the space cooling	ηs,c	[%]	167.0
Declared cooling capacity for part load at given outdoor temperatures Tj			
Declared cooling capacity at given outdoor temperatures Tj = 35°C	Pdc	[kW]	515
Declared cooling capacity at given outdoor temperatures Tj = 30°C	Pdc	[kW]	380
Declared cooling capacity at given outdoor temperatures Tj = 25°C	Pdc	[kW]	244
Declared cooling capacity at given outdoor temperatures Tj = 20°C	Pdc	[kW]	127
Degradation coefficient for chillers	Cdc		0.9
Declared energy efficiency ratio or gas utilisation efficiency/auxiliary energy factor for part load at given outdoor temperatures Tj			
Declared energy efficiency ratio at given outdoor temperatures Tj = 35°C	EERd	[%]	3.06
Declared energy efficiency ratio at given outdoor temperatures Tj = 30°C	EERd	[%]	4.01
Declared energy efficiency ratio at given outdoor temperatures Tj = 25°C	EERd	[%]	4.82
Declared energy efficiency ratio at given outdoor temperatures Tj = 20°C	EERd	[%]	5.15
Power consumption in modes other than "active mode"			
Off mode	POFF	[kW]	0.000
Thermostat-off mode	PTO	[kW]	2.013
Crankcase heater mode	PCK	[kW]	0.700
Standby mode	PSB	[kW]	0.700
Other items			
Capacity control	fixed/staged/variable		Variable
Sound power level, outdoor	LWA	[dB(A)]	98.0
GWP of the refrigerant		[Kg CO2eq]	2088
For air-to-water comfort chillers: air flow rate, outdoor measured		[m³/h]	204516.00
For water/brine-to-water chillers: Rated brine or water flow rate, outdoor side heat exchanger		[m³/h]	-
Standard rating conditions used:	low temperature application/medium temperature application		Low temperature application

Contact details: Mitsubishi Electric Hydronics & IT Cooling Systems S.p.A., via Caduti di Cefalonia 1 - 36061 Bassano del Grappa (VI) - Italy

NECS /R /CA 1816

Software version: ELCA World 1.4.3.0
 Database version: 1.5.3.0
 User: Nuno Iglesias
 Print data: 14/07/2020 18:35
 Calculation type: EUROPEAN GROSS



Code	NECS /R /CA 1816	
Version	CA	
Size	1816	
UNIT DESCRIPTION	Chiller, air source for outdoor installation	
Power supply	V/ph/Hz	400/3/50

PERFORMANCE AT DESIGNED CONDITIONS

RUNNING CONDITIONS

HEAT EXCHANGER USER SIDE

Fluid inlet temperature (cooling mode)	°C	11.00
Fluid outlet temperature (cooling mode)	°C	6.00
Fluid type		WATER
Glycol	%	0
Fouling factor	m²K/kW	0.000

HEAT RECOVERY EX. USER SIDE

Fluid inlet temperature (cooling mode)	°C	40.00
Fluid outlet temperature (cooling mode)	°C	45.00
Fluid type		WATER
Glycol	%	0
Fouling factor	m²K/kW	0.000

OUTDOOR CONDITION

Air temperature (cooling mode)	°C	25.0

COOLING (Gross value)

Cooling capacity	kW	560.9
Compressors power input	kW	118.9
Fans power input (cooling mode)	kW	20.00
Total power input	kW	138.9
EER	kW/kW	4.038

COOLING WITH HEAT RECOVERY

Cooling capacity	kW	497.7
Recovery heat exchanger capacity	kW	637.6
Total power input	kW	148.8
TER	kW/kW	7.628

SEER

SEER Official (Reg. EU 2016/2281)

Fan coil (12/7)

Type climate	Average	
Temp. Plant side	Fan coil (12/7)	
Type flow	Fixed	
Type Temperature	Variable	
Prated,c	kW	516
T Design		35.00
Qce		72833.58
SEER		4.25
Performance ηs	%	167

NECS /R /CA 1816

Software version: ELCA World 1.4.3.0
 Database version: 1.5.3.0
 User: Nuno Iglesias
 Print data: 14/07/2020 18:35
 Calculation type: EUROPEAN GROSS



SEER Editable (EN 14825)

Fan coil (12/7)

Type climate	Average
Temp. Plant side	Fan coil (12/7)
Type flow	Fixed
Type Temperature	Variable
Prated,c	kW
T Design	35.00
Qce	72833.58
SEER	4.25
Performance η_s	%
	167

PART LOAD DATA

COOLING PARTIAL LOADS

Load	%	100.0	90.0	80.0	70.0	60.0	50.0	40.0	30.0	20.0	10.0
Outdoor air temperature	°C	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
Cooling load	kWh	561	505	449	393	337	281	224	168	112	56
Fans power input (cooling mode)	kW	20.00	17.34	14.69	12.03	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	3.52
Total power input	kW	138.9	122.2	105.5	88.80	74.40	61.10	49.10	37.10	25.20	13.70
Temp. evaporator inlet	°C	11.00	10.50	10.00	9.50	9.00	8.50	8.00	7.50	7.00	6.92
Temp. evaporator outlet	°C	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Evaporator water flow	l/s	26.82	26.82	26.82	26.82	26.82	26.82	26.82	26.82	26.82	26.82
EER	kW/kW	4.040	4.130	4.250	4.420	4.520	4.590	4.570	4.530	4.450	4.090

EXCHANGERS

HEAT EXCHANGER USER SIDE

Typology	SHELL&TUBE
Quantity	N°
Fluid type	WATER
Glycol	%
Fouling factor	m²K/kW
Type of connections	VICTAULIC
Diameter of connections	5"
Min flow	l/s
Max flow	l/s
K pressure drop	6.30
Water content	l
	0.00

COOLING

Fluid inlet temperature (cooling mode)	°C
Fluid outlet temperature (cooling mode)	°C
Water flow	l/s
Pressure drop at the heat exchanger	kPa
Available unit's head	kPa
	11.00
	6.00
	26.82
	58.7
	0.00

COOLING + HEAT RECOVERY

Water flow	l/s
Pressure drop at the heat exchanger	kPa
	23.79
	46.2

HEAT RECOVERY EX. USER SIDE

Typology	SHELL&TUBE
Quantity	N°
Fluid type	WATER
Glycol	%
Fouling factor	m²K/kW
Type of connections	VICTAULIC
Diameter of connections	5"
Min flow	l/s
Max flow	l/s
K pressure drop	6.30
Water content	l
	0.00

NECS /R /CA 1816

Software version: ELCA World 1.4.3.0
Database version: 1.5.3.0
User: Nuno Iglesias
Print data: 14/07/2020 18:35
Calculation type: EUROPEAN GROSS



COOLING

Fluid inlet temperature (cooling mode)	°C	40.00
Fluid outlet temperature (cooling mode)	°C	45.00
Water flow	l/s	30.78
Pressure drop at the heat exchanger	kPa	77.3
Available unit's head	kPa	0.00

FANS

Fans type		AXIAL
Fans number	N°	10
Fans power input	kW	2.00
F.L.I.	kW	2.000
F.L.A.	A	4

COOLING

Fans number	N°	10
Fans power input	kW	2.00
Air flow	m³/s	56.81
Fan available static pressure	Pa	0

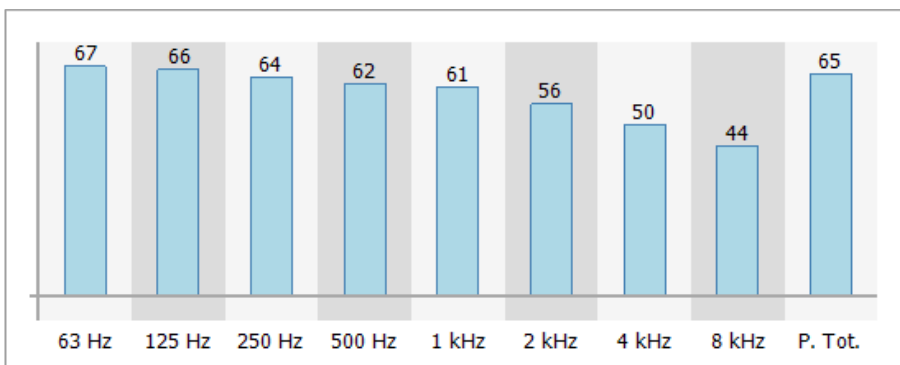
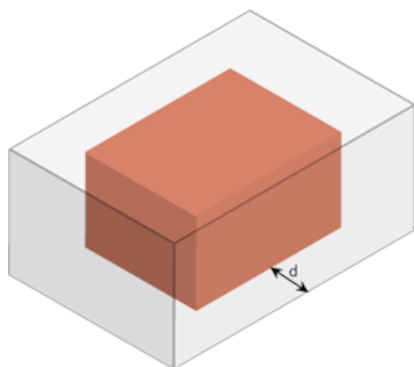
COMPRESSORS

Compressor type		SCROLL
Compressors nr.	N°	6
No. Circuits	N°	2
Refrigerant		R410A
Number of capacity steps	N°	6
Min. capacity step	%	17
Regulation		STEPS
Oil charge	kg	44.0
Refrigerant charge	kg	119
F.L.I. - Max absorbed power	kW	6x35,8
F.L.A. - Max absorbed current	A	6x58,9
L.R.A. - Locked rotor amperes for single compressor	A	6x310

NOISE DATA

SOUND DATA COLD

Frequencies	Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Sound power (spectrum)	dB	100	99	97	95	94	89	83	77
Sound power level in cooling	dB(A)					98			
Sound pressure level (spectrum)	dB	67	66	64	62	61	56	50	44
Sound Pressure	dB(A)					65			



NECS /R /CA 1816

Software version: ELCA World 1.4.3.0
 Database version: 1.5.3.0
 User: Nuno Iglesias
 Print data: 14/07/2020 18:35
 Calculation type: EUROPEAN GROSS




 COOLING


 AXIAL


 SCROLL


 HFC R-410A

Note

Distance	m	10
Average sound pressure level at 10 m distance, unit in a free field on a reflective surface; non-binding value calculated from the sound power level. Sound power on the basis of measurements taken in compliance with ISO 9614.		

NECS /R /CA 1816

Software version: ELCA World 1.4.3.0
 Database version: 1.5.3.0
 User: Nuno Iglesias
 Print data: 14/07/2020 18:35
 Calculation type: EUROPEAN GROSS



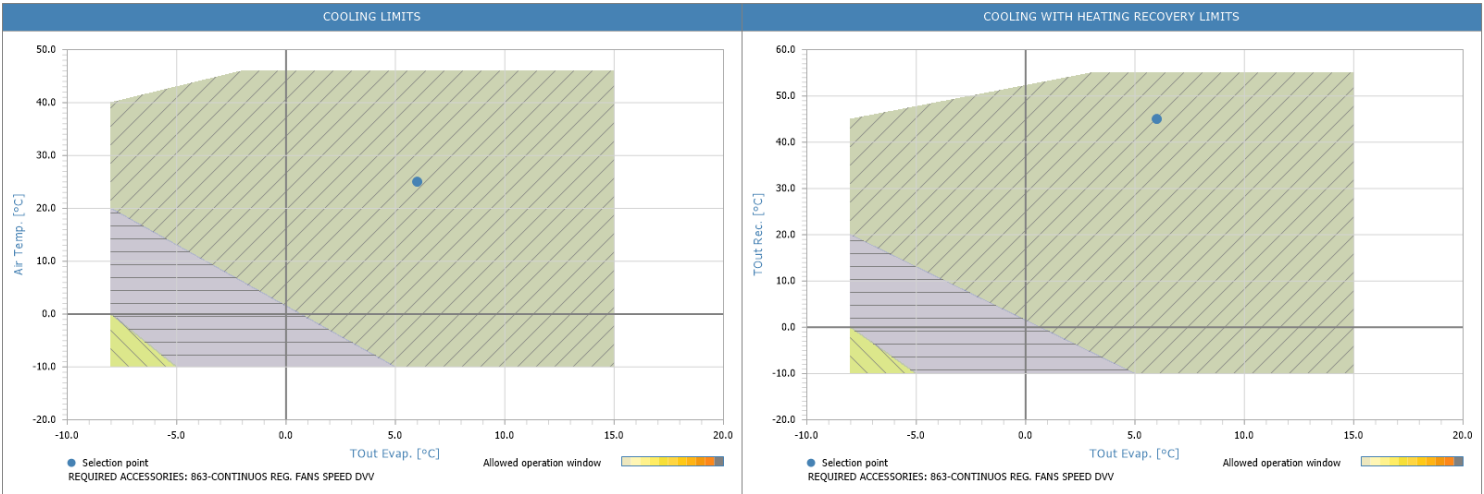
COOLING

AXIAL

SCROLL

R HFC R-410A

OPERATING LIMITS



NECS /R /CA 1816

Software version: ELCA World 1.4.3.0
 Database version: 1.5.3.0
 User: Nuno Iglesias
 Print data: 14/07/2020 18:35
 Calculation type:



OPERATING LIMITS

COOLING LIMITS	COOLING WITH HEATING RECOVERY LIMITS
863-CONTINUOS REG. FANS SPEED DVV 821-DVV2F 819-DVVF	863-CONTINUOS REG. FANS SPEED DVV 821-DVV2F 819-DVVF

ELECTRICAL DATA

Power supply	V/ph/Hz	400/3/50
F.L.I. - Max absorbed power	kW	235.0
F.L.A. - Max absorbed current	A	391
S.A. - Inrush current	A	643

ACCESSORIES

REQUIRED ACCESSORIES

Accessory	863 - CONTINUOS REG. FANS SPEED DVV

NECS /R /CA 1816

Software version: ELCA World 1.4.3.0
 Database version: 1.5.3.0
 User: Nuno Iglesias
 Print data: 14/07/2020 18:35
 Calculation type: EUROPEAN GROSS



COOLING

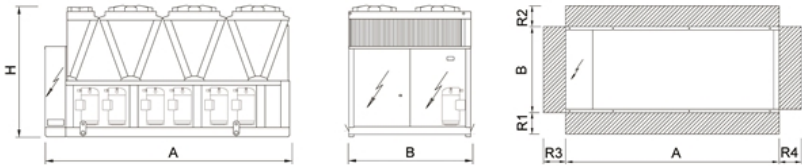
AXIAL

SCROLL

HFC R-410A

WEIGHT & DIMENSIONS

A	mm	6255
B	mm	2260
H	mm	2450
Operating weight	kg	5290
R1	mm	1500
R2	mm	2300
R3	mm	1500
R4	mm	1500



NECS /R /CA 1816

Software version: ELCA World 1.4.3.0
 Database version: 1.5.3.0
 User: Nuno Iglesias
 Print data: 14/07/2020 18:35
 Calculation type: EUROPEAN GROSS

TECHNICAL DOCUMENTATION - REGULATION (EU) N. 2016/2281 - Chillers for space cooling

NECS /R /CA 1816			
Outdoor side heat exchanger of chiller	air or water/brine		Air
Indoor side heat exchanger chiller	water		Water
Type	compressor driven vapour compression or sorption process		Compressor driven vapour compression
Driver of compressor	electric motor or fuel driven, gaseous or liquid fuel, internal or external combustion engine		Electric motor
Rated cooling capacity	Prated,c	[kW]	515.5
Seasonal energy efficiency of the space cooling	ηs,c	[%]	167.0
Declared cooling capacity for part load at given outdoor temperatures Tj			
Declared cooling capacity at given outdoor temperatures Tj = 35°C	Pdc	[kW]	515
Declared cooling capacity at given outdoor temperatures Tj = 30°C	Pdc	[kW]	380
Declared cooling capacity at given outdoor temperatures Tj = 25°C	Pdc	[kW]	244
Declared cooling capacity at given outdoor temperatures Tj = 20°C	Pdc	[kW]	127
Degradation coefficient for chillers	Cdc		0.9
Declared energy efficiency ratio or gas utilisation efficiency/auxiliary energy factor for part load at given outdoor temperatures Tj			
Declared energy efficiency ratio at given outdoor temperatures Tj = 35°C	EERd	[%]	3.06
Declared energy efficiency ratio at given outdoor temperatures Tj = 30°C	EERd	[%]	4.01
Declared energy efficiency ratio at given outdoor temperatures Tj = 25°C	EERd	[%]	4.82
Declared energy efficiency ratio at given outdoor temperatures Tj = 20°C	EERd	[%]	5.15
Power consumption in modes other than "active mode"			
Off mode	POFF	[kW]	0.000
Thermostat-off mode	PTO	[kW]	2.013
Crankcase heater mode	PCK	[kW]	0.700
Standby mode	PSB	[kW]	0.700
Other items			
Capacity control	fixed/staged/variable		Variable
Sound power level, outdoor	LWA	[dB(A)]	98.0
GWP of the refrigerant		[Kg CO2eq]	2088
For air-to-water comfort chillers: air flow rate, outdoor measured		[m³/h]	204516.00
For water/brine-to-water chillers: Rated brine or water flow rate, outdoor side heat exchanger		[m³/h]	-
Standard rating conditions used:	low temperature application/medium temperature application		Low temperature application

Contact details: Mitsubishi Electric Hydronics & IT Cooling Systems S.p.A., via Caduti di Cefalonia 1 - 36061 Bassano del Grappa (VI) - Italy

**Anexo 6 – Folhas de cálculo utilizadas para a escolha da
carga e horário de funcionamento das BCs –
Dimensionamento dos depósitos de AQS**

Água da rede	
Tentrada na troca de calor com a BC [°C]	28
Tsada na troca de calor com a BC [°C]	60

Calor específico da Água da Rede	
A 28 °C [kJ/kg.K]	4,1758
A 60 °C [kJ/kg.K]	4,179
Média (utilizado)	4,1774

Rendimentos dos permutadores de calor entre o chiller até ao depósito	
Permutador "Shell & Tube" - Recuperação de Calor TOTAL do chiller para aquecer a água (40 °C para 45 °C)	1
Permutador entre a água a alta temperatura e a água do depósito	0,865

Potência [kW] = Caudal Volúmico [l/s]*Calor específico a pressão const. [4,19 kJ/kg.K]*ΔT [K]*Massa Volúmica [1 kg/l]

Nenhuma Bomba de Calor em funcionamento	
1 Bomba de Calor em operação	
2 Bombas de Calor em operação	

1 de Janeiro

Sistema de Armazenamento Total

Energia de Aquecimento

BC EW-HT 0412 a uma capacidade de 70% e Chiller a 70%

Horas	TBS na ilha [°C]	HR na ilha [%]	Potência de Aquec. Total [kW]	Potência passível de ser recuperada no chiller (chiller a 70%) [kW]
1	27	84	173,91	953,08
2	27	84	173,91	953,08
3	27	84	173,91	953,08
4	27	84	173,91	953,08
5	27	84	173,91	953,08
6	27	84	173,91	953,08
7	27	84	173,91	953,08
8	27	84	173,91	953,08
9	28	79	173,91	948,12
10	29	70	177,54	943,16
11	31	62	179,35	933,24
12	32	59	197,46	928,28
13	33	56	199,64	923,32
14	34	49	201,09	918,36
15	34	49	202,90	918,36
16	34	53	204,71	918,36
17	34	49	201,09	918,36
18	31	59	199,64	933,24
19	30	62	199,64	938,20
20	29	70	197,46	943,16
21	29	70	197,46	943,16
22	29	74	197,46	943,16
23	29	74	197,46	471,58
24	27	84	175,72	0,00
			Consumo Diário de Energia de Aquec. [kWh]	Energia Diária passível de ser recuperada nos chillers [kWh]
			4493,84	21146,70

1 de Janeiro

Sistema de Armazenamento Total

Energia de Aquecimento

BC EW-HT 0412 a uma capacidade de 70% e Chiller a 70%

Capacidade da Bomba(s) de Calor (BC selecionada) [kW] (BC a 70%)	Potência que irá ser dissipada para a atmosfera (Atráves da Torre de Arrefecimento) [kW]	Potência transmitida para a água da rede (para depois ir para o depósito) [kW]	Caudal de água da rede que vai para o(s) depósito(s) devido à recuperação de energia pela BC [l/h] Água da Rede - Tent=28°C e Ts=60°C
274,40	727,08	237,36	6392,15
274,40	727,08	237,36	6392,15
274,40	727,08	237,36	6392,15
0,00	953,08	0,00	0,00
274,40	727,08	237,36	6392,15
274,40	727,08	237,36	6392,15
274,40	727,08	237,36	6392,15
0,00	953,08	0,00	0,00
274,40	722,12	237,36	6392,15
274,40	717,16	237,36	6392,15
274,40	707,24	237,36	6392,15
0,00	928,28	0,00	0,00
274,40	697,32	237,36	6392,15
274,40	692,36	237,36	6392,15
274,40	692,36	237,36	6392,15
274,40	692,36	237,36	6392,15
274,40	692,36	237,36	6392,15
274,40	707,24	237,36	6392,15
137,20	825,20	118,68	3196,07
274,40	717,16	237,36	6392,15
274,40	717,16	237,36	6392,15
274,40	717,16	237,36	6392,15
137,20	358,58	118,68	3196,07
0,00	0,00	0,00	0,00
Energia de Aquecimento Produzida Diariamente [kWh]	Energia Diária Dissipada para a Atmosfera [kWh]	Energia Diária Transmitida para Água da rede [kWh]	
5213,60	16852,70	4509,76	

1 de Janeiro

Sistema de Armazenamento Total

Energia de Aquecimento

BC EW-HT 0412 a uma capacidade de 70% e Chiller a 70%

Caudal necessário para as necessidades [l/h] (Caudal máximo que passa no permutador do lado da água da rede)	Caudal que sobra no(s) depósito(s) [l/h]	Potência armazenada nos depósitos de AQS [kW]	Potência Elétrica da BC a 70% (chiller a 70%) [kW]
4683,59	1708,56	63,44	48,40
4683,59	3417,12	126,89	48,40
4683,59	5125,68	190,33	48,40
4683,59	442,09	16,42	0,00
4683,59	2150,65	79,86	48,40
4683,59	3859,21	143,30	48,40
4683,59	5567,76	206,74	48,40
4683,59	884,18	32,83	0,00
4683,59	2592,74	96,27	48,40
4781,16	4203,72	156,09	48,40
4829,95	5765,92	214,10	48,40
5317,82	448,09	16,64	0,00
5376,37	1463,87	54,36	48,40
5415,40	2440,62	90,63	48,40
5464,19	3368,58	125,08	48,40
5512,97	4247,75	157,73	48,40
5415,40	5224,50	194,00	48,40
5376,37	6240,28	231,72	48,40
5376,37	4059,98	150,76	24,20
5317,82	5134,31	190,65	48,40
5317,82	6208,63	230,54	48,40
5317,82	7282,95	270,43	48,40
5317,82	5161,20	191,65	24,20
4732,37	428,83	15,92	0,00
			Energia Elétrica Diária Consumida pelas BCs [kWh]
			919,60

1 de Maio

Sistema de Armazenamento Total

Energia de Aquecimento

BC EW-HT 0412 a uma capacidade de 70% e Chiller a 80%

Horas	TBS na ilha [°C]	HR na ilha [%]	Potência de Aquecimento Total [kW]	Potência passível de ser recuperada no chiller (chiller a 80%) [kW]
1	29	84	173,91	1086,60
2	29	84	173,91	1086,60
3	28	89	173,91	1092,10
4	28	89	173,91	1092,10
5	28	89	173,91	1092,10
6	28	89	173,91	1092,10
7	28	84	173,91	1092,10
8	28	84	173,91	1092,10
9	29	84	173,91	1086,60
10	31	75	177,54	1075,60
11	32	71	179,35	1070,10
12	33	67	197,46	1064,60
13	32	71	199,64	1070,10
14	32	67	201,09	1070,10
15	33	67	202,90	1064,60
16	32	71	204,71	1070,10
17	32	71	201,09	1070,10
18	32	71	199,64	1070,10
19	32	67	199,64	1070,10
20	31	70	197,46	1075,60
21	31	66	197,46	1075,60
22	30	79	197,46	1081,10
23	30	79	197,46	1081,10
24	29	79	175,72	0,00
			Consumo Diário de Energia de Aquec. [kWh]	Energia Diária passível de ser recuperada nos chillers [kWh]
			4493,84	24821,30

1 de Maio

Sistema de Armazenamento Total

Energia de Aquecimento

BC EW-HT 0412 a uma capacidade de 70% e Chiller a 80%

Capacidade da Bomba(s) de Calor (BC selecionada) [kW] (BC a 70%)	Potência que irá ser dissipada para a atmosfera (Atráves da Torre de Arrefecimento) [kW]	Potência transmitida para a água da rede (para depois ir para o depósito) [kW]	Caudal de água da rede que vai para o(s) depósito(s) devido à recuperação de energia pela BC [l/h] Água da Rede - Tent=28°C e Ts=60°C
274,40	812,20	237,36	6392,15
274,40	812,20	237,36	6392,15
274,40	817,70	237,36	6392,15
0,00	1092,10	0,00	0,00
274,40	817,70	237,36	6392,15
274,40	817,70	237,36	6392,15
274,40	817,70	237,36	6392,15
0,00	1092,10	0,00	0,00
274,40	812,20	237,36	6392,15
274,40	801,20	237,36	6392,15
274,40	795,70	237,36	6392,15
0,00	1064,60	0,00	0,00
274,40	795,70	237,36	6392,15
274,40	795,70	237,36	6392,15
274,40	790,20	237,36	6392,15
274,40	795,70	237,36	6392,15
274,40	795,70	237,36	6392,15
274,40	795,70	237,36	6392,15
0,00	1070,10	0,00	0,00
274,40	801,20	237,36	6392,15
274,40	801,20	237,36	6392,15
274,40	806,70	237,36	6392,15
274,40	806,70	237,36	6392,15
0,00	0,00	0,00	0,00
Energia de Aquecimento Produzida Diariamente [kWh]	Energia Diária Dissipada para a Atmosfera [kWh]	Energia Diária Transmitida para Água da rede [kWh]	
5213,60	19607,70	4509,76	

1 de Maio

Sistema de Armazenamento Total

Energia de Aquecimento

BC EW-HT 0412 a uma capacidade de 70% e Chiller a 80%

Caudal necessário para as necessidades [l/h]	Caudal que sobra no(s) depósito(s) [l/h]	Potência armazenada nos depósitos de AQS [kW]	Potência Elétrica da BC a 70% (chiller a 80%) [kW]
4683,59	1708,56	63,44	48,40
4683,59	3417,12	126,89	48,40
4683,59	5125,68	190,33	48,40
4683,59	442,09	16,42	0,00
4683,59	2150,65	79,86	48,40
4683,59	3859,21	143,30	48,40
4683,59	5567,76	206,74	48,40
4683,59	884,18	32,83	0,00
4683,59	2592,74	96,27	48,40
4781,16	4203,72	156,09	48,40
4829,95	5765,92	214,10	48,40
5317,82	448,09	16,64	0,00
5376,37	1463,87	54,36	48,40
5415,40	2440,62	90,63	48,40
5464,19	3368,58	125,08	48,40
5512,97	4247,75	157,73	48,40
5415,40	5224,50	194,00	48,40
5376,37	6240,28	231,72	48,40
5376,37	863,91	32,08	0,00
5317,82	1938,23	71,97	48,40
5317,82	3012,56	111,86	48,40
5317,82	4086,88	151,76	48,40
5317,82	5161,20	191,65	48,40
4732,37	428,83	15,92	0,00
			Energia Elétrica Diária Consumida pelas BCs [kWh]
			919,60

Sistema de Armazenamento Total

1 de Janeiro

Carga do Chiller - 70 %

Capacidade mínima de armazenamento do depósito de AQS [l]	Qntd de energia armazenada no tanque no final do dia [kWh]	Energia Elétrica Diária Consumida pelas BCs [kWh]	BC EW-HT 0412
10595,51	83,74	931,50	100%
9455,96	83,74	933,00	90%
9565,86	117,65	938,40	80%
7282,95	15,92	919,60	70%
9565,86	83,74	936,00	60%

Capacidade mínima de armazenamento do depósito de AQS [l]	Qntd de energia armazenada no tanque no final do dia [kWh]	Energia Elétrica Diária Consumida pelas BCs [kWh]	BC EW-HT 0302
9416,77	107,96	1001,00	100%
6938,19	2,78	980,40	90%
8000,44	29,07	984,70	80%
2765,52	-352,22	904,50	70%
-434,58	-943,88	774,00	60%

	Carga da BC escolhida

Sistema de Armazenamento Total

1 de Maio

Carga do Chiller - 80 %

Capacidade mínima de armazenamento do depósito de AQS [l]	Qntd de energia armazenada no tanque no final do dia [kWh]	Energia Elétrica Diária Consumida pelas BCs [kWh]	BC EW-HT 0412
9243,54	83,74	931,50	100%
7158,55	83,74	995,20	90%
7900,69	117,65	938,40	80%
6240,28	15,92	919,60	70%
9565,86	83,74	936,00	60%

Capacidade mínima de armazenamento do depósito de AQS [l]	Qntd de energia armazenada no tanque no final do dia [kWh]	Energia Elétrica Diária Consumida pelas BCs [kWh]	BC EW-HT 0302
7639,79	107,96	1001,00	100%
5960,74	2,78	980,40	90%
7652,92	29,07	984,70	80%
2765,52	-260,18	1099,20	70%
-434,58	-864,99	924,60	60%

Sistema de Armazenamento Total

Depósitos de AQS

Capacidade de armazenamento minima - Janeiro [l]	7282,95
Capacidade de armazenamento minima - Maio [l]	6240,28
Cap. de armazenamento min. do depósito [l]	7282,95

Tipo de depósito	Volume [l]	Preço [€]	Preço de Isolamento [€]	Preço Total [€]
H 4000/R	3942	2525	1460	3 985,00 €
H 5000/R	4888	3285	1593	4 878,00 €

Escolha do número de tanques:

	Volume [l]	Preço Total [€]
2 depósitos de 4000 L	7884	7 970,00 €

	Volume [l]	Preço Total [€]
1 depósito de 4000L e outro de 5000 L	8830	8 863,00 €

	Volume [l]	Preço Total [€]
2 depósitos de 5000L	9776	9 756,00 €

EW-HT 0412	Temperatura [°C]		25	27	28	29	30	31	32	33	34	35	Potência
	Capacidade [kW]		196										Elétrica [kW]
	Carga [%]	100%	196										34,5
		90%	176,4										31,1
		80%	156,8										27,6
		70%	137,2										24,2
		60%	117,6										20,8
50%	98										17,4		

EW-HT 0302	Temperatura [°C]		25	27	28	29	30	31	32	33	34	35	Potência
	Capacidade [kW]		152										Elétrica [kW]
	Carga [%]	100%	152										28,6
		90%	136,8										25,8
		80%	121,6										22,9
		70%	106,4										20,1
		60%	91,2										17,2
50%	76										14,4		

Água da rede	
Tentrada na troca de calor com a BC [°C]	28
Tsida na troca de calor com a BC [°C]	60

Calor especifico da Água da Rede	
A 28 °C [kJ/kg.K]	4,1758
A 60 °C [kJ/kg.K]	4,179
Média (utilizado)	4,1774

Rendimentos dos permutadores de calor entre o chiller até ao depósito	
Permutador "Shell & Tube" - Recuperação de Calor TOTAL do chiller para aquecer a água (40 °C para 45 °C)	1
Permutador entre a água a alta temperatura e a água do depósito	0,865

Potência [kW] = Caudal Volúmico [l/s]*Calor especifico a pressão const. [4,19 kJ/kg.K]*ΔT [K]*Massa Volúmica [1 kg/l]

Nenhuma Bomba de Calor em funcionamento	
1 Bomba de Calor em operação	
2 Bombas de Calor em operação	

1 de Janeiro

Sistema de Armazenamento Parcial

Energia de Aquecimento

BC EW-HT 0412 a uma capacidade de 100% e Chiller a 100%

Horas	TBS na ilha [°C]	HR na ilha [%]	Potência de Aquec. Total [kW]	Potência passível de ser recuperada no chiller (chiller a 100%) [kW]
1	27	84	173,91	1386,60
2	27	84	173,91	1386,60
3	27	84	173,91	1386,60
4	27	84	173,91	693,30
5	27	84	173,91	693,30
6	27	84	173,91	693,30
7	27	84	173,91	693,30
8	27	84	173,91	693,30
9	28	79	173,91	690,00
10	29	70	177,54	686,70
11	31	62	179,35	680,10
12	32	59	197,46	676,80
13	33	56	199,64	673,50
14	34	49	201,09	670,20
15	34	49	202,90	670,20
16	34	53	204,71	1340,40
17	34	49	201,09	1340,40
18	31	59	199,64	680,10
19	30	62	199,64	1366,80
20	29	70	197,46	686,70
21	29	70	197,46	686,70
22	29	74	197,46	686,70
23	29	74	197,46	686,70
24	27	84	175,72	693,30
			Consumo Diário de Energia de Aquec. [kWh]	Energia Diária passível de ser recuperada nos chillers [kWh]
			4493,84	20541,60

1 de Janeiro

Sistema de Armazenamento Parcial

Energia de Aquecimento

BC EW-HT 0412 a uma capacidade de 100% e Chiller a 100%

Capacidade da Bomba(s) de Calor (BC selecionada) [kW] (BC a 100%)	Potência que irá ser dissipada para a atmosfera (Atráves da Torre de Arrefecimento) [kW]	Potência transmitida para a água da rede (para depois ir para o depósito) [kW]	Caudal de água da rede que vai para o(s) depósito(s) devido à recuperação de energia pela BC [l/h] Água da Rede - Tent=28°C e Ts=60°C
392,00	1063,60	339,08	9131,64
392,00	1063,60	339,08	9131,64
196,00	1225,10	169,54	4565,82
196,00	531,80	169,54	4565,82
196,00	531,80	169,54	4565,82
196,00	531,80	169,54	4565,82
196,00	531,80	169,54	4565,82
196,00	531,80	169,54	4565,82
196,00	531,80	169,54	4565,82
196,00	528,50	169,54	4565,82
196,00	525,20	169,54	4565,82
196,00	518,60	169,54	4565,82
196,00	515,30	169,54	4565,82
196,00	512,00	169,54	4565,82
196,00	508,70	169,54	4565,82
196,00	508,70	169,54	4565,82
392,00	1017,40	339,08	9131,64
0,00	1340,40	0,00	0,00
196,00	518,60	169,54	4565,82
392,00	1043,80	339,08	9131,64
196,00	525,20	169,54	4565,82
196,00	525,20	169,54	4565,82
196,00	525,20	169,54	4565,82
196,00	525,20	169,54	4565,82
196,00	531,80	169,54	4565,82
Energia de Aquecimento Produzida Diariamente [kWh]	Energia Diária Dissipada para a Atmosfera [kWh]	Energia Diária Transmitida para Água da rede [kWh]	
5292,00	16181,10	4577,58	

1 de Janeiro

Sistema de Armazenamento Parcial

Energia de Aquecimento

BC EW-HT 0412 a uma capacidade de 100% e Chiller a 100%

Caudal necessário para as necessidades [l/h] (Caudal máximo que passa no permutador do lado da água da rede)	Caudal que sobra no(s) depósito(s) [l/h]	Potência armazenada nos depósitos de AQS [kW]	Potência Elétrica da BC a 100% (chiller a 100%) [kW]
4683,59	4448,05	165,17	69,00
4683,59	8896,10	330,33	69,00
4683,59	8778,33	325,96	34,50
4683,59	8660,56	321,59	34,50
4683,59	8542,79	317,21	34,50
4683,59	8425,02	312,84	34,50
4683,59	8307,26	308,47	34,50
4683,59	8189,49	304,10	34,50
4683,59	8071,72	299,72	34,50
4781,16	7856,37	291,73	34,50
4829,95	7592,24	281,92	34,50
5317,82	6840,24	253,99	34,50
5376,37	6029,69	223,90	34,50
5415,40	5180,11	192,35	34,50
5464,19	4281,74	158,99	34,50
5512,97	7900,41	293,36	69,00
5415,40	2485,01	92,27	0,00
5376,37	1674,46	62,18	34,50
5376,37	5429,73	201,62	69,00
5317,82	4677,72	173,70	34,50
5317,82	3925,72	145,77	34,50
5317,82	3173,72	117,85	34,50
5317,82	2421,71	89,92	34,50
4732,37	2255,16	83,74	34,50
			Energia Elétrica Diária Consumida pelas BCs [kWh]
			931,50

1 de Maio

Sistema de Armazenamento Parcial

Energia de Aquecimento

BC EW-HT 0412 a uma capacidade de 70% e Chiller a 80%

Horas	TBS na ilha [°C]	HR na ilha [%]	Potência de Aquecimento Total [kW]	Potência passível de ser recuperada no chiller (chiller a 80%) [kW]
1	29	84	173,91	1086,60
2	29	84	173,91	1086,60
3	28	89	173,91	1092,10
4	28	89	173,91	1092,10
5	28	89	173,91	1092,10
6	28	89	173,91	1092,10
7	28	84	173,91	1092,10
8	28	84	173,91	1092,10
9	29	84	173,91	1086,60
10	31	75	177,54	1075,60
11	32	71	179,35	1070,10
12	33	67	197,46	1064,60
13	32	71	199,64	1070,10
14	32	67	201,09	1070,10
15	33	67	202,90	1064,60
16	32	71	204,71	535,05
17	32	71	201,09	535,05
18	32	71	199,64	1070,10
19	32	67	199,64	1070,10
20	31	70	197,46	1075,60
21	31	66	197,46	1075,60
22	30	79	197,46	1081,10
23	30	79	197,46	540,55
24	29	79	175,72	1086,60
			Consumo Diário de Energia de Aquec. [kWh]	Energia Diária passível de ser recuperada nos chillers [kWh]
			4493,84	24297,25

1 de Maio

Sistema de Armazenamento Parcial

Energia de Aquecimento

BC EW-HT 0412 a uma capacidade de 70% e Chiller a 80%

Capacidade da Bomba(s) de Calor (BC selecionada) [kW] (BC a 70%)	Potência que irá ser dissipada para a atmosfera (Atráves da Torre de Arrefecimento) [kW]	Potência transmitida para a água da rede (para depois ir para o depósito) [kW]	Caudal de água da rede que vai para o(s) depósito(s) devido à recuperação de energia pela BC [l/h] Água da Rede - Tent=28°C e Ts=60°C
274,40	812,20	237,36	6392,15
274,40	812,20	237,36	6392,15
274,40	817,70	237,36	6392,15
0,00	1092,10	0,00	0,00
274,40	817,70	237,36	6392,15
274,40	817,70	237,36	6392,15
274,40	817,70	237,36	6392,15
0,00	1092,10	0,00	0,00
274,40	812,20	237,36	6392,15
274,40	801,20	237,36	6392,15
274,40	795,70	237,36	6392,15
137,20	927,40	118,68	3196,07
274,40	795,70	237,36	6392,15
274,40	795,70	237,36	6392,15
274,40	790,20	237,36	6392,15
137,20	397,85	118,68	3196,07
137,20	397,85	118,68	3196,07
274,40	795,70	237,36	6392,15
274,40	795,70	237,36	6392,15
274,40	801,20	237,36	6392,15
274,40	801,20	237,36	6392,15
137,20	943,90	118,68	3196,07
137,20	403,35	118,68	3196,07
137,20	949,40	118,68	3196,07
Energia de Aquecimento Produzida Diariamente [kWh]	Energia Diária Dissipada para a Atmosfera [kWh]	Energia Diária Transmitida para Água da rede [kWh]	
5213,60	19083,65	4509,76	

1 de Maio

Sistema de Armazenamento Parcial

Energia de Aquecimento

BC EW-HT 0412 a uma capacidade de 70% e Chiller a 80%

Caudal necessário para as necessidades [l/h]	Caudal que sobra no(s) depósito(s) [l/h]	Potência armazenada nos depósitos de AQS [kW]	Potência Elétrica da BC a 70% (chiller a 80%) [kW]
4683,59	1708,56	63,44	48,40
4683,59	3417,12	126,89	48,40
4683,59	5125,68	190,33	48,40
4683,59	442,09	16,42	0,00
4683,59	2150,65	79,86	48,40
4683,59	3859,21	143,30	48,40
4683,59	5567,76	206,74	48,40
4683,59	884,18	32,83	0,00
4683,59	2592,74	96,27	48,40
4781,16	4203,72	156,09	48,40
4829,95	5765,92	214,10	48,40
5317,82	3644,17	135,32	24,20
5376,37	4659,94	173,04	48,40
5415,40	5636,69	209,30	48,40
5464,19	6564,65	243,76	48,40
5512,97	4247,75	157,73	24,20
5415,40	2028,43	75,32	24,20
5376,37	3044,21	113,04	48,40
5376,37	4059,98	150,76	48,40
5317,82	5134,31	190,65	48,40
5317,82	6208,63	230,54	48,40
5317,82	4086,88	151,76	24,20
5317,82	1965,13	72,97	24,20
4732,37	428,83	15,92	24,20
			Energia Elétrica Diária Consumida pelas BCs [kWh]
			919,60

Sistema de Armazenamento Parcial

1 de Janeiro

Carga do Chiller - 100 %

Capacidade mínima de armazenamento do depósito de AQS [l]	Qntd de energia armazenada no tanque no final do dia [kWh]	Energia Elétrica Diária Consumida pelas BCs [kWh]	BC EW-HT 0412
8896,10	83,74	931,50	100%
10604,66	83,74	933,00	90%
7865,17	-424,88	828,00	80%
5125,68	-933,50	726,00	70%
2386,18	-1442,12	624,00	60%

Capacidade mínima de armazenamento do depósito de AQS [l]	Qntd de energia armazenada no tanque no final do dia [kWh]	Energia Elétrica Diária Consumida pelas BCs [kWh]	BC EW-HT 0302
7194,27	-549,44	858,00	100%
5069,77	-943,88	774,00	90%
2945,26	-1653,87	618,30	80%
820,76	-1732,76	603,00	70%
-434,58	-2127,20	516,00	60%

Carga da BC escolhida

Sistema de Armazenamento Parcial

1 de Maio

Carga do Chiller - 80 %

Capacidade mínima de armazenamento do depósito de AQS [l]	Quantidade de energia armazenada no tanque no final do dia [kWh]	Energia Elétrica Diária Consumida pelas BCs [kWh]	BC EW-HT 0412
8896,10	83,74	931,50	100%
8847,56	83,74	933,00	90%
7256,06	253,28	966,00	80%
6564,65	15,92	919,60	70%
8847,56	83,74	936,00	60%

Capacidade mínima de armazenamento do depósito de AQS [l]	Quantidade de energia armazenada no tanque no final do dia [kWh]	Energia Elétrica Diária Consumida pelas BCs [kWh]	BC EW-HT 0302

Não interessa visto que a única BC que consegue satisfazer as necessidades dia 1 de Janeiro é a EW-HT 0412

Sistema de Armazenamento Parcial

Depósitos de AQS

Capacidade de armazenamento minima - Janeiro [l]	8896,10
Capacidade de armazenamento minima - Maio [l]	6564,65
Cap. de armazenamento min. do depósito [l]	8896,10

Tipo de depósito	Volume [l]	Preço [€]	Preço de Isolamento [€]	Preço Total [€]
H 4000/R	3942	2525	1460	3 985,00 €
H 5000/R	4888	3285	1593	4 878,00 €

Escolha do número de tanques:

	Volume [l]	Preço Total [€]
2 tanques de 4000 e 1 tanque de 5000	12772	12 848,00 €

	Volume [l]	Preço Total [€]
3 tanques de 4000	11826	11 955,00 €

	Volume [l]	Preço Total [€]
2 tanques de 5000	9776	9 756,00 €

Anexo 7 – Seleção das Bombas de Calor com as respectivas características

EW-HT /0412

Software version: Elca World 1.0.6.0
 Report version: 1.0.1.0
 DB version: 1.0.7.0
 User: Nuno Guimarães
 Print data: 18-09-2018 15:14



R HFC R-134a

Code	EW-HT /0412		
Version			
Size	0412		
UNIT DESCRIPTION	Water to water heat pumps, heating only, very high temperature water production		
Power supply	V/ph/Hz	400/3/50	

PERFORMANCE AT DESIGNED CONDITIONS

■ RUNNING CONDITIONS

■ HEAT EXCHANGER USER SIDE

Fluid inlet temperature (heating mode)	°C	60,00
Fluid outlet temperature (heating mode)	°C	65,00
Fluid type		WATER
Glycol	%	0
Fouling factor	m²K/kW	0,000

■ HEAT EXCHANGER SOURCE SIDE

Fluid inlet temperature (heating mode)	°C	45,00
Fluid outlet temperature (heating mode)	°C	40,00
Fluid		WATER
Glycol	%	0
Fouling factor	m²K/kW	0,000

■ HEATING (EN14511)

Total heating capacity	kW	195,8
Compressors power input (heating mode)	kW	32,5
Total power input	kW	34,50
COP	kW/kW	5,670

■ SCOP

■ SCOP Official (Reg. 813/2013 EU)

■ MEDIUM TEMPERATURE

Type climate	Average	
Temperature application	°C	55
Type flow	Fixed	
Type Temperature	Variable	
Bivalent temperature	°C	-7,0
PDesign	kW	104
Qhe	kWh	65754
SCOP	3,25	
Performance ηs	%	122
Seasonal efficiency class	-	

PART LOAD DATA

■ HEATING PART LOAD

Load	%	100,0	90,0	80,0	70,0	60,0	50,0	40,0	30,0	20,0	10,0
Condenser input temperature	°C	60,00	60,50	61,00	61,51	62,01	62,47	62,47	62,47	62,47	62,47
Condenser output temperature	°C	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00
Condenser fluid flow	l/s	9,475	9,475	9,475	9,474	9,474	9,474	9,474	9,474	9,474	9,474
Temp. evaporator inlet	°C	45,00	44,50	44,01	43,51	43,01	42,55	42,55	42,55	42,55	42,55
Temp evaporator outlet	°C	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Evaporator fluid flow	l/s	7,927	7,927	7,927	7,927	7,927	7,927	7,927	7,927	7,927	7,927
Heating load	kWh	196	176	157	137	118	98	78	59	39	20
Total power input	kW	34,50	31,10	27,60	24,20	20,80	17,40	14,20	11,10	8,010	4,880
COP	kW/kW	5,680	5,670	5,670	5,660	5,660	5,640	5,500	5,280	4,900	4,010

EW-HT /0412

Software version: Elca World 1.0.6.0
 Report version: 1.0.1.0
 DB version: 1.0.7.0
 User: Nuno Guimarães
 Print data: 18-09-2018 15:14



R HFC R-134a

EXCHANGERS

HEAT EXCHANGER USER SIDE

Typology		PLATE
Quantity	N°	1
Fluid type		WATER
Glycol	%	0
Fouling factor	m²K/kW	0,000
Type of connections		GAS
Diameter of connections		2"1/2
Min flow	l/s	2,750
Max flow	l/s	10,86
K pressure drop		50,0
Water content	l	10,1

HEATING

Fluid inlet temperature (heating mode)	°C	60,00
Fluid outlet temperature (heating mode)	°C	65,00
Water flow	l/s	9,474
Pressure drop	kPa	58,2
Available unit's head	kPa	0,00

HEAT EXCHANGER SOURCE SIDE

Typology		PLATE
Quantity	N°	1
Fluid		WATER
Glycol	%	0
Fouling factor	m²K/kW	0,000
Type of connections		GAS
Diameter of connections		2"1/2
Min flow	l/s	2,694
Max flow	l/s	11,19
K pressure drop		85,1
Water content	l	10,2

HEATING

Fluid inlet temperature (heating mode)	°C	45,00
Fluid outlet temperature (heating mode)	°C	40,00
Water flow	l/s	7,926
Pressure drop	kPa	69,3
Available unit's head	kPa	0,00

COMPRESSORS

Compressor type		SCROLL
Compressors nr.	N°	2
No. Circuits	N°	2
Refrigerant		R134a
Number of capacity steps	N°	2
Min. capacity step	%	50
Regulation		STEPS
Oil charge	kg	9,40
Refrigerant charge	kg	11,0
F.L.I. - Max absorbed power	kW	2 x 24,8
F.L.A. - Max absorbed current	A	2 x 39,6
L.R.A. - Locked rotor amperes for single compressor	A	2 x 225

EW-HT /0412

Software version: Elca World 1.0.6.0
Report version: 1.0.1.0
DB version: 1.0.7.0
User: Nuno Guimarães
Print data: 18-09-2018 15:14

HEATING

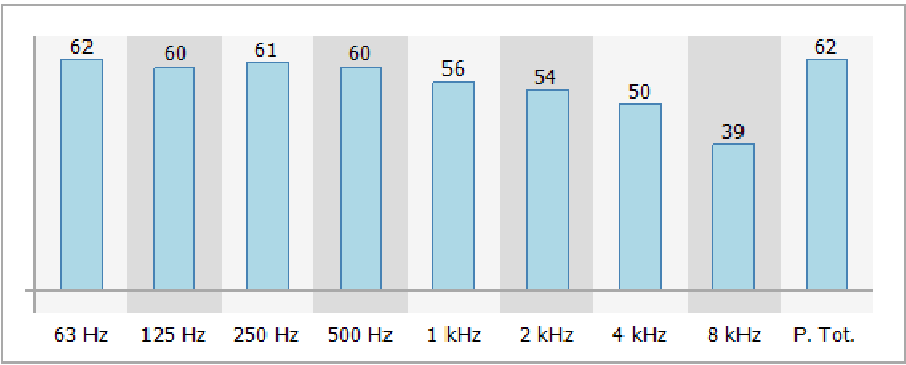
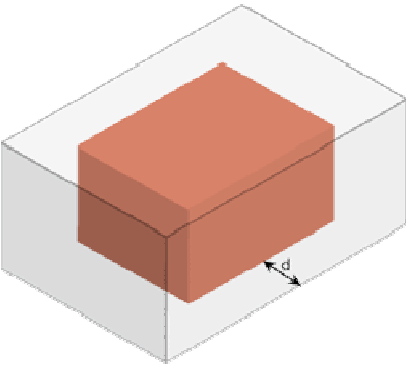
SCROLL

HFC R-134a

NOISE DATA

SOUND DATA INDOOR HOT

Frequencies	Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Tot (A)
Sound power (spectrum)	dB	78	76	77	76	72	70	66	55	78
Sound pressure level (spectrum)	dB	62	60	61	60	56	54	50	39	62



Note

Distance	m	1
Note	Average sound pressure level at 1 m distance, unit in a free field on a reflective surface; non-binding value calculated from the sound power level. Sound power on the basis of measurements made in compliance with ISO 9614.	

EW-HT /0412

Software version: Elca World 1.0.6.0
 Report version: 1.0.1.0
 DB version: 1.0.7.0
 User: Nuno Guimarães
 Print data: 18-09-2018 15:14

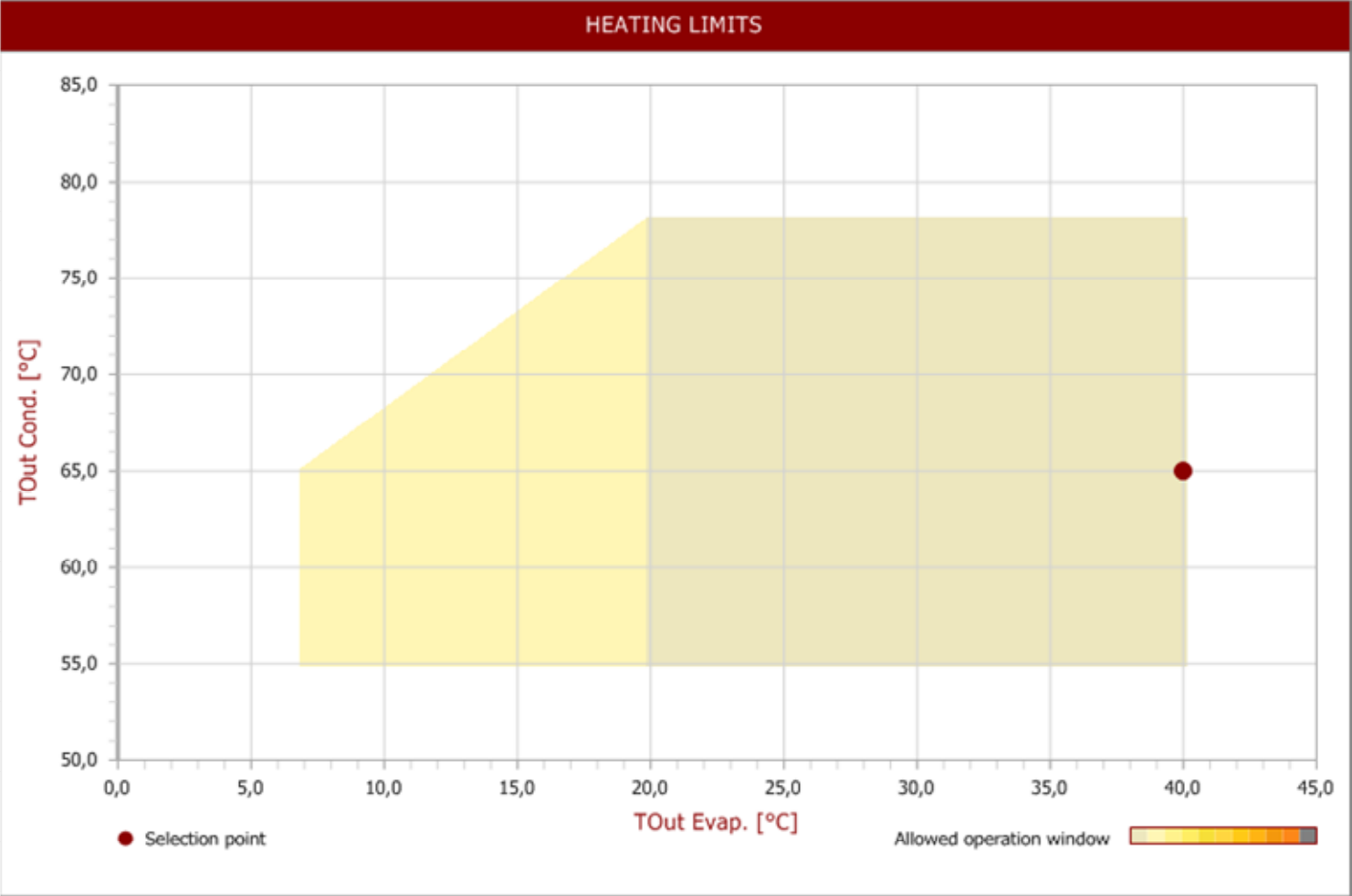
HEATING

SCROLL

R

HFC R-134a

OPERATING LIMITS



ELECTRICAL DATA

Power supply	V/ph/Hz	400/3/50
F.L.I. - Max absorbed power	kW	49,60
F.L.A. - Max absorbed current	A	79
S.A. - Inrush current	A	265

The performance shown are obtained from theoretical calculations and tolerances will apply.

EW-HT /0412

Software version: Elca World 1.0.6.0
 Report version: 1.0.1.0
 DB version: 1.0.7.0
 User: Nuno Guimarães
 Print data: 18-09-2018 15:14


HEATING


SCROLL


HFC R-134a

WEIGHT & DIMENSIONS

A	mm	1223
B	mm	877
H	mm	1496
Operating weight	kg	610
R1	mm	600
R2	mm	600
R3	mm	800
R4	mm	600

The performance shown are obtained from theoretical calculations and tolerances will apply.

EW-HT /0412

Software version: Elca World 1.0.6.0
 Report version: 1.0.1.0
 DB version: 1.0.7.0
 User: Nuno Guimarães
 Print data: 18-09-2018 15:14

TECHNICAL DOCUMENTATION - REGULATION (EU) No 813/2013 - Heat pumps for space heating

EW-HT /0412			
Air-to-water heat pump:	yes / no		no
Water-to-water heat pump:	yes / no		yes
Brine-to-water heat pump:	yes / no		no
Low-temperature heat pump:	yes / no		no
With supplementary heater:	yes / no		no
Mixed unit with heat pump:	yes / no		no
Temperature application (1)	(low 35°C/ medium 55°C)		medium 55°C
Water flow rate	fixed / variable		fixed
Outlet temperature	fixed / variable		variable
Parameters are declared for average/warmer/colder climate conditions (1)	average / warmer / colder		average
Rated heat output at Tdesignh	Prated = Pdesignh	[kW]	104
Seasonal space heating energy efficiency	ηs	[%]	122
Seasonal space heating energy efficiency class	-	-	
Declared capacity for heating for part load at indoor temperature 20 °C and outdoor temperature Tj			
Declared capacity for heating with outdoor temperature Tj = - 7 °C	Pdh	[kW]	91,6
Declared capacity for heating with outdoor temperature Tj = +2 °C	Pdh	[kW]	55,7
Declared capacity for heating with outdoor temperature Tj = +7 °C	Pdh	[kW]	47,2
Declared capacity for heating with outdoor temperature Tj = +12 °C	Pdh	[kW]	47,2
Declared capacity for heating with outdoor temperature Tj = Bivalent temperature	Pdh	[kW]	91,6
Declared capacity for heating with outdoor temperature Tj = Operation limit temperature	Pdh	[kW]	91,6
For air-to-water heat pumps: Tj = - 15 °C (if TOL < - 20 °C)	Pdh	[kW]	-
Bivalent temperature	Tbiv	[°C]	-7
Degradation coefficient	Cdh	-	0,90
Declared coefficient of performance or primary energy ratio for part load at indoor temperature 20 °C and outdoor temperature Tj			
Declared coefficient of performance with outdoor temperature Tj = - 7 °C	COPd	-	3,29
Declared coefficient of performance with outdoor temperature Tj = +2 °C	COPd	-	3,41
Declared coefficient of performance with outdoor temperature Tj = +7 °C	COPd	-	3,46
Declared coefficient of performance with outdoor temperature Tj = +12 °C	COPd	-	3,46
Declared coefficient of performance with outdoor temperature Tj = Bivalent temperature	COPd	-	3,29
Declared coefficient of performance with outdoor temperature Tj = Operation limit temperature	COPd	-	3,29
For air-to-water heat pumps: Tj = - 15 °C (if TOL < - 20 °C)	COPd	-	-
For air-to-water HP : Operation limit temperature	TOL	[°C]	-
Heating water operating limit temperature	WTOL	[°C]	65
Power consumption in modes other than active mode			
Off mode	POFF	[kW]	0,000
Thermostat-off mode	PTO	[kW]	0,522
Standby mode	PSB	[kW]	0,280
Crankcase heater mode	PCK	[kW]	0,280
Supplementary heater			
Nominal heating capacity	Psup	[kW]	11,9
Other items			
Capacity control	fixed / variable		variable
Sound power level, indoors	LWA	[dB(A)]	78
Sound power level, outdoors	LWA	[dB(A)]	-
Annual electricity consumption for heating	QHE	[kWh]	65754
Outdoor heat exchanger			
For air-to-water HP: Rated air flow rate, outdoors	Qairsorce	[m³/h]	-
For water-/brine-to-water heat pumps: Rated brine or water flow rate, outdoor heat exchanger	Qwater/brine source	[m³/h]	19

(1) The parameters are declared for application at medium temperature, except in the case of low temperature heat pumps. For low temperature heat pumps, the parameters are declared for application at low temperature.

NOTE: Technical data referred to selected unit.

EW-HT

Bombas de calor água-água para a produção de água a alta temperatura, capacidade de 70 a 279 kW

EW-HT

			0152	0182	0202	0262	0302	0412	0512	0612
Alimentação eléctrica	V/ph/Hz		400/3/50	400/3/50	400/3/50	400/3/50	400/3/50	400/3/50	400/3/50	400/3/50
PERFORMANCE SÓ AQUECIMENTO (VALOR BRUTO)										
Capacidade total aquecimento	(1)	kW	70,2	79,3	92,5	113	139	181	225	279
Potência absorvida total	(1)	kW	17,0	18,9	22,0	27,9	34,2	43,7	55,1	67,6
COP	(1)	kW/kW	4,13	4,20	4,20	4,05	4,08	4,14	4,08	4,13
SÓ AQUECIMENTO (VALOR EN14511)										
Capacidade total aquecimento	(1)(2)	kW	70,4	79,5	92,7	113	140	181	225	280
COP	(1)(2)	kW/kW	4,01	4,07	4,08	3,94	3,98	4,04	4,01	4,06
EFICIÊNCIA SAZONAL NO AQUECIMENTO (VALOR EN14825)										
PDesign	(3)	kW	38,6	43,6	50,0	61,6	78,1	104	128	157
SCOP	(3)		3,27	3,39	3,45	3,30	3,30	3,25	3,27	3,30
Performance η_s (norma 811/2013 UE)	(3)	%	123	128	130	124	124	122	123	124
Classe de eficiência sazonal (norma (UE) 811/2013)	(3)		A+	A++	A++	A+	-	-	-	-
PERMUTADOR DE CALOR LADO UTILIZADOR NO AQUECIMENTO										
Caudal de água	(1)	m³/h	7,72	8,72	10,2	12,4	15,3	19,9	24,7	30,7
Perda de carga	(1)	kPa	23,9	25,0	24,2	24,2	19,7	19,8	19,8	20,1
PERMUTADOR DE CALOR LADO FONTE NO AQUECIMENTO										
Caudal de água	(1)	m³/h	9,42	10,7	12,5	15,1	18,6	24,3	30,1	37,5
Perda de carga	(1)	kPa	45,4	46,7	51,8	53,8	49,7	50,1	37,6	37,7
CCOMPRESSORES										
Nº de compressores		Nº	2	2	2	2	2	2	2	2
Nº de circuitos		Nº	2	2	2	2	2	2	2	2
NÍVEL DE RUÍDO										
Pressão sonora	(4)	dB(A)	58	58	58	60	60	62	62	64
Potência sonora no aquecimento	(5)(6)	dB(A)	74	74	74	76	76	78	78	80
DIMENSÕES E PESO										
A	(7)	mm	1223	1223	1223	1223	1223	1223	1223	1223
B	(7)	mm	877	877	877	877	877	877	877	877
H	(7)	mm	1496	1496	1496	1496	1496	1496	1496	1496
Peso operacional	(7)	kg	365	380	390	415	430	610	675	740

1 Água do permutador de calor (entrada/saída) lado do utilizador 70°C/78°C; água do permutador de calor (entrada/saída) lado da fonte 45°C/40°C.

2 Valores em conformidade com EN14511-3:2013.

3 Classe de eficiência energética para o aquecimento de espaços sazonal, TEMPERATURA MÉDIA em condições climáticas MÉDIAS (NORMA (UE) N. 811/2013).

4 Nível de pressão sonora médio à distância de 1 m, unidade num campo livre sobre uma superfície refletora; valor não vinculativo calculado a partir do nível de potência sonora.

5 Potência sonora baseada em medições realizadas em conformidade com ISO 9614.

6 Nível de potência sonora no aquecimento, interior.

7 Unidade na configuração/versão padrão, sem acessórios opcionais.

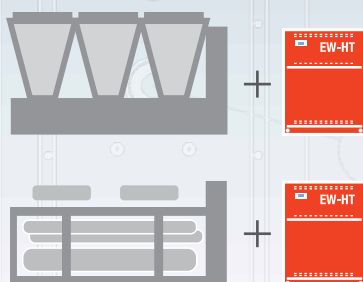
As unidades em realce nesta publicação contêm gases fluorados com efeito de estufa HFC R134a [GWP100 1430]

Acessórios principais:

- Controlo de sequência de fases
- Cablagem numerada no quadro eléctrico (std)
- Disjuntores automáticos para cargas (std)
- Configuração para conectividade remota (Modbus, Lonworks, Bacnet MS/TP RS485, Bacnet sobre IP)
- Sinal remoto para duplo set-point
- Limite de capacidade
- Interface de ecrã tátil
- Teclado remoto de controlo com visor LCD (distância até 200 ou 500 m)
- Arrancador suave para compressores
- Manómetros de alta e de baixa pressão
- Válvulas de aspiração e descarga do compressor
- Caixa de insonorização: isolamento extra na secção do compressor
- Apoios anti-vibráteis de borracha
- Kit de acoplamento ranhurado com tubo roscado lado utilizador (std)



Integração do controlo



W3000TE

Parâmetros proprietários permitem a integração perfeita do controlo da EW-HT com outra bomba de calor inteligente Climaveneta equipada com software W3000TE ou posterior. A integração oferece várias vantagens em termos de sequênciação e gestão de equipamento, proporcionando o controlo completo de um sistema de 6 tubos.

Notas:

- Distância máxima entre as unidades: 100 m.
- No caso de uma versão do software mais antiga, contacte a Mitsubishi Electric.

Anexo 8 – Seleção dos Depósitos de AQS com as respectivas características

FICHA TÉCNICA

Tanques de Inércia sem Permutadores Storatherm Heat HF 4000/R - HF 5000/R

Tanque de inércia de fabrico Reflex Winkelmann concebido para sistemas de aquecimento ou de refrigeração, construído em aço S235JRG2 (RSt 37-2), pintura exterior, sem isolamento térmico.

Fabricado em conformidade com a Norma EN 12897:2006 e DIN 4753-1:2011. Os procedimentos de soldadura são executados de acordo com DIN EN 287-1:2011 e DIN EN 3834-1:2006.

Os tanques cumprem a Directiva de Equipamentos sob Pressão 2014/68/EU do Parlamento Europeu.

Entidade Certificadora do Sistema de Qualidade: TÜV Nord Systems GmbH + Co. KG, Große Bahnstraße 31, 22525 Hamburgo.

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Modelo	HF 4000/R	HF 5000/R
Artigo	7788500	7788800
Isolamento térmico	opcional	opcional
Permutadores / serpentinas	não incluídos	não incluídos
Volume nominal	4000 litros	5000 litros
Pressão máx. de funcionamento do tanque	6 bar	6 bar
Temperatura máx. de funcionamento do tanque	95°C	95°C
Diâmetro sem isolamento (ØD)	1500 mm	1500 mm
Diâmetro com isolamento OPCIONAL (ØD)	1740 mm	1740 mm
Altura (H)	2676 mm	3211 mm
Ligações hidráulicas	9 x Rp 2"	9 x Rp 2"
Camisas para sensores	3 x Rp ¾" + 1 Rp ½"	3 x Rp ¾" + 1 Rp ½"
Peso líquido com isolamento	677 kg	814 kg
Flange cega / janela de inspecção	DN 110	DN 110

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO ISOLAMENTO - OPCIONAL

O isolamento térmico é opcional. Pode ser fornecido opcionalmente: é removível para montagem no local da instalação. É indicado para sistemas de aquecimento.

Material do isolamento	poliuretano
Espessura do isolamento	120 mm
Material do isolamento da cobertura de topo	poliester
Resistência ao fogo, incluindo cobertura inferior e superior (DIN 4102)	B2
Condutividade térmica (λ)	0,040 [W/(m*K)]

FICHA TÉCNICA

Tanques de Inércia sem Permutadores Storatherm Heat HF 4000/R - HF 5000/R

DIMENSÕES E CARACTERÍSTICAS ADICIONAIS



Tanque de inércia: vertical para sistemas de aquecimento ou arrefecimento

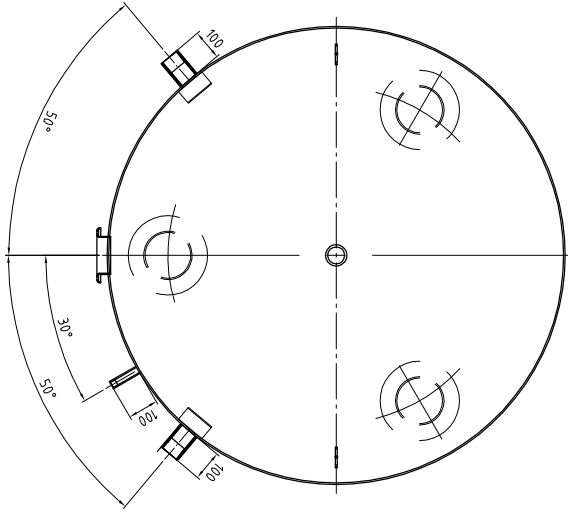
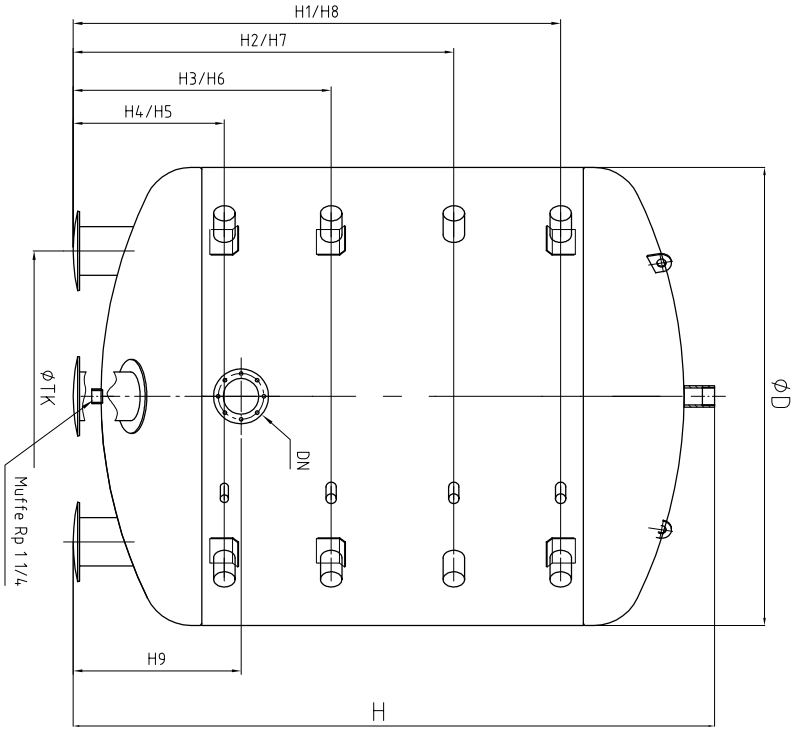
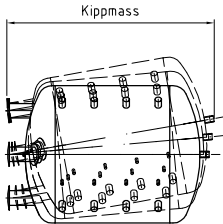
Janela de inspecção: facilita a limpeza e a manutenção, e pode ser usada para instalar uma resistência eléctrica adicional ou permutador de calor auxiliar.

Certificado de Conformidade: poderá ser fornecido a pedido.

Pufferspeicher
Typ PHF 3000 - 5000 Ltr
6 bar - 95°C

reflex
Reflex Winkelmann GmbH
59227 Ahten

Typ		PHF 3000	PHF 4000	PHF 5000
Inhalt	Ltr	3000	4000	5000
ø D	mm	1500	1500	1500
Höhe H	mm/Rp 2	2101	2676	3211
Kippmass	mm	2205	2756	3264
ø TK	mm	1100	1100	1100
H1	mm/Rp 2	1597	2171	2682
H2	mm/Rp 2	1247	1577	1895
H3	mm/Rp 2	845	1090	1305
H4	mm/Rp 2	495	496	520
H5	mm/Rp 1/2	495	496	520
H6	mm/Rp 3/4	845	1090	1305
H7	mm/Rp 3/4	1247	1577	1895
H8	mm/Rp 3/4	1597	2171	2682
H9	VSF DN	110	110	110
	Lochkreis mm	150	150	150
	mm	550	550	575



Anexo 9 – Dimensionamento do Permutador de Calor de Placas (Água da Rede – Água de Alta Temperatura no circuito da BC)

Permutador Água a Alta Temperatura - Água da Rede

Cálculo da eficiência do permutador de placas (troca calor entre a água a alta temperatura e a água da rede)	Caudal necessário para as necessidades [l/h] (Caudal máximo que passa no permutador do lado da água da rede)	Caudal necessário para as necessidades [kg/s] (Caudal máximo que passa no permutador do lado da água da rede)	Cc [kJ/(K*s)]
1	4683,59	1,30	5,43
2	4683,59	1,30	5,43
3	4683,59	1,30	5,43
4	4683,59	1,30	5,43
5	4683,59	1,30	5,43
6	4683,59	1,30	5,43
7	4683,59	1,30	5,43
8	4683,59	1,30	5,43
9	4683,59	1,30	5,43
10	4781,16	1,33	5,55
11	4829,95	1,34	5,60
12	5317,82	1,48	6,17
13	5376,37	1,49	6,24
14	5415,40	1,50	6,28
15	5464,19	1,52	6,34
16	5512,97	1,53	6,40
17	5415,40	1,50	6,28
18	5376,37	1,49	6,24
19	5376,37	1,49	6,24
20	5317,82	1,48	6,17
21	5317,82	1,48	6,17
22	5317,82	1,48	6,17
23	5317,82	1,48	6,17
24	4732,37	1,31	5,49

Permutador Água a Alta Temperatura - Água da Rede

Caudal necessário para as necessidades [kg/s] Caudal que passa no permutador do lado da água a alta temperatura	Caudal necessário para as necessidades [m ³ /h] Caudal que passa no permutador do lado da água a alta temperatura	Ch [kJ/(K*s)]	Calor trocado (q)
8,32	29,95	34,783	173,91
8,32	29,95	34,783	173,91
8,32	29,95	34,783	173,91
8,32	29,95	34,783	173,91
8,32	29,95	34,783	173,91
8,32	29,95	34,783	173,91
8,32	29,95	34,783	173,91
8,32	29,95	34,783	173,91
8,32	29,95	34,783	173,91
8,32	29,95	34,783	173,91
8,49	30,57	35,507	177,54
8,58	30,88	35,870	179,35
9,44	34,00	39,493	197,46
9,55	34,38	39,928	199,64
9,62	34,62	40,217	201,09
9,70	34,94	40,580	202,90
9,79	35,25	40,942	204,71
9,62	34,62	40,217	201,09
9,55	34,38	39,928	199,64
9,55	34,38	39,928	199,64
9,44	34,00	39,493	197,46
9,44	34,00	39,493	197,46
9,44	34,00	39,493	197,46
9,44	34,00	39,493	197,46
8,40	30,26	35,145	175,72

Permutador Água a Alta Temperatura - Água da Rede

Calor máximo possível de ser trocado (qmáx)	Eficiência [%]
201,09	86,49
201,09	86,49
201,09	86,49
201,09	86,49
201,09	86,49
201,09	86,49
201,09	86,49
201,09	86,49
201,09	86,49
201,09	86,49
205,28	86,49
207,37	86,49
228,32	86,49
230,83	86,49
232,51	86,49
234,60	86,49
236,70	86,49
232,51	86,49
230,83	86,49
230,83	86,49
228,32	86,49
228,32	86,49
228,32	86,49
228,32	86,49
203,18	86,49

Água a Alta temperatura do circuito da BC	
Ti [°C]	65
Tf [°C]	60
cp [kJ/kg.K] [60 °C]	4,18
cp [kJ/kg.K] [65 °C]	4,183
cp médio [kJ/kg.K]	4,1815

Permutador de Placas		
U (W/(K*m ²))	2500	Fonte: Toolbox,2003

Água da rede	
Ti [°C]	28
Tf [°C]	60
cp [kJ/kg.K] [28 °C]	4,1758
cp [kJ/kg.K] [60 °C]	4,179
cp médio [kJ/kg.K]	4,1774

Cálculo da área mínima do permutador através da temperatura média logaritmica	Q _{máx} [kW]	ΔT _{entra}	ΔT _{sai}	ΔT _{ML} [K]	ΔT _{ML} [K] (Menos precisa)
$A = Q_{máx}/(U \cdot \Delta T_{ML})$	204,71	5,00	32,00	14,55	18,50

Permutador de calor em contra-corrente

Área mínima de transferência que o permutador tem de ter - A (m ²)	Área mínima de transferência que o permutador tem de ter - A (m ²) - Pelo método menos preciso
5,63	4,43

Anexo 10 – Seleção do Permutador de Calor (Água da Rede – Água de Alta Temperatura no circuito da BC) com as respectivas características

REFLEX HEATEXCHANGERS CALCULATION SHEET



Thinking solutions.

Prepared by/Date 05.11.2020
Heat Exchanger Type RLB-110-120-P25
Article Number 8020200

DATA SHEET:

	Side 1	Side 2	
Heat Load	204.7		kW
LMTD	14.5		K
Min. Oversizing	0		%
Fluid	Water	Water	
Inlet Temperature	65	28	°C
Outlet Temperature	60	60	°C
Mass Flow	9.78	1.53	kg/s
Inlet Volume Flow	35.83	5.51	m³/h
Outlet Volume Flow	35.73	5.58	m³/h
Max. Pressure Drop	25	25	kPa
Design Pressure	25	25	bar
Design Temperature	230	230	°C

HEAT EXCHANGER SELECTION: (Standard Calculation)

	Side 1	Side 2	
Heat Transfer Area	14		m²
Fouling Factor	0.4623		m²K/kW
OHTC Clean	1866.2968		W/m²K
OHTC Fouling	1001.9222		W/m²K
Oversize	86.3		%
Calc. Pressure Drop	24.8	0.7	kPa
Connections Press. Drop	0.3	0	kPa
Connections Velocity	5.06	0.78	m/s
Internal Velocity	0.34	0.05	m/s
Reynolds No.	2959	342	[-]
Heat Transfer Coefficient	10087.8	2425.3	W/m²K

PHYSICAL PROPERTIES:

	Side 1	Side 2	
Fluid	Water	Water	
Ref. Temperature	62.5	44	°C
Density	984.2	992.99	kg/m³
Heat Capacity	4.185	4.187	kJ/kgK
Thermal Conductivity	0.6459	0.6248	W/mK
Dynamic Viscosity	0.0005	0.0006	Ns/m²
Prandtl No.	2.96	4.08	[-]

Reflex Heatexchanger Tool

Reflex Winkelmann GmbH, Gersteinstraße 19, 59227 Ahlen
tel.: +49 2382 7069-0, info@reflex.de, www.reflex.de
Changes, errors and mistakes are reserved

Reflex Longtherm RLB-110-120, brazed heat exchanger, 230 °C, 25 bar

Article number: 8020200



Features

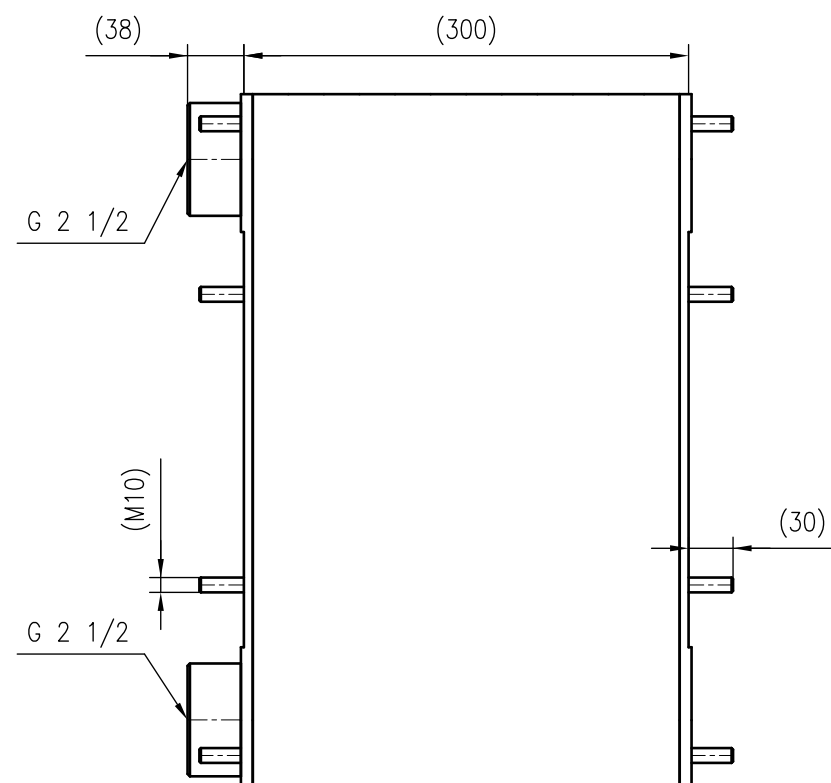
Type	RLB-110-120
Number of plates	120
Plate thickness	0,300000 mm
Volume primary side (k2/k3)	9,60 l
Volume secondary side (k4/k1)	9,60 l
Plate material	AISI 316L
Sealing material	copper
Max. perm.operating temperature	230 °C
Max. perm. operating pressure	25 bar
Connection	AG 2 1/2"
Connection material	AISI 316L
Connection variant	pipe
Height	466 mm
Height k2-k3/k4-k1	378 mm
Width	258 mm
Width primary-secondary	170 mm
Depth	300 mm
Weight	60,30 kg

Description

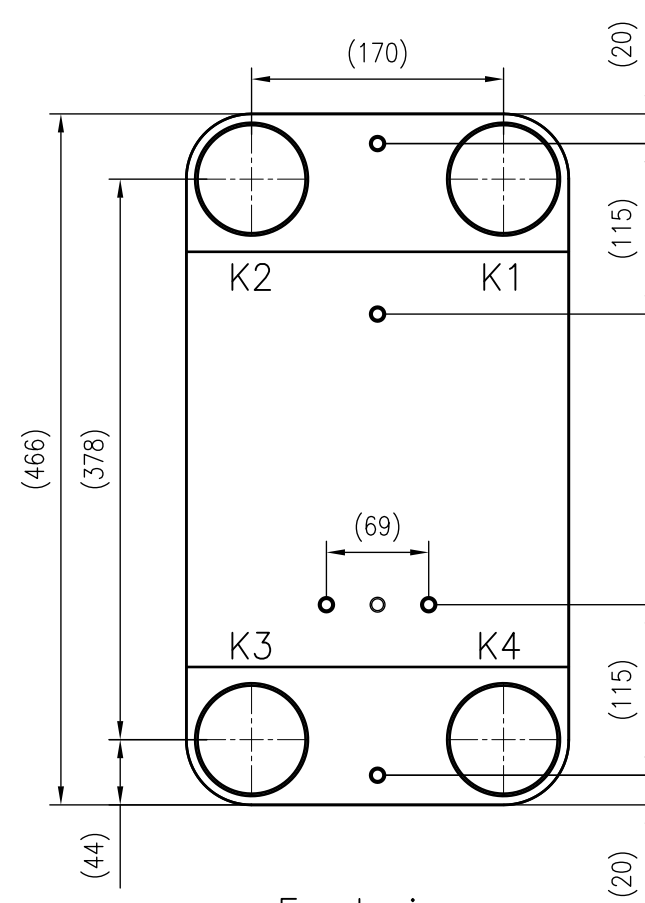
Reflex Longtherm
brazed heat exchanger from stainless steel (1.4404)
with copper solder vacuum-soldered. Sizes R..B-14 to
R..B-110 with threaded connection, R..B-235 with DIN
flanged connection.

Approval according to Pressure Equipment Directive
2014/68/EC. With CE mark.

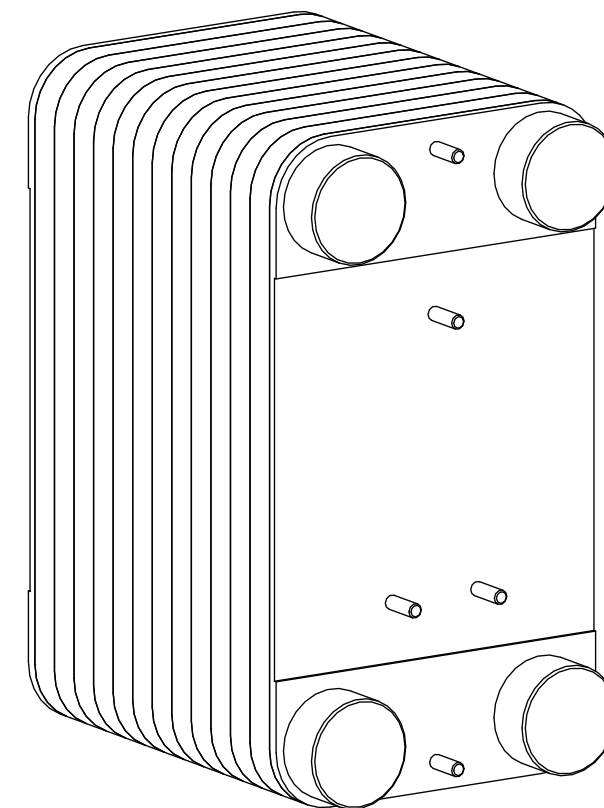




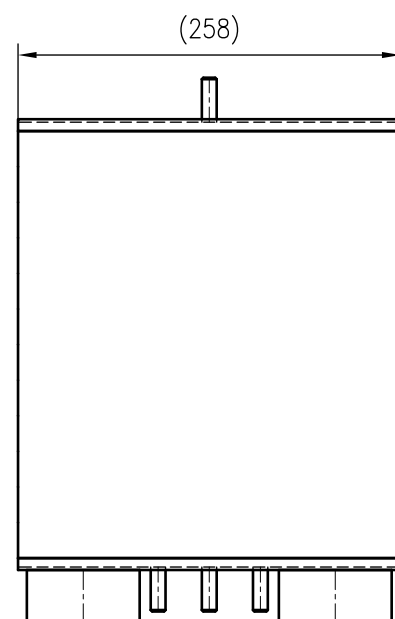
Side view



Front view



Isometric view



Top view



Unterliegt nicht dem Änderungsdienst/ Not subject to change management		Maßstab/ Scale: 1:5	Format/ Size: A3
Revision 07.09.2018	Longtherm RLB 110 120 – 8020200		

A3

Anexo 11 – Folhas de cálculo utilizadas para o cálculo do consumo de combustível e energia elétrica desperdiçada do gerador P400-3 (S/Sistema de Armazenamento de Baterias)

1 de Janeiro

Sistema de Armazenamento Total

Energia Elétrica

Horas	TBS na ilha [°C]	HR na ilha [%]	Potência Elétrica [kW] (S/CHILLERS E BCs)	Potência Elétrica (C/CHILLERS) [kW]	Potência Elétrica Total (C/CHILLERS E BCs) [kW]
1	27	84	478,26	662,46	710,86
2	27	84	473,91	658,11	706,51
3	27	84	473,91	658,11	706,51
4	27	84	473,91	658,11	658,11
5	27	84	473,91	658,11	706,51
6	27	84	473,91	658,11	706,51
7	27	84	478,26	662,46	710,86
8	27	84	486,96	671,16	671,16
9	28	79	495,65	683,15	731,55
10	29	70	486,96	677,76	726,16
11	31	62	495,65	693,05	741,45
12	32	59	526,09	726,79	726,79
13	33	56	526,09	730,09	778,49
14	34	49	526,09	733,39	781,79
15	34	49	526,09	733,39	781,79
16	34	53	526,09	733,39	781,79
17	34	49	543,48	750,78	799,18
18	31	59	556,52	753,92	802,32
19	30	62	552,17	746,27	770,47
20	29	70	547,83	738,63	787,03
21	29	70	543,48	734,28	782,68
22	29	74	543,48	734,28	782,68
23	29	74	543,48	638,88	663,08
24	27	84	497,83	497,83	497,83
			Consumo Diário de Energia Elétrica (S/Chillers e BCs) [kWh]	Consumo Diário de Energia Elétrica (C/Chillers) [kWh]	Consumo Diário de Energia Elétrica (C/Chillers e BCs) [kWh]
			12250,00	16592,50	17512,10

	100%	75%	50%
1 Gerador Diesel em operação	280	210	140
2 Geradores a Diesel em operação	560	420	280
3 Geradores a Diesel em operação	840	630	420
4 Geradores a Diesel em operação	1120	840	560
5 Geradores a Diesel em operação	1400	1050	700
6 Geradores a Diesel em operação	1680	1260	840
7 Geradores a Diesel em operação			980

1 de Janeiro

Sistema de Armazenamento Total

Energia Elétrica

Capacidade dos gerad. a diesel (100%) [kW]	Consumo de fuel (100%) [l/h]	Potência Elétrica desperdiçada (100%) [kW]	Potência do fuel utilizado [kW]	Potência dos gases de exaustão [kW]
840,00	206,76	129,14	2069,33	620,80
840,00	206,76	133,49	2069,33	620,80
840,00	206,76	133,49	2069,33	620,80
840,00	206,76	181,89	2069,33	620,80
840,00	206,76	133,49	2069,33	620,80
840,00	206,76	133,49	2069,33	620,80
840,00	206,76	129,14	2069,33	620,80
840,00	206,76	168,84	2069,33	620,80
840,00	207,25	108,45	2074,15	622,25
840,00	207,73	113,84	2078,97	623,69
840,00	208,69	98,55	2088,62	626,59
840,00	209,17	113,21	2093,44	628,03
840,00	209,65	61,51	2098,26	629,48
840,00	210,14	58,21	2103,09	630,93
840,00	210,14	58,21	2103,09	630,93
840,00	210,14	58,21	2103,09	630,93
840,00	210,14	40,82	2103,09	630,93
840,00	208,69	37,68	2088,62	626,59
840,00	208,21	69,53	2083,80	625,14
840,00	207,73	52,97	2078,97	623,69
840,00	207,73	57,32	2078,97	623,69
840,00	207,73	57,32	2078,97	623,69
840,00	207,73	176,92	2078,97	623,69
560,00	137,84	62,17	1379,55	413,87
Energia Elétrica Diária produzida pelos Geradores [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l]	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Energia Diária de Fuel utilizada [kWh]	Energia Diária dos Gases de Exaustão [kWh]
19880,00	4922,80	2367,90	49268,28	14780,48

1 de Janeiro

Sistema de Armazenamento Total

Energia Elétrica

Capacidade dos gerad. a diesel (75%) [kW]	Consumo de fuel (75%) [l/h]	Potência Elétrica desperdiçada (75%) [kW]	Potência do fuel utilizado [kW]	Potência dos gases de exaustão [kW]
840,00	211,39	129,14	2115,58	634,67
840,00	211,39	133,49	2115,58	634,67
840,00	211,39	133,49	2115,58	634,67
840,00	211,39	181,89	2115,58	634,67
840,00	211,39	133,49	2115,58	634,67
840,00	211,39	133,49	2115,58	634,67
840,00	211,39	129,14	2115,58	634,67
840,00	211,39	168,84	2115,58	634,67
840,00	211,88	108,45	2120,51	636,15
840,00	212,37	113,84	2125,44	637,63
840,00	213,36	98,55	2135,30	640,59
840,00	213,85	113,21	2140,23	642,07
840,00	214,34	61,51	2145,16	643,55
840,00	214,83	58,21	2150,09	645,03
840,00	214,83	58,21	2150,09	645,03
840,00	214,83	58,21	2150,09	645,03
840,00	214,83	40,82	2150,09	645,03
840,00	213,36	37,68	2135,30	640,59
840,00	212,86	69,53	2130,37	639,11
840,00	212,37	52,97	2125,44	637,63
840,00	212,37	57,32	2125,44	637,63
840,00	212,37	57,32	2125,44	637,63
840,00	212,37	176,92	2125,44	637,63
630,00	158,54	132,17	1586,69	476,01
Energia Elétrica Diária produzida pelos Geradores [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l]	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Energia Diária de Fuel utilizada [kWh]	Energia Diária dos Gases de Exaustão [kWh]
19950,00	5050,45	2437,90	50545,81	15163,74

1 de Janeiro

Sistema de Armazenamento Total

Energia Elétrica

Capacidade dos gerad. a diesel (50%) [kW]	Consumo de fuel (50%) [l/h]	Potência Elétrica desperdiçada (50%) [kW]	Potência do fuel utilizado [kW]	Potência dos gases de exaustão [kW]
840,00	223,64	129,14	2238,25	671,48
840,00	223,64	133,49	2238,25	671,48
840,00	223,64	133,49	2238,25	671,48
700,00	186,37	41,89	1865,21	559,56
840,00	223,64	133,49	2238,25	671,48
840,00	223,64	133,49	2238,25	671,48
840,00	223,64	129,14	2238,25	671,48
700,00	186,37	28,84	1865,21	559,56
840,00	224,16	108,45	2243,47	673,04
840,00	224,68	113,84	2248,69	674,61
840,00	225,73	98,55	2259,12	677,74
840,00	226,25	113,21	2264,33	679,30
840,00	226,77	61,51	2269,55	680,87
840,00	227,29	58,21	2274,77	682,43
840,00	227,29	58,21	2274,77	682,43
840,00	227,29	58,21	2274,77	682,43
840,00	227,29	40,82	2274,77	682,43
840,00	225,73	37,68	2259,12	677,74
840,00	225,21	69,53	2253,90	676,17
840,00	224,68	52,97	2248,69	674,61
840,00	224,68	57,32	2248,69	674,61
840,00	224,68	57,32	2248,69	674,61
700,00	187,24	36,92	1873,90	562,17
560,00	149,09	62,17	1492,17	447,65
Energia Elétrica Diária produzida pelos Geradores [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l]	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Energia Diária de Fuel utilizada [kWh]	Energia Diária dos Gases de Exaustão [kWh]
19460,00	5212,67	1947,90	52169,31	15650,79

1 de Maio
Sistema de Armazenamento Total
Energia Elétrica

Horas	TBS na ilha [°C]	HR na ilha [%]	Potência Elétrica [kW] (S/CHILLERS E BCs)	Potência Elétrica (C/CHILLERS) [kW]	Potência Elétrica total (C/CHILLERS E BCs) [kW]
1	29	84	449,57	676,33	724,73
2	29	84	445,48	672,24	720,64
3	28	89	445,48	668,30	716,70
4	28	89	445,48	668,30	668,30
5	28	89	445,48	668,30	716,70
6	28	89	445,48	668,30	716,70
7	28	84	449,57	672,39	720,79
8	28	84	457,74	680,56	680,56
9	29	84	465,91	692,67	741,07
10	31	75	457,74	692,38	740,78
11	32	71	465,91	704,49	752,89
12	33	67	494,52	737,04	737,04
13	32	71	494,52	733,10	781,50
14	32	67	494,52	733,10	781,50
15	33	67	494,52	737,04	785,44
16	32	71	494,52	733,10	781,50
17	32	71	510,87	749,45	797,85
18	32	71	523,13	761,71	810,11
19	32	67	519,04	757,62	757,62
20	31	70	514,96	749,60	798,00
21	31	66	510,87	745,51	793,91
22	30	79	510,87	741,57	789,97
23	30	79	510,87	741,57	789,97
24	29	79	467,96	467,96	467,96
			Consumo Diário de Energia Elétrica (S/Chillers e BCs) [kWh]	Consumo Diário de Energia Elétrica (C/Chillers) [kWh]	Consumo Diário de Energia Elétrica (C/Chillers e BCs) [kWh]
			11515,00	16852,62	17772,22

	100%	75%	50%
1 Gerador Diesel em operação	280	210	140
2 Geradores a Diesel em operação	560	420	280
3 Geradores a Diesel em operação	840	630	420
4 Geradores a Diesel em operação	1120	840	560
5 Geradores a Diesel em operação	1400	1050	700
6 Geradores a Diesel em operação	1680	1260	840

1 de Maio

Sistema de Armazenamento Total

Energia Elétrica

Capacidade dos gerad. a diesel (100%) [kW]	Consumo de fuel (100%) [l/h]	Potência Elétrica desperdiçada (100%) [kW]	Potência do fuel utilizado [kW]	Potência dos gases de exaustão [kW]
840,00	207,73	115,27	2078,97	623,69
840,00	207,73	119,36	2078,97	623,69
840,00	207,25	123,30	2074,15	622,25
840,00	207,25	171,70	2074,15	622,25
840,00	207,25	123,30	2074,15	622,25
840,00	207,25	123,30	2074,15	622,25
840,00	207,25	119,21	2074,15	622,25
840,00	207,25	159,44	2074,15	622,25
840,00	207,73	98,93	2078,97	623,69
840,00	208,69	99,22	2088,62	626,59
840,00	209,17	87,11	2093,44	628,03
840,00	209,65	102,96	2098,26	629,48
840,00	209,17	58,50	2093,44	628,03
840,00	209,17	58,50	2093,44	628,03
840,00	209,65	54,56	2098,26	629,48
840,00	209,17	58,50	2093,44	628,03
840,00	209,17	42,15	2093,44	628,03
840,00	209,17	29,89	2093,44	628,03
840,00	209,17	82,38	2093,44	628,03
840,00	208,69	42,00	2088,62	626,59
840,00	208,69	46,09	2088,62	626,59
840,00	208,21	50,03	2083,80	625,14
840,00	208,21	50,03	2083,80	625,14
560,00	138,48	92,04	1385,98	415,79
Energia Elétrica Diária produzida pelos Geradores [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l]	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Energia Diária de Fuel utilizada [kWh]	Energia Diária dos Gases de Exaustão [kWh]
19880,00	4931,15	2107,78	49351,87	14805,56

1 de Maio

Sistema de Armazenamento Total

Energia Elétrica

Capacidade dos gerad. a diesel (75%) [kW]	Consumo de fuel (75%) [l/h]	Potência Elétrica desperdiçada (75%) [kW]	Potência do fuel utilizado [kW]	Potência dos gases de exaustão [kW]
840,00	212,37	115,27	2125,44	637,63
840,00	212,37	119,36	2125,44	637,63
840,00	211,88	123,30	2120,51	636,15
840,00	211,88	171,70	2120,51	636,15
840,00	211,88	123,30	2120,51	636,15
840,00	211,88	123,30	2120,51	636,15
840,00	211,88	119,21	2120,51	636,15
840,00	211,88	159,44	2120,51	636,15
840,00	212,37	98,93	2125,44	637,63
840,00	213,36	99,22	2135,30	640,59
840,00	213,85	87,11	2140,23	642,07
840,00	214,34	102,96	2145,16	643,55
840,00	213,85	58,50	2140,23	642,07
840,00	213,85	58,50	2140,23	642,07
840,00	214,34	54,56	2145,16	643,55
840,00	213,85	58,50	2140,23	642,07
840,00	213,85	42,15	2140,23	642,07
840,00	213,85	29,89	2140,23	642,07
840,00	213,85	82,38	2140,23	642,07
840,00	213,36	42,00	2135,30	640,59
840,00	213,36	46,09	2135,30	640,59
840,00	212,86	50,03	2130,37	639,11
840,00	212,86	50,03	2130,37	639,11
630,00	159,28	162,04	1594,08	478,22
Energia Elétrica Diária produzida pelos Geradores [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l]	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Energia Diária de Fuel utilizada [kWh]	Energia Diária dos Gases de Exaustão [kWh]
19950,00	5059,07	2177,78	50632,09	15189,63

1 de Maio

Sistema de Armazenamento Total

Energia Elétrica

Capacidade dos gerad. a diesel (50%) [kW]	Consumo de fuel (50%) [l/h]	Potência Elétrica desperdiçada (50%) [kW]	Potência do fuel utilizado [kW]	Potência dos gases de exaustão [kW]
840,00	224,68	115,27	2248,69	674,61
840,00	224,68	119,36	2248,69	674,61
840,00	224,16	123,30	2243,47	673,04
700,00	186,80	31,70	1869,56	560,87
840,00	224,16	123,30	2243,47	673,04
840,00	224,16	123,30	2243,47	673,04
840,00	224,16	119,21	2243,47	673,04
700,00	186,80	19,44	1869,56	560,87
840,00	224,68	98,93	2248,69	674,61
840,00	225,73	99,22	2259,12	677,74
840,00	226,25	87,11	2264,33	679,30
840,00	226,77	102,96	2269,55	680,87
840,00	226,25	58,50	2264,33	679,30
840,00	226,25	58,50	2264,33	679,30
840,00	226,77	54,56	2269,55	680,87
840,00	226,25	58,50	2264,33	679,30
840,00	226,25	42,15	2264,33	679,30
840,00	226,25	29,89	2264,33	679,30
840,00	226,25	82,38	2264,33	679,30
840,00	225,73	42,00	2259,12	677,74
840,00	225,73	46,09	2259,12	677,74
840,00	225,21	50,03	2253,90	676,17
840,00	225,21	50,03	2253,90	676,17
560,00	149,79	92,04	1499,12	449,74
Energia Elétrica Diária produzida pelos Geradores [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l]	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Energia Diária de Fuel utilizada [kWh]	Energia Diária dos Gases de Exaustão [kWh]
19600,00	5258,97	1827,78	52632,77	15789,83

Carga [%]	Consumo de fuel [l/h] consoante a condição de funcionamento									
	25	27	28	29	30	31	32	33	34	35
110	77,8	78,2	78,3	78,5	78,7	78,9	79,1	79,3	79,4	79,6
100	68,6	68,9	69,1	69,2	69,4	69,6	69,7	69,9	70,0	70,2
75	52,6	52,8	53,0	53,1	53,2	53,3	53,5	53,6	53,7	53,8
50	37,1	37,3	37,4	37,4	37,5	37,6	37,7	37,8	37,9	38,0

Temperatura [°C]		25	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Capacidade [kW]		280									
Carga [%]	100	280									
	90	252									
	80	224									
	75	210									
	70	196									
	60	168									
	50	140									
	25	70									

Cargas que estão no catálogo dos geradores a diesel e que vou utilizar

FUEL- Class A2 Diesel	
Densidade [kg/l] [53]	Poder Calorifico
0,846	11,83

Preço do combustivel diesel por litro em Singapura [€/l]
1,023

Sistema de Armazenamento Total

P400-3							
Custo [€]		37 950,00 €					
Carga	Janeiro						
	Energia Elétrica Diária Produzida [kWh]	Nº Máximo de Geradores utilizados	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Consumo Diário de fuel [l]	Custo Diário de fuel - Diesel [€]	Custo dos equipamentos utilizados [€]	
	100%	19880,00	3	2367,90	4922,80	5036,03	113 850,00 €
	75%	19950,00	4	2437,90	5050,45	5166,61	151 800,00 €
	50%	19460,00	6	1947,90	5212,67	5332,56	227 700,00 €

Carga	Maio						
	Energia Elétrica Diária Produzida [kWh]	Nº Máximo de Geradores utilizados	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Consumo Diário de fuel [l]	Custo Diário de fuel - Diesel [€]	Custo dos equipamentos utilizados [€]	
	100%	19880,00	3	2107,78	4931,15	5044,57	113 850,00 €
	75%	19950,00	4	2177,78	5059,07	5175,43	151 800,00 €
	50%	19600,00	6	1827,78	5258,97	5379,93	227 700,00 €

1 de Janeiro

Sistema de Armazenamento Parcial

Energia Elétrica

Horas	TBS na ilha [°C]	HR na ilha [%]	Potência Elétrica [kW] (S/CHILLERS E BCs)	Potência Elétrica (C/CHILLERS) [kW]	Potência Elétrica Total (C/CHILLERS E BCs) [kW]
1	27	84	478,26	766,46	835,46
2	27	84	473,91	762,11	831,11
3	27	84	473,91	762,11	796,61
4	27	84	473,91	618,01	652,51
5	27	84	473,91	618,01	652,51
6	27	84	473,91	618,01	652,51
7	27	84	478,26	622,36	656,86
8	27	84	486,96	631,06	665,56
9	28	79	495,65	642,35	676,85
10	29	70	486,96	636,26	670,76
11	31	62	495,65	650,15	684,65
12	32	59	526,09	683,19	717,69
13	33	56	526,09	685,79	720,29
14	34	49	526,09	688,39	722,89
15	34	49	526,09	688,39	722,89
16	34	53	526,09	850,69	919,69
17	34	49	543,48	868,08	868,08
18	31	59	556,52	711,02	745,52
19	30	62	552,17	855,97	924,97
20	29	70	547,83	697,13	731,63
21	29	70	543,48	692,78	727,28
22	29	74	543,48	692,78	727,28
23	29	74	543,48	692,78	727,28
24	27	84	497,83	641,93	676,43
			Consumo Diário de Energia Elétrica (S/Chillers e BCs) [kWh]	Consumo Diário de Energia Elétrica (C/Chillers) [kWh]	Consumo Diário de Energia Elétrica (C/Chillers e BCs) [kWh]
			12250,00	16775,80	17707,30

	100%	75%	50%
1 Gerador Diesel em operação	280	210	140
2 Geradores a Diesel em operação	560	420	280
3 Geradores a Diesel em operação	840	630	420
4 Geradores a Diesel em operação	1120	840	560
5 Geradores a Diesel em operação	1400	1050	700
6 Geradores a Diesel em operação	1680	1260	840
7 Geradores a Diesel em operação			980

1 de Janeiro

Sistema de Armazenamento Parcial

Energia Elétrica

Capacidade dos gerad. a diesel (100%) [kW]	Consumo de fuel (100%) [l/h]	Potência Elétrica desperdiçada (100%) [kW]	Potência do fuel utilizado [kW]	Potência dos gases de exaustão [kW]
840,00	206,76	4,54	2069,33	620,80
840,00	206,76	8,89	2069,33	620,80
840,00	206,76	43,39	2069,33	620,80
840,00	206,76	187,49	2069,33	620,80
840,00	206,76	187,49	2069,33	620,80
840,00	206,76	187,49	2069,33	620,80
840,00	206,76	183,14	2069,33	620,80
840,00	206,76	174,44	2069,33	620,80
840,00	207,25	163,15	2074,15	622,25
840,00	207,73	169,24	2078,97	623,69
840,00	208,69	155,35	2088,62	626,59
840,00	209,17	122,31	2093,44	628,03
840,00	209,65	119,71	2098,26	629,48
840,00	210,14	117,11	2103,09	630,93
840,00	210,14	117,11	2103,09	630,93
1120,00	280,18	200,31	2804,11	841,23
1120,00	280,18	251,92	2804,11	841,23
840,00	208,69	94,48	2088,62	626,59
1120,00	277,61	195,03	2778,39	833,52
840,00	207,73	108,37	2078,97	623,69
840,00	207,73	112,72	2078,97	623,69
840,00	207,73	112,72	2078,97	623,69
840,00	207,73	112,72	2078,97	623,69
840,00	206,76	163,57	2069,33	620,80
Energia Elétrica Diária produzida pelos Geradores [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l]	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Energia Diária de Fuel utilizada [kWh]	Energia Diária dos Gases de Exaustão [kWh]
21000,00	5201,22	3292,70	52054,71	15616,41

1 de Janeiro

Sistema de Armazenamento Parcial

Energia Elétrica

Capacidade dos gerad. a diesel (75%) [kW]	Consumo de fuel (75%) [l/h]	Potência Elétrica desperdiçada (75%) [kW]	Potência do fuel utilizado [kW]	Potência dos gases de exaustão [kW]
840,00	211,39	4,54	2115,58	634,67
840,00	211,39	8,89	2115,58	634,67
840,00	211,39	43,39	2115,58	634,67
840,00	211,39	187,49	2115,58	634,67
840,00	211,39	187,49	2115,58	634,67
840,00	211,39	187,49	2115,58	634,67
840,00	211,39	183,14	2115,58	634,67
840,00	211,39	174,44	2115,58	634,67
840,00	211,88	163,15	2120,51	636,15
840,00	212,37	169,24	2125,44	637,63
840,00	213,36	155,35	2135,30	640,59
840,00	213,85	122,31	2140,23	642,07
840,00	214,34	119,71	2145,16	643,55
840,00	214,83	117,11	2150,09	645,03
840,00	214,83	117,11	2150,09	645,03
1050,00	268,54	130,31	2687,62	806,29
1050,00	268,54	181,92	2687,62	806,29
840,00	213,36	94,48	2135,30	640,59
1050,00	266,08	125,03	2662,97	798,89
840,00	212,37	108,37	2125,44	637,63
840,00	212,37	112,72	2125,44	637,63
840,00	212,37	112,72	2125,44	637,63
840,00	212,37	112,72	2125,44	637,63
840,00	211,39	163,57	2115,58	634,67
Energia Elétrica Diária produzida pelos Geradores [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l]	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Energia Diária de Fuel utilizada [kWh]	Energia Diária dos Gases de Exaustão [kWh]
20790,00	5263,93	3082,70	52682,35	15804,70

1 de Janeiro

Sistema de Armazenamento Parcial

Energia Elétrica

Capacidade dos gerad. a diesel (50%) [kW]	Consumo de fuel (50%) [l/h]	Potência Elétrica desperdiçada (50%) [kW]	Potência do fuel utilizado [kW]	Potência dos gases de exaustão [kW]
840,00	223,64	4,54	2238,25	671,48
840,00	223,64	8,89	2238,25	671,48
840,00	223,64	43,39	2238,25	671,48
700,00	186,37	47,49	1865,21	559,56
700,00	186,37	47,49	1865,21	559,56
700,00	186,37	47,49	1865,21	559,56
700,00	186,37	43,14	1865,21	559,56
700,00	186,37	34,44	1865,21	559,56
700,00	186,80	23,15	1869,56	560,87
700,00	187,24	29,24	1873,90	562,17
700,00	188,11	15,35	1882,60	564,78
840,00	226,25	122,31	2264,33	679,30
840,00	226,77	119,71	2269,55	680,87
840,00	227,29	117,11	2274,77	682,43
840,00	227,29	117,11	2274,77	682,43
980,00	265,17	60,31	2653,89	796,17
980,00	265,17	111,92	2653,89	796,17
840,00	225,73	94,48	2259,12	677,74
980,00	262,74	55,03	2629,55	788,87
840,00	224,68	108,37	2248,69	674,61
840,00	224,68	112,72	2248,69	674,61
840,00	224,68	112,72	2248,69	674,61
840,00	224,68	112,72	2248,69	674,61
700,00	186,37	23,57	1865,21	559,56
Energia Elétrica Diária produzida pelos Geradores [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l]	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Energia Diária de Fuel utilizada [kWh]	Energia Diária dos Gases de Exaustão [kWh]
19320,00	5176,44	1612,70	51806,70	15542,01

1 de Maio

Sistema de Armazenamento Parcial

Energia Elétrica

Horas	TBS na ilha [°C]	HR na ilha [%]	Potência Elétrica [kW] (S/CHILLERS E BCs)	Potência Elétrica (C/CHILLERS) [kW]	Potência Elétrica total (C/CHILLERS E BCs) [kW]
1	29	84	449,57	676,33	724,73
2	29	84	445,48	672,24	720,64
3	28	89	445,48	668,30	716,70
4	28	89	445,48	668,30	668,30
5	28	89	445,48	668,30	716,70
6	28	89	445,48	668,30	716,70
7	28	84	449,57	672,39	720,79
8	28	84	457,74	680,56	680,56
9	29	84	465,91	692,67	741,07
10	31	75	457,74	692,38	740,78
11	32	71	465,91	704,49	752,89
12	33	67	494,52	737,04	761,24
13	32	71	494,52	733,10	781,50
14	32	67	494,52	733,10	781,50
15	33	67	494,52	737,04	785,44
16	32	71	494,52	613,81	638,01
17	32	71	510,87	630,16	654,36
18	32	71	523,13	761,71	810,11
19	32	67	519,04	757,62	806,02
20	31	70	514,96	749,60	798,00
21	31	66	510,87	745,51	793,91
22	30	79	510,87	741,57	765,77
23	30	79	510,87	626,22	650,42
24	29	79	467,96	694,72	718,92

**Consumo Diário de
Energia Elétrica
(S/Chillers e BCs)
[kWh]**

11515,00

**Consumo Diário de
Energia Elétrica
(C/Chillers) [kWh]**

16725,45

**Consumo Diário de
Energia Elétrica
(C/Chillers e BCs)
[kWh]**

17645,05

	100%	75%	50%
1 Gerador Diesel em operação	280	210	140
2 Geradores a Diesel em operação	560	420	280
3 Geradores a Diesel em operação	840	630	420
4 Geradores a Diesel em operação	1120	840	560
5 Geradores a Diesel em operação	1400	1050	700
6 Geradores a Diesel em operação	1680	1260	840

1 de Maio

Sistema de Armazenamento Parcial

Energia Elétrica

Capacidade dos gerad. a diesel (100%) [kW]	Consumo de fuel (100%) [l/h]	Potência Elétrica desperdiçada (100%) [kW]	Potência do fuel utilizado [kW]	Potência dos gases de exaustão [kW]
840,00	207,73	115,27	2078,97	623,69
840,00	207,73	119,36	2078,97	623,69
840,00	207,25	123,30	2074,15	622,25
840,00	207,25	171,70	2074,15	622,25
840,00	207,25	123,30	2074,15	622,25
840,00	207,25	123,30	2074,15	622,25
840,00	207,25	119,21	2074,15	622,25
840,00	207,25	159,44	2074,15	622,25
840,00	207,73	98,93	2078,97	623,69
840,00	208,69	99,22	2088,62	626,59
840,00	209,17	87,11	2093,44	628,03
840,00	209,65	78,76	2098,26	629,48
840,00	209,17	58,50	2093,44	628,03
840,00	209,17	58,50	2093,44	628,03
840,00	209,65	54,56	2098,26	629,48
840,00	209,17	201,99	2093,44	628,03
840,00	209,17	185,64	2093,44	628,03
840,00	209,17	29,89	2093,44	628,03
840,00	209,17	33,98	2093,44	628,03
840,00	208,69	42,00	2088,62	626,59
840,00	208,69	46,09	2088,62	626,59
840,00	208,21	74,23	2083,80	625,14
840,00	208,21	189,58	2083,80	625,14
840,00	207,73	121,08	2078,97	623,69
Energia Elétrica Diária produzida pelos Geradores [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l]	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Energia Diária de Fuel utilizada [kWh]	Energia Diária dos Gases de Exaustão [kWh]
20160,00	5000,40	2514,95	50044,86	15013,46

1 de Maio

Sistema de Armazenamento Parcial

Energia Elétrica

Capacidade dos gerad. a diesel (75%) [kW]	Consumo de fuel (75%) [l/h]	Potência Elétrica desperdiçada (75%) [kW]	Potência do fuel utilizado [kW]	Potência dos gases de exaustão [kW]
840,00	212,37	115,27	2125,44	637,63
840,00	212,37	119,36	2125,44	637,63
840,00	211,88	123,30	2120,51	636,15
840,00	211,88	171,70	2120,51	636,15
840,00	211,88	123,30	2120,51	636,15
840,00	211,88	123,30	2120,51	636,15
840,00	211,88	119,21	2120,51	636,15
840,00	211,88	159,44	2120,51	636,15
840,00	212,37	98,93	2125,44	637,63
840,00	213,36	99,22	2135,30	640,59
840,00	213,85	87,11	2140,23	642,07
840,00	214,34	78,76	2145,16	643,55
840,00	213,85	58,50	2140,23	642,07
840,00	213,85	58,50	2140,23	642,07
840,00	214,34	54,56	2145,16	643,55
840,00	213,85	201,99	2140,23	642,07
840,00	213,85	185,64	2140,23	642,07
840,00	213,85	29,89	2140,23	642,07
840,00	213,85	33,98	2140,23	642,07
840,00	213,36	42,00	2135,30	640,59
840,00	213,36	46,09	2135,30	640,59
840,00	212,86	74,23	2130,37	639,11
840,00	212,86	189,58	2130,37	639,11
840,00	212,37	121,08	2125,44	637,63
Energia Elétrica Diária produzida pelos Geradores [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l]	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Energia Diária de Fuel utilizada [kWh]	Energia Diária dos Gases de Exaustão [kWh]
20160,00	5112,16	2514,95	51163,45	15349,04

1 de Maio

Sistema de Armazenamento Parcial

Energia Elétrica

Capacidade dos gerad. a diesel (50%) [kW]	Consumo de fuel (50%) [l/h]	Potência Elétrica desperdiçada (50%) [kW]	Potência do fuel utilizado [kW]	Potência dos gases de exaustão [kW]
840,00	224,68	115,27	2248,69	674,61
840,00	224,68	119,36	2248,69	674,61
840,00	224,16	123,30	2243,47	673,04
700,00	186,80	31,70	1869,56	560,87
840,00	224,16	123,30	2243,47	673,04
840,00	224,16	123,30	2243,47	673,04
840,00	224,16	119,21	2243,47	673,04
700,00	186,80	19,44	1869,56	560,87
840,00	224,68	98,93	2248,69	674,61
840,00	225,73	99,22	2259,12	677,74
840,00	226,25	87,11	2264,33	679,30
840,00	226,77	78,76	2269,55	680,87
840,00	226,25	58,50	2264,33	679,30
840,00	226,25	58,50	2264,33	679,30
840,00	226,77	54,56	2269,55	680,87
700,00	188,54	61,99	1886,94	566,08
700,00	188,54	45,64	1886,94	566,08
840,00	226,25	29,89	2264,33	679,30
840,00	226,25	33,98	2264,33	679,30
840,00	225,73	42,00	2259,12	677,74
840,00	225,73	46,09	2259,12	677,74
840,00	225,21	74,23	2253,90	676,17
700,00	187,67	49,58	1878,25	563,48
840,00	224,68	121,08	2248,69	674,61
Energia Elétrica Diária produzida pelos Geradores [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l]	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Energia Diária de Fuel utilizada [kWh]	Energia Diária dos Gases de Exaustão [kWh]
19460,00	5220,92	1814,95	52251,90	15675,57

Carga [%]	Consumo de fuel [l/h] consoante a condição de funcionamento									
	25	27	28	29	30	31	32	33	34	35
110	77,8	78,2	78,3	78,5	78,7	78,9	79,1	79,3	79,4	79,6
100	68,6	68,9	69,1	69,2	69,4	69,6	69,7	69,9	70,0	70,2
75	52,6	52,8	53,0	53,1	53,2	53,3	53,5	53,6	53,7	53,8
50	37,1	37,3	37,4	37,4	37,5	37,6	37,7	37,8	37,9	38,0

Temperatura [°C]		25	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Capacidade [kW]		280									
Carga [%]	100	280									
	90	252									
	80	224									
	75	210									
	70	196									
	60	168									
	50	140									
	25	70									

Cargas que estão no catálogo dos geradores a diesel e que vou utilizar

FUEL- Class A2 Diesel	
Densidade [kg/l] [53]	Poder Calorifico
0,846	11,83

Preço do combustivel diesel por litro em Singapura [€/l]
1,023

Sistema de Armazenamento Parcial

P400-3							
Custo [€]		37 950,00 €					
Carga	Janeiro						
	Energia Elétrica Diária Produzida [kWh]	Nº Máximo de Geradores utilizados	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Consumo Diário de fuel [l]	Custo Diário de fuel - Diesel [€]	Custo dos equipamentos utilizados [€]	
	100%	21000,00	4	3292,70	5201,22	5320,84	151 800,00 €
	75%	20790,00	5	3082,70	5263,93	5385,00	189 750,00 €
	50%	19320,00	7	1612,70	5176,44	5295,49	265 650,00 €

Carga	Maio						
	Energia Elétrica Diária Produzida [kWh]	Nº Máximo de Geradores utilizados	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Consumo Diário de fuel [l]	Custo Diário de fuel - Diesel [€]	Custo dos equipamentos utilizados [€]	
	100%	20160,00	3	2514,95	5000,40	5115,40	113 850,00 €
	75%	20160,00	4	2514,95	5112,16	5229,74	151 800,00 €
	50%	19460,00	6	1814,95	5220,92	5341,00	227 700,00 €

**Anexo 12 – Comparação dos três tipos de geradores para
as várias cargas (custos de equipamentos e de consumos de
combustível)**

Comparação dos vários Geradores a vários tipos de Carga

Sistema de Armazenamento Total

P400-3							
Custo de 1 Gerador a Diesel [€]			37 950,00 €				
Carga dos Geradores a Diesel	Janeiro						
	Energia Elétrica Diária Produzida [kWh]	Nº Máx. de Geradores utilizados	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l] (SEM sistema de armazenamento)	Custo Diário de fuel - Diesel [€]	Custo dos equipametos [€]	
	100%	19880,00	3	2367,90	4922,80	5036,03	113 850,00 €
	75%	19950,00	4	2437,90	5050,45	5166,61	151 800,00 €
	50%	19460,00	6	1947,90	5212,67	5332,56	227 700,00 €

P250-5							
Custo de 1 Gerador a Diesel [€]			23 510,00 €				
Carga dos Geradores a Diesel	Janeiro						
	Energia Elétrica Diária Produzida [kWh]	Número Máximo de Geradores utilizados	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l] (SEM sistema de armazenamento)	Custo Diário de fuel - Diesel [€]	Custo dos equipametos [€]	
	100%	19504,00	5	1991,90	5027,07	5142,70	117 550,00 €
	75%	19182,00	6	1669,90	5100,26	5217,57	141 060,00 €
	50%	18492,00	9	979,90	4978,48	5092,98	211 590,00 €

P110-3							
Custo de 1 Gerador a Diesel [€]			12 730,00 €				
Carga dos Geradores a Diesel	Janeiro						
	Energia Elétrica Diária Produzida [kWh]	Número Máximo de Geradores utilizados	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l] (SEM sistema de armazenamento)	Custo Diário de fuel - Diesel [€]	Custo dos equipamentos [€]	
	100%	18320,00	11	807,90	5023,66	5139,21	140 030,00 €
	75%	18360,00	14	847,90	5104,67	5222,08	178 220,00 €
	50%	17960,00	21	447,90	5265,54	5386,65	267 330,00 €

Comparação dos vários Geradores a vários tipos de Carga

Sistema de Armazenamento Total

P400-3							
Custo de 1 Gerador a Diesel [€]			37 950,00 €				
Carga dos Geradores a Diesel	Maio						
	Energia Elétrica Diária Produzida [kWh]	Nº Máx. de Geradores utilizados	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l] (SEM sistema de armazenamento)	Custo Diário de fuel - Diesel [€]	Custo dos equipametos [€]	
	100%	19880,00	3	2107,78	4931,15	5044,57	113 850,00 €
	75%	19950,00	4	2177,78	5059,07	5175,43	151 800,00 €
	50%	19600,00	6	1827,78	5258,97	5379,93	227 700,00 €

P250-5							
Custo de 1 Gerador a Diesel [€]			23 510,00 €				
Carga dos Geradores a Diesel	Maio						
	Energia Elétrica Diária Produzida [kWh]	Número Máximo de Geradores utilizados	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l] (SEM sistema de armazenamento)	Custo Diário de fuel - Diesel [€]	Custo dos equipametos [€]	
	100%	20240,00	5	2467,78	5225,00	5345,17	117 550,00 €
	75%	19320,00	6	1547,78	5145,57	5263,92	141 060,00 €
	50%	18860,00	9	1087,78	5085,89	5202,86	211 590,00 €

P110-3							
Custo de 1 Gerador a Diesel [€]			12 730,00 €				
Carga dos Geradores a Diesel	Maio						
	Energia Elétrica Diária Produzida [kWh]	Número Máximo de Geradores utilizados	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l] (SEM sistema de armazenamento)	Custo Diário de fuel - Diesel [€]	Custo dos equipamentos [€]	
	100%	18560,00	11	787,78	5097,71	5214,95	140 030,00 €
	75%	18720,00	14	947,78	5212,94	5332,84	178 220,00 €
	50%	18160,00	21	387,78	5332,64	5455,29	267 330,00 €

Comparação dos vários Geradores a vários tipos de Carga

Sistema de Armazenamento Parcial

P400-3							
Custo de 1 Gerador a Diesel [€]			37 950,00 €				
Carga dos Geradores a Diesel	Janeiro						
	Energia Elétrica Diária Produzida [kWh]	Nº Máx. de Geradores utilizados	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l] (SEM sistema de armazenamento)	Custo Diário de fuel - Diesel [€]	Custo dos equipametos [€]	
	100%	21000,00	4	3292,70	5201,22	5320,84	151 800,00 €
	75%	20790,00	5	3082,70	5263,93	5385,00	189 750,00 €
	50%	19320,00	7	1612,70	5176,44	5295,49	265 650,00 €

P250-5							
Custo de 1 Gerador a Diesel [€]			23 510,00 €				
Carga dos Geradores a Diesel	Janeiro						
	Energia Elétrica Diária Produzida [kWh]	Número Máximo de Geradores utilizados	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l] (SEM sistema de armazenamento)	Custo Diário de fuel - Diesel [€]	Custo dos equipametos [€]	
	100%	19136,00	6	1428,70	4929,87	5043,26	141 060,00 €
	75%	19320,00	7	1612,70	5137,75	5255,92	164 570,00 €
	50%	18860,00	11	1152,70	5076,36	5193,12	258 610,00 €

P110-3							
Custo de 1 Gerador a Diesel [€]			12 730,00 €				
Carga dos Geradores a Diesel	Janeiro						
	Energia Elétrica Diária Produzida [kWh]	Número Máximo de Geradores utilizados	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l] (SEM sistema de armazenamento)	Custo Diário de fuel - Diesel [€]	Custo dos equipamentos [€]	
	100%	18960,00	12	1252,70	5198,74	5318,31	152 760,00 €
	75%	18540,00	16	832,70	5154,25	5272,79	203 680,00 €
	50%	18200,00	24	492,70	5335,52	5458,24	305 520,00 €

Comparação dos vários Geradores a vários tipos de Carga

Sistema de Armazenamento Parcial

P400-3							
Custo de 1 Gerador a Diesel [€]			37 950,00 €				
Carga dos Geradores a Diesel	Maio						
	Energia Elétrica Diária Produzida [kWh]	Nº Máx. de Geradores utilizados	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l] (SEM sistema de armazenamento)	Custo Diário de fuel - Diesel [€]	Custo dos equipametos [€]	
	100%	20160,00	3	2514,95	5000,40	5115,40	113 850,00 €
	75%	20160,00	4	2514,95	5112,16	5229,74	151 800,00 €
	50%	19460,00	6	1814,95	5220,92	5341,00	227 700,00 €

P250-5							
Custo de 1 Gerador a Diesel [€]			23 510,00 €				
Carga dos Geradores a Diesel	Maio						
	Energia Elétrica Diária Produzida [kWh]	Número Máximo de Geradores utilizados	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l] (SEM sistema de armazenamento)	Custo Diário de fuel - Diesel [€]	Custo dos equipametos [€]	
	100%	19872,00	5	2226,95	5129,55	5247,53	117 550,00 €
	75%	19182,00	6	1536,95	5111,23	5228,79	141 060,00 €
	50%	18676,00	9	1030,95	5035,85	5151,68	211 590,00 €

P110-3							
Custo de 1 Gerador a Diesel [€]			12 730,00 €				
Carga dos Geradores a Diesel	Maio						
	Energia Elétrica Diária Produzida [kWh]	Número Máximo de Geradores utilizados	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l] (SEM sistema de armazenamento)	Custo Diário de fuel - Diesel [€]	Custo dos equipamentos [€]	
	100%	18560,00	11	914,95	5097,35	5214,59	140 030,00 €
	75%	18420,00	14	774,95	5128,93	5246,90	178 220,00 €
	50%	18120,00	21	474,95	5320,55	5442,93	267 330,00 €

**Anexo 13– Seleção dos Geradores a Diesel com as
respetivas características**

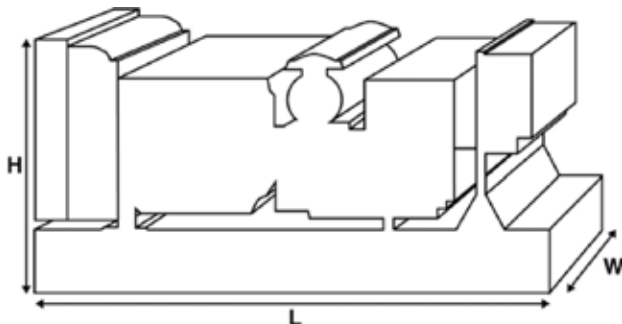


P400-3

Output Ratings

Voltage, Frequency		Prime	Standby
400/230 V, 50 Hz	kVA	350	400
	kW	280	320
	kVA		
	kW		

Ratings at 0.8 power factor.
Please refer to the output ratings technical data section for specific generator set outputs per voltage.



Dimensions and Weights

Length	mm	3800 (149.6)
Width	mm	1131 (44.5)
Height	mm	2156 (84.9)
Weight (Dry)	kg	3103 (6841)
Weight (Wet)	kg	3161 (6969)

Ratings in accordance with ISO 8528, ISO 3046, IEC 60034, BS5000 and NEMA MG-1.22.
Generator set pictured may include optional accessories.

Prime Rating

These ratings are applicable for supplying continuous electrical power (at variable load) in lieu of commercially purchased power. There is no limitation to the annual hours of operation and this model can supply 10% overload power for 1 hour in 12 hours.

Standby Rating

These ratings are applicable for supplying continuous electrical power (at variable load) in the event of a utility power failure. No overload is permitted on these ratings. The alternator on this model is peak continuous rated (as defined in ISO 8528-3).

Standard Reference Conditions

Note: Standard reference conditions 25°C (77°F) Air Inlet Temp, 100m (328 ft) A.S.L. 30% relative humidity.
Fuel consumption data at full load with diesel fuel with specific gravity of 0.85 and conforming to BS2869: 1998, Class A2.

FG Wilson offer a range of optional features to allow you to tailor our generator sets to meet your power needs.
Options available include:

- Upgrade to CE Certification
- A wide range of Sound Attenuated Enclosures
- A variety of generator set control and synchronising panels
- Additional alarms and shutdowns
- A selection of exhaust silencer noise levels

For further information on all of the standard and optional features accompanying this product please contact your local Dealer or visit:

www.fgwilson.com

P400-3



Ratings and Performance Data

Engine Make		Perkins	
Engine Model:		2206A-E13TAG2	
Alternator Make		FG Wilson	
Alternator Model:		FG29A280	
Control Panel:		PowerWizard 1.1+	
Base Frame:		Heavy Duty Fabricated Steel	
Circuit Breaker Type:		3 Pole MCCB	
Frequency:		50 HZ	60 HZ
Engine Speed: RPM	rpm	1500	
Fuel Tank Capacity:	litres (US gal)	888 (234.58)	
Fuel Consumption Prime	litres (US gal)/hr	68.6 (18.1)	
Fuel Consumption Standby	litres (US gal)/hr	77.8 (20.6)	

Engine Technical Data

No. of Cylinders		6
Alignment		IN LINE
Cycle		4 STROKE
Bore	mm (in)	130 (5.1)
Stroke	mm (in)	157 (6.2)
Induction		TURBOCHARGED AIR TO AIR CHARGE COOLED
Cooling Method		WATER
Governing Type		ELECTRONIC
Governing Class		ISO 8528 G2
Compression Ratio		16.3:1
Displacement	L (cu. in)	12.5 (762.8)
Moment of Inertia:	kg m² (lb/in²)	2.77 (9465)
Voltage		24
Ground		Negative
Battery Charger Amps		70
Engine Weight Dry	kg (lb)	1301 (2868)
Engine Weight Wet	kg (lb)	1351 (2978)

Engine Performance Data

		50 Hz	60 Hz
Engine Speed	rpm	1500	
Gross Engine Power Prime	kW (hp)	324.2 (435)	
Gross Engine Power Standby	kW (hp)	367.4 (493)	
BMEP Prime	kPa (psi)	2075 (300.9)	
BMEP Standby	kPa (psi)	2350 (340.9)	

P400-3



Fuel System

Fuel Filter Type:		Replaceable Element			
Recommended Fuel:		Class A2 Diesel			
Fuel Consumption at		110 % Load	100 % Load	75 % Load	50 % Load
50 Hz Prime:	l/hr (US gal/hr)	77.8 (20.6)	68.6 (18.1)	52.6 (13.9)	37.1 (9.8)
50 Hz Standby	l/hr (US gal/hr)	-	77.8 (20.6)	59.3 (15.7)	41.6 (11)
60 Hz Prime	l/hr (US gal/hr)				
60 Hz Standby	l/hr (US gal/hr)	-			

(Based on diesel fuel with a specific gravity of 0.85 and conforming to BS2869 classA2,EN590)

Air System

		50 Hz	60 Hz
Air Filter Type:		Non Canister	
Combustion Air Flow Prime	m ³ /min (cfm)	21.3 (752)	
Combustion Air Flow Standby	m ³ /min (cfm)	23.6 (833)	
Max. Combustion Air Intake Restriction	kPa	6.4 (25.7)	

Cooling System

		50 Hz	60 Hz
Cooling System Capacity	l (US gal)	45.2 (11.9)	
Water Pump Type:		Centrifugal	
Heat Rejected to Water & Lube Oil: Prime	kW (Btu/min)	113.5 (6455)	
Heat Rejected to Water & Lube Oil: Standby	kW (Btu/min)	128.5 (7308)	
Heat Radiation to Room*: Prime	kW (Btu/min)	45.5 (2588)	
Heat Radiation to Room*: Standby	kW (Btu/min)	56.7 (3224)	
Radiator Fan Load:	kW (hp)	14 (18.8)	
Radiator Cooling Airflow:	m ³ /min (cfm)	398.4 (14069)	
External Restriction to Cooling Airflow:	Pa (in H ₂ O)	125 (0.5)	

*: Heat radiated from engine and alternator

Designed to operate in ambient conditions up to 50°C (122°F).

Contact your local FG Wilson Dealer for power ratings at specific site conditions.

Lubrication System

Oil Filter Type:		Eco, Full flow
Total Oil Capacity:	l (US gal)	40 (10.6)
Oil Pan Capacity:	l (US gal)	38 (10)
Oil Type:		API CH4 SAE15W-40
Oil Cooling Method:		WATER

Exhaust System

		50 Hz	60 Hz
Maximum Allowable Back Pressure:	kPa (in Hg)	10 (3)	
Exhaust Gas Flow: Prime	m ³ /min (cfm)	56.6 (1999)	
Exhaust Gas Flow: Standby	m ³ /min (cfm)	64.8 (2288)	
Exhaust Gas Temperature: Prime	°C (°F)	573 (1063)	
Exhaust Gas Temperature: Standby	°C (°F)	630 (1166)	

P400-3



Alternator Physical Data

No. of Bearings:	1
Insulation Class:	H
Winding Pitch:	2/3
Winding Code	R1
Wires:	12
Ingress Protection Rating:	IP21
Excitation System:	SHUNT
AVR Model:	A106 MKII

* dependant on voltage code selected

Alternator Operating Data

Overspeed: rpm	2250
Voltage Regulation: (Steady state) %	+/- 1.0
Wave Form NEMA = TIF:	50
Wave Form IEC = THF: %	2
Total Harmonic content LL/LN: %	3
Radio Interference:	EN61000-6
Radiant Heat: 50 Hz kW (Btu/min)	24.5 (1393)
Radiant Heat: 60 Hz kW (Btu/min)	

Alternator Performance Data 50 Hz:

		415/240 V	400/230 V	380/220 V	
Voltage Code			230 V		
Motor Starting Capability*	kVA	856	791	724	
Short Circuit Capacity**	%	300	300	300	300
Reactances	Xd	2.901	3.122	3.46	
	X'd	0.11	0.119	0.132	
	X''d	0.108	0.108	0.12	

Alternator Performance Data 60 Hz

Voltage Code

Motor Starting Capability*	kVA	946	593			787
Short Circuit Capacity**	%	300	300	300	300	300
Reactances	Xd					
	X'd					
	X''d					

Reactances shown are applicable to prime ratings.

*Based on 30% voltage dip at 0.4 power factor.

** With optional independant excitation system (PMG / AUX winding)

P400-3



Output Ratings 50 Hz

Prime			Standby	
Voltage Code	kVA	kW	kVA	kW
415/240V	350	280	400	320
400/230V	350	280	400	320
380/220V	332.5	266	382.4	305.92
230/115V	350	280	400	320
220/127V				
220/110V				
200/115V				
240V				
230V				
220V				

Output Ratings 60 Hz

Prime			Standby	
Voltage Code	kVA	kW	kVA	kW
480/277V				
440/254V				
416/240V				
400/230V				
380/220V				
240/139V				
240/120V				
230/115V				
220/127V				
220/110V				
208/120V				
240/120				
220/110				



P400-3

Dealer Contact Details

Documentation

Operation and maintenance manual including circuit wiring diagrams.

Generator Set Standards

The equipment meets the following standards: BS5000, ISO 8528, ISO 3046, IEC 60034, NEMA MG-1.22.

Warranty

6.8 – 750 kVA electric power generation products in prime applications the warranty period is 12 months from date of start-up, unlimited hours (8760). For standby applications the warranty period is 24 months from date of start-up, limited to 500 hours per year.

730 – 2500 kVA electric power generation products in prime applications the warranty period is 12 months from date of start-up, unlimited hours (8760 hours) or 24 months from date of start-up, limited to 6000 hours. For standby applications the warranty period is 36 months from date of start-up, limited to 500 hours per year.

FG Wilson manufactures product in the following locations:

Northern Ireland • Brazil • China • India

With headquarters in Northern Ireland, FG Wilson operates through a Global Dealer Network.

To contact your local Sales Office please visit the FG Wilson website at www.fgwilson.com.

FG Wilson is a trading name of Caterpillar (NI) Limited.

In line with our policy of continuous product development, we reserve the right to change specification without notice.

2019-08-23

2200 Series 2206A-E13TAG2 Diesel Engine – ElectropaK

349 kWm @ 1500 rpm

The 2200 Series engine has been developed using the latest engineering techniques and builds on the strengths of the already very successful 2000 Series family and addresses today's uncompromising demands within the power generation industry. Developed from a proven heavy-duty industrial base, these products offer superior performance and reliability.

The 2206A-E13TAG range are 6 cylinder, turbocharged air-to-air charge cooled diesel engines. It's premium features provide exceptional power to weight ratio resulting in exceptional fuel consumption.

The overall performance and reliability characteristics make this the prime choice for today's power generation industry.



Specification		
Number of cylinders	6 vertical in-line	
Bore and stroke	130 x 157 mm	5.1 x 6.1 in
Displacement	12.5 litres	763 in ³
Aspiration	Turbocharged and air-to-air charge cooled	
Cycle	4 stroke	
Combustion system	Direct injection	
Compression ratio	16.3:1	
Rotation	Anti-clockwise, viewed on flywheel	
Total lubricating capacity	40 litres	10.5 US gal
Cooling system	Water-cooled	
Total coolant capacity	51.4 litres	13.6 US gal

www.perkins.com

Photographs are for illustrative purposes only and may not reflect final specification.
All information in this document is substantially correct at time of printing and may be altered subsequently.
Final weight and dimensions will depend on completed specification.

Publication No. PN1880A/12/14 Produced in England ©2014 Perkins Engines Company Limited

 **Perkins®**

THE HEART OF EVERY GREAT MACHINE

2200 Series 2206A-E13TAG2 Diesel Engine – ElectropaK

349 kWm @ 1500 rpm

Features and benefits

Economic power

- Mechanically operated unit fuel injectors with electronic control combined with carefully matched turbocharging, give excellent fuel atomisation and combustion with optimum economy
- Low emissions result from electronic control of fuel injected

Reliable power

- Developed and tested using the latest engineering techniques and finite element analysis for high reliability, low oil usage and low wear rates
- High compression ratios ensure clean rapid starting in all conditions
- Perkins global product support is designed to enhance the customer experience of owning a Perkins powered machine. We deliver this through the quality of our distribution network, extensive global coverage and a range of Perkins supported OEM partnership options. So whether you are an end-user or an equipment manufacturer our engine expertise is essential to your success

Compact, clean and efficient power

- Exceptional power to weight ratio and compact size give optimum power density for ease of installation and more cost effective transportation
- Designed to provide excellent service access for ease of maintenance

Product support

- Perkins actively pursues product support excellence by ensuring our distribution network invest in their territory – strengthening relationships and providing more value to you, our customer
- Through an experienced global network of distributors and dealers, fully trained engine experts deliver total service support around the clock, 365 days a year. They have a comprehensive suite of web based tools at their fingertips covering technical information, parts identification and ordering systems, all dedicated to maximising the productivity of your engine
- Throughout the entire life of a Perkins engine, we provide access to genuine OE specification parts and service. We give 100% reassurance that you receive the very best in terms of quality for lowest possible cost .. wherever your Perkins powered machine is operating in the world

This engine does not comply to Harmonized International Regulated Emissions Limits

www.perkins.com

Photographs are for illustrative purposes only and may not reflect final specification.
All information in this document is substantially correct at time of printing and may be altered subsequently.
Final weight and dimensions will depend on completed specification.

Publication No. PN1880A/12/14 Produced in England ©2014 Perkins Engines Company Limited



THE HEART OF EVERY GREAT MACHINE

2200 Series 2206A-E13TAG2 Diesel Engine – ElectropaK

349 kWm @ 1500 rpm

Technical information

Air inlet

- Mounted air filter

Fuel system

- Mechanically actuated electronically controlled unit fuel injectors with full authority electronic control
- Governing to ISO 8528-5 class G2 with isochronous capability
- Replaceable 'Ecoplus' fuel filter elements with primary filter/water separator
- Fuel cooler

Lubrication system

- Wet sump with filler and dipstick
- Full-flow replaceable 'Ecoplus' filter
- Oil cooler integral with filter header

Cooling system

- Gear-driven circulating pump
- Mounted belt-driven pusher fan
- Radiator incorporating air-to-air charge cooler, (supplied loose)
- System designed for ambients up to 50°C

Electrical equipment

- 24 volt starter motor and 24 volt 70 amp alternator with DC output
- ECM mounted on engine with wiring looms and sensors
- 3 level engine protection system

Flywheel and housing

- High inertia flywheel to SAE J620 size 14
- SAE 1 flywheel housing

Mountings

- Front engine mounting bracket

Literature

- User's Handbook and Parts Manual

Optional equipment

- 110 volt/240 volt immersion heater
- Additional speed sensor
- Temperature and pressure sensors for gauges
- Air filter rain hood
- Twin starters/facility for second starter
- Tool kit

www.perkins.com

Photographs are for illustrative purposes only and may not reflect final specification.
All information in this document is substantially correct at time of printing and may be altered subsequently.
Final weight and dimensions will depend on completed specification.

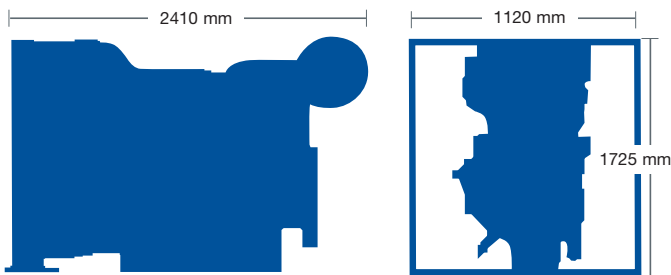
Publication No. PN1880A/12/14 Produced in England ©2014 Perkins Engines Company Limited

 **Perkins®**

THE HEART OF EVERY GREAT MACHINE

2200 Series 2206A-E13TAG2 Diesel Engine – ElectropaK

349 kWm @ 1500 rpm



Engine package weights and dimensions		
Length	2410 mm	95 in
Width	1120 mm	44 in
Height	1725 mm	68 in
Weight (dry)	1478 kg	3258 lb

2200 Series 2206A-E13TAG2 Diesel Engine – ElectropaK

349 kWm @ 1500 rpm

Speed rpm	Type of operation	Typical generator output (Net)		Engine power			
				Gross		Net	
		kVA	kWe	kWm	hp	kWm	hp
1500	Prime power	350	280	324	434	305	409
	Standby power	400	320	368	493	349	469

The above ratings represent the engine performance capabilities to conditions specified in ISO 8528/1, ISO 3046/1:1986, BS 5514/1, DIN 6271. Derating may be required for conditions outside these; consult Perkins Engines Company Limited.

Generator powers are typical and are based on an average alternator efficiency and a power factor (cos. θ) of 0.8. Fuel specification: BS 2869: Part 2 1998 Class A2 or BSEN590 or ASTM D975 Class 1D and 2D. Lubricating oil: 15W40 to API CI4.

Rating definitions

Prime power: Variable load. Unlimited hours usage with an average load factor of 70% of the published prime power rating over each 24 hour period. A 10% overload is available for 1 hour in every 12 hours of operation. **Standby power:** Variable load. Limited to 500 hours annual usage up to 300 hours of which may be continuous running. No overload is permitted.

Percent of prime power	Fuel consumption at 1500 rpm g/kWh	Fuel consumption at 1500 rpm l/hr
Standby power	195	80
110%	195	77
100%	196	71
75%	198	54
50%	203	37

Anexo 14 – Folhas de cálculo utilizadas para o cálculo do consumo de combustível e energia elétrica desperdiçada do gerador P400-3 (C/Sistema de Armazenamento de Baterias)

1 de Janeiro
Sistema de Armazenamento Total
Energia Elétrica

Horas	TBS na ilha [°C]	HR na ilha [%]	Potência Elétrica [kW] (S/CHILLERS E BCs)	Potência Elétrica (C/CHILLERS) [kW]	Potência Elétrica total (C/CHILLERS E BCs) [kW]
1	27	84	478,26	662,46	710,86
2	27	84	473,91	658,11	706,51
3	27	84	473,91	658,11	706,51
4	27	84	473,91	658,11	658,11
5	27	84	473,91	658,11	706,51
6	27	84	473,91	658,11	706,51
7	27	84	478,26	662,46	710,86
8	27	84	486,96	671,16	671,16
9	28	79	495,65	683,15	731,55
10	29	70	486,96	677,76	726,16
11	31	62	495,65	693,05	741,45
12	32	59	526,09	726,79	726,79
13	33	56	526,09	730,09	778,49
14	34	49	526,09	733,39	781,79
15	34	49	526,09	733,39	781,79
16	34	53	526,09	733,39	781,79
17	34	49	543,48	750,78	799,18
18	31	59	556,52	753,92	802,32
19	30	62	552,17	746,27	770,47
20	29	70	547,83	738,63	787,03
21	29	70	543,48	734,28	782,68
22	29	74	543,48	734,28	782,68
23	29	74	543,48	638,88	663,08
24	27	84	497,83	497,83	497,83
			Consumo Diário de Energia Elétrica (S/Chillers e BCs) [kWh]	Consumo Diário de Energia Elétrica (C/Chillers) [kWh]	Consumo Diário de Energia Elétrica (C/Chillers e BCs) [kWh]
			12250,00	16592,50	17512,10
Pot. Elétrica Máxima [kW]	802,32				
Pot. Elétrica Mínima [kW]	497,83				
Diferença	304,50				

1 de Janeiro

Sistema de Armazenamento Total

Energia Elétrica

SEM SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

Capacidade dos gerad. a diesel (100%) [kW]	Consumo de fuel (100%) [l/h]	Potência Elétrica desperdiçada (100%) [kW]	Potência do fuel utilizado [kW]	Potência dos gases de exaustão [kW]
840,00	206,76	129,14	2069,33	620,80
840,00	206,76	133,49	2069,33	620,80
840,00	206,76	133,49	2069,33	620,80
840,00	206,76	181,89	2069,33	620,80
840,00	206,76	133,49	2069,33	620,80
840,00	206,76	133,49	2069,33	620,80
840,00	206,76	129,14	2069,33	620,80
840,00	206,76	168,84	2069,33	620,80
840,00	207,25	108,45	2074,15	622,25
840,00	207,73	113,84	2078,97	623,69
840,00	208,69	98,55	2088,62	626,59
840,00	209,17	113,21	2093,44	628,03
840,00	209,65	61,51	2098,26	629,48
840,00	210,14	58,21	2103,09	630,93
840,00	210,14	58,21	2103,09	630,93
840,00	210,14	58,21	2103,09	630,93
840,00	210,14	40,82	2103,09	630,93
840,00	208,69	37,68	2088,62	626,59
840,00	208,21	69,53	2083,80	625,14
840,00	207,73	52,97	2078,97	623,69
840,00	207,73	57,32	2078,97	623,69
840,00	207,73	57,32	2078,97	623,69
840,00	207,73	176,92	2078,97	623,69
560,00	137,84	62,17	1379,55	413,87
Energia Elétrica Diária produzida pelos Geradores [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l]	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Energia Diária de Fuel utilizada [kWh]	Energia Diária dos Gases de Exaustão [kWh]
19880,00	4922,80	2367,90	49268,28	14780,48

	100%
1 Gerador Diesel em operação	280
2 Geradores a Diesel em operação	560
3 Geradores a Diesel em operação	840
4 Geradores a Diesel em operação	1120
5 Geradores a Diesel em operação	1400

1 de Janeiro

Sistema de Armazenamento Total

Energia Elétrica

COM SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

Capacidade dos gerad. a diesel (100%) [kW]	Consumo de fuel (100%) [l/h]	Potência Elétrica desperdiçada (100%) [kW]	Potência armazenada [kW] (88 % de Eficiência)	Potência do fuel utilizado [kW]	Potência dos gases de exaustão [kW]
840,00	206,76	129,14	129,14	2069,33	620,80
840,00	206,76	133,49	247,13	2069,33	620,80
560,00	137,84	-146,51	70,96	1379,55	413,87
840,00	206,76	181,89	244,33	2069,33	620,80
560,00	137,84	-146,51	68,50	1379,55	413,87
840,00	206,76	133,49	193,77	2069,33	620,80
560,00	137,84	-150,86	19,65	1379,55	413,87
840,00	206,76	168,84	186,14	2069,33	620,80
840,00	207,25	108,45	272,25	2074,15	622,25
560,00	138,48	-166,16	73,42	1385,98	415,79
840,00	208,69	98,55	163,16	2088,62	626,59
840,00	209,17	113,21	256,79	2093,44	628,03
560,00	139,77	-218,49	7,49	1398,84	419,65
840,00	210,14	58,21	64,81	2103,09	630,93
840,00	210,14	58,21	115,24	2103,09	630,93
840,00	210,14	58,21	159,63	2103,09	630,93
840,00	210,14	40,82	181,29	2103,09	630,93
840,00	208,69	37,68	197,22	2088,62	626,59
840,00	208,21	69,53	243,08	2083,80	625,14
840,00	207,73	52,97	266,88	2078,97	623,69
560,00	138,48	-222,68	12,18	1385,98	415,79
840,00	207,73	57,32	68,04	2078,97	623,69
840,00	207,73	176,92	236,79	2078,97	623,69
560,00	137,84	62,17	270,55	1379,55	413,87
Energia Elétrica Diária produzida pelos Geradores [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l]	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]		Energia Diária de Fuel utilizada [kWh]	Energia Diária dos Gases de Exaustão [kWh]
18200,00	4507,67	687,90		45113,55	13534,06

1 de Maio

Sistema de Armazenamento Total

Energia Elétrica

Horas	TBS na ilha [°C]	HR na ilha [%]	Potência Elétrica [kW] (S/CHILLERS E BCs)	Potência Elétrica (C/CHILLERS) [kW]	Potência Elétrica total (C/CHILLERS E BCs) [kW]
1	29	84	449,57	676,33	724,73
2	29	84	445,48	672,24	720,64
3	28	89	445,48	668,30	716,70
4	28	89	445,48	668,30	668,30
5	28	89	445,48	668,30	716,70
6	28	89	445,48	668,30	716,70
7	28	84	449,57	672,39	720,79
8	28	84	457,74	680,56	680,56
9	29	84	465,91	692,67	741,07
10	31	75	457,74	692,38	740,78
11	32	71	465,91	704,49	752,89
12	33	67	494,52	737,04	737,04
13	32	71	494,52	733,10	781,50
14	32	67	494,52	733,10	781,50
15	33	67	494,52	737,04	785,44
16	32	71	494,52	733,10	781,50
17	32	71	510,87	749,45	797,85
18	32	71	523,13	761,71	810,11
19	32	67	519,04	757,62	757,62
20	31	70	514,96	749,60	798,00
21	31	66	510,87	745,51	793,91
22	30	79	510,87	741,57	789,97
23	30	79	510,87	741,57	789,97
24	29	79	467,96	467,96	467,96
			Consumo Diário de Energia Elétrica (S/Chillers e BCs) [kWh]	Consumo Diário de Energia Elétrica (C/Chillers) [kWh]	Consumo Diário de Energia Elétrica (C/Chillers e BCs) [kWh]
			11515,00	16852,62	17772,22

Pot.Elétrica Máxima [kW]	810,11
Pot. Elétrica Mínima [kW]	467,96
Diferença [kW]	342,15

1 de Maio

Sistema de Armazenamento Total

Energia Elétrica

SEM SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

Capacidade dos gerad. a diesel (100%) [kW]	Consumo de fuel (100%) [l/h]	Potência Elétrica desperdiçada (100%) [kW]	Potência do fuel utilizado [kW]	Potência dos gases de exaustão [kW]
840,00	207,73	115,27	2078,97	623,69
840,00	207,73	119,36	2078,97	623,69
840,00	207,25	123,30	2074,15	622,25
840,00	207,25	171,70	2074,15	622,25
840,00	207,25	123,30	2074,15	622,25
840,00	207,25	123,30	2074,15	622,25
840,00	207,25	119,21	2074,15	622,25
840,00	207,25	159,44	2074,15	622,25
840,00	207,73	98,93	2078,97	623,69
840,00	208,69	99,22	2088,62	626,59
840,00	209,17	87,11	2093,44	628,03
840,00	209,65	102,96	2098,26	629,48
840,00	209,17	58,50	2093,44	628,03
840,00	209,17	58,50	2093,44	628,03
840,00	209,65	54,56	2098,26	629,48
840,00	209,17	58,50	2093,44	628,03
840,00	209,17	42,15	2093,44	628,03
840,00	209,17	29,89	2093,44	628,03
840,00	209,17	82,38	2093,44	628,03
840,00	208,69	42,00	2088,62	626,59
840,00	208,69	46,09	2088,62	626,59
840,00	208,21	50,03	2083,80	625,14
840,00	208,21	50,03	2083,80	625,14
560,00	138,48	92,04	1385,98	415,79
Energia Elétrica Diária produzida pelos Geradores [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l]	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Energia Diária de Fuel utilizada [kWh]	Energia Diária dos Gases de Exaustão [kWh]
19880,00	4931,15	2107,78	49351,87	14805,56

	100%
1 Gerador Diesel em operação	280
2 Geradores a Diesel em operação	560
3 Geradores a Diesel em operação	840
4 Geradores a Diesel em operação	1120
5 Geradores a Diesel em operação	1400
6 Geradores a Diesel em operação	1680

1 de Maio

Sistema de Armazenamento Total

Energia Elétrica

COM SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

Capacidade dos gerad. a diesel (100%) [kW]	Consumo de fuel (100%) [l/h]	Potência Elétrica desperdiçada (100%) [kW]	Potência armazenada [kW] (88 % de Eficiência)	Potência do fuel utilizado [kW]	Potência dos gases de exaustão [kW]
840,00	207,73	115,27	115,27	2078,97	623,69
840,00	207,73	119,36	220,80	2078,97	623,69
560,00	138,16	-156,70	37,61	1382,77	414,83
840,00	207,25	171,70	204,80	2074,15	622,25
560,00	138,16	-156,70	23,52	1382,77	414,83
840,00	207,25	123,30	144,00	2074,15	622,25
840,00	207,25	119,21	245,94	2074,15	622,25
560,00	138,16	-120,56	95,87	1382,77	414,83
840,00	207,73	98,93	183,29	2078,97	623,69
840,00	208,69	99,22	260,51	2088,62	626,59
560,00	139,45	-192,89	36,36	1395,63	418,69
840,00	209,65	102,96	134,96	2098,26	629,48
840,00	209,17	58,50	177,26	2093,44	628,03
840,00	209,17	58,50	214,49	2093,44	628,03
840,00	209,65	54,56	243,31	2098,26	629,48
840,00	209,17	58,50	272,61	2093,44	628,03
560,00	139,45	-237,85	2,04	1395,63	418,69
840,00	209,17	29,89	31,69	2093,44	628,03
840,00	209,17	82,38	110,26	2093,44	628,03
840,00	208,69	42,00	139,03	2088,62	626,59
840,00	208,69	46,09	168,44	2088,62	626,59
840,00	208,21	50,03	198,26	2083,80	625,14
840,00	208,21	50,03	224,50	2083,80	625,14
280,00	69,24	-187,96	9,60	692,99	207,90
Energia Elétrica Diária produzida pelos Geradores [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l]	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]		Energia Diária de Fuel utilizada [kWh]	Energia Diária dos Gases de Exaustão [kWh]
18200,00	4515,22	427,78		45189,10	13556,73

		Consumo de fuel [l/h] consoante a condição de funcionamento [°C]									
		25	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Carga [%]	110	77,80	78,16	78,35	78,53	78,71	78,89	79,08	79,26	79,44	79,62
	100	68,60	68,92	69,08	69,24	69,40	69,56	69,72	69,88	70,05	70,21
	75	52,60	52,85	52,97	53,09	53,22	53,34	53,46	53,59	53,71	53,83
	50	37,10	37,27	37,36	37,45	37,53	37,62	37,71	37,79	37,88	37,97

Temperatura [°C]	25	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Capacidade [kW]	280									
Carga [%]	100	280								
	90	252								
	80	224								
	75	210								
	70	196								
	60	168								
	50	140								
	25	70								

Cargas que estão no catálogo dos geradores a diesel e que vou utilizar

FUEL- Class A2 Diesel	
Densidade [kg/l] [53]	Poder Calorifico [kWh/kg] [55]
0,846	11,83

Preço do combustivel diesel por litro em Singapura [€/l]
1,023

Sistema de Armazenamento Total

SAEE- Sistema de Armazenamento de Energia Elétrica

SEM SAEE	Janeiro					
	Carga	Energia Elétrica Diária produzida [kWh]	Nº Máx. de Geradores utilizados	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l]	Custo Diário de fuel - Diesel [€]
	100%	19880,00	3	2367,90	4922,80	5036,03

COM SAEE	Janeiro						
	Carga	Energia Elétrica Diária produzida [kWh]	Nº Máx. de Geradores utilizados	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l]	Custo Diário de fuel - Diesel [€]	Capacidade de armazen. do ESS [kWh]
	100%	18200,00	3	687,90	4507,67	4611,34	272,25

SEM SAEE	Maio					
	Carga	Energia Elétrica Diária produzida [kWh]	Nº Máx. de Geradores utilizados	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l]	Custo Diário de fuel - Diesel [€]
	100%	19880,00	3	2107,78	4931,15	5044,57

COM ESS	Maio						
	Carga	Energia Elétrica Diária produzida [kWh]	Nº Máx. de Geradores utilizados	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l]	Custo Diário de fuel - Diesel [€]	Capacidade de armazen. do ESS [kWh]
	100%	18200,00	3	427,78	4515,22	4619,07	272,61

Sistema de Armazenamento Total

Dimensionamento do sistema de armazenamento de Energia Elétrica

	Capacidade de Armazenamento em cada perfil de consumo [kWh]
1 de Janeiro	272,25
1 de Maio	272,61
Capacidade mínima do SAEE [kWh]	272,61

1 de Janeiro

Sistema de Armazenamento Parcial

Energia Elétrica

Horas	TBS na ilha [°C]	HR na ilha [%]	Potência Elétrica [kW] (S/CHILLERS E BCs)	Potência Elétrica (C/CHILLERS) [kW]	Potência Elétrica total (C/CHILLERS E BCs) [kW]
1	27	84	478,26	766,46	835,46
2	27	84	473,91	762,11	831,11
3	27	84	473,91	762,11	796,61
4	27	84	473,91	618,01	652,51
5	27	84	473,91	618,01	652,51
6	27	84	473,91	618,01	652,51
7	27	84	478,26	622,36	656,86
8	27	84	486,96	631,06	665,56
9	28	79	495,65	642,35	676,85
10	29	70	486,96	636,26	670,76
11	31	62	495,65	650,15	684,65
12	32	59	526,09	683,19	717,69
13	33	56	526,09	685,79	720,29
14	34	49	526,09	688,39	722,89
15	34	49	526,09	688,39	722,89
16	34	53	526,09	850,69	919,69
17	34	49	543,48	868,08	868,08
18	31	59	556,52	711,02	745,52
19	30	62	552,17	855,97	924,97
20	29	70	547,83	697,13	731,63
21	29	70	543,48	692,78	727,28
22	29	74	543,48	692,78	727,28
23	29	74	543,48	692,78	727,28
24	27	84	497,83	641,93	676,43

Pot. Elétrica Máxima [kW]	924,97
Pot. Elétrica Mínima [kW]	652,51
Diferença [kW]	272,46

Consumo Diário de Energia Elétrica (S/Chillers e BCs) [kWh]	Consumo Diário de Energia Elétrica (C/Chillers) [kWh]	Consumo Diário de Energia Elétrica (C/Chillers e BCs) [kWh]
12250,00	16775,80	17707,30

1 de Janeiro

Sistema de Armazenamento Parcial

Energia Elétrica

SEM SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

Capacidade dos gerad. a diesel (100%) [kW]	Consumo de fuel (100%) [l/h]	Potência Elétrica desperdiçada (100%) [kW]	Potência do fuel utilizado [kW]	Potência dos gases de exaustão [kW]
840,00	206,76	4,54	2069,33	620,80
840,00	206,76	8,89	2069,33	620,80
840,00	206,76	43,39	2069,33	620,80
840,00	206,76	187,49	2069,33	620,80
840,00	206,76	187,49	2069,33	620,80
840,00	206,76	187,49	2069,33	620,80
840,00	206,76	183,14	2069,33	620,80
840,00	206,76	174,44	2069,33	620,80
840,00	207,25	163,15	2074,15	622,25
840,00	207,73	169,24	2078,97	623,69
840,00	208,69	155,35	2088,62	626,59
840,00	209,17	122,31	2093,44	628,03
840,00	209,65	119,71	2098,26	629,48
840,00	210,14	117,11	2103,09	630,93
840,00	210,14	117,11	2103,09	630,93
1120,00	280,18	200,31	2804,11	841,23
1120,00	280,18	251,92	2804,11	841,23
840,00	208,69	94,48	2088,62	626,59
1120,00	277,61	195,03	2778,39	833,52
840,00	207,73	108,37	2078,97	623,69
840,00	207,73	112,72	2078,97	623,69
840,00	207,73	112,72	2078,97	623,69
840,00	207,73	112,72	2078,97	623,69
840,00	206,76	163,57	2069,33	620,80
Energia Elétrica Diária produzida pelos Geradores [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l]	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Energia Diária de Fuel utilizada [kWh]	Energia Diária dos Gases de Exaustão [kWh]
21000,00	5201,22	3292,70	52054,71	15616,41

	100%
1 Gerador Diesel em operação	280
2 Geradores a Diesel em operação	560
3 Geradores a Diesel em operação	840
4 Geradores a Diesel em operação	1120
5 Geradores a Diesel em operação	1400

1 de Janeiro

Sistema de Armazenamento Parcial

Energia Elétrica

COM SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

Capacidade dos gerad. a diesel (100%) [kW]	Consumo de fuel (100%) [l/h]	Potência Elétrica desperdiçada (100%) [kW]	Potência armazenada [kW] (88 % de Eficiência)	Potência do fuel utilizado [kW]	Potência dos gases de exaustão [kW]
840,00	206,76	4,54	4,54	2069,33	620,80
840,00	206,76	8,89	12,88	2069,33	620,80
840,00	206,76	43,39	54,72	2069,33	620,80
840,00	206,76	187,49	235,64	2069,33	620,80
560,00	137,84	-92,51	114,85	1379,55	413,87
560,00	137,84	-92,51	8,56	1379,55	413,87
840,00	206,76	183,14	190,67	2069,33	620,80
560,00	137,84	-105,56	62,23	1379,55	413,87
840,00	207,25	163,15	217,91	2074,15	622,25
560,00	138,48	-110,76	81,01	1385,98	415,79
840,00	208,69	155,35	226,63	2088,62	626,59
560,00	139,45	-157,69	41,75	1395,63	418,69
840,00	209,65	119,71	156,45	2098,26	629,48
840,00	210,14	117,11	254,79	2103,09	630,93
560,00	140,09	-162,89	61,33	1402,06	420,62
1120,00	280,18	200,31	254,28	2804,11	841,23
840,00	210,14	-28,08	195,69	2103,09	630,93
840,00	208,69	94,48	266,69	2088,62	626,59
840,00	208,21	-84,97	149,71	2083,80	625,14
840,00	207,73	108,37	240,12	2078,97	623,69
560,00	138,48	-167,28	44,03	1385,98	415,79
840,00	207,73	112,72	151,47	2078,97	623,69
840,00	207,73	112,72	246,01	2078,97	623,69
560,00	137,84	-116,43	100,06	1379,55	413,87
Energia Elétrica Diária produzida pelos Geradores [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l]	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]		Energia Diária de Fuel utilizada [kWh]	Energia Diária dos Gases de Exaustão [kWh]
18200,00	4507,83	492,70		45115,15	13534,55

1 de Maio
Sistema de Armazenamento Parcial
Energia Elétrica

Horas	TBS na ilha [°C]	HR na ilha [%]	Potência Elétrica [kW] (S/CHILLERS E BCs)	Potência Elétrica (C/CHILLERS) [kW]	Potência Elétrica total (C/CHILLERS E BCs) [kW]
1	29	84	449,57	676,33	724,73
2	29	84	445,48	672,24	720,64
3	28	89	445,48	668,30	716,70
4	28	89	445,48	668,30	668,30
5	28	89	445,48	668,30	716,70
6	28	89	445,48	668,30	716,70
7	28	84	449,57	672,39	720,79
8	28	84	457,74	680,56	680,56
9	29	84	465,91	692,67	741,07
10	31	75	457,74	692,38	740,78
11	32	71	465,91	704,49	752,89
12	33	67	494,52	737,04	761,24
13	32	71	494,52	733,10	781,50
14	32	67	494,52	733,10	781,50
15	33	67	494,52	737,04	785,44
16	32	71	494,52	613,81	638,01
17	32	71	510,87	630,16	654,36
18	32	71	523,13	761,71	810,11
19	32	67	519,04	757,62	806,02
20	31	70	514,96	749,60	798,00
21	31	66	510,87	745,51	793,91
22	30	79	510,87	741,57	765,77
23	30	79	510,87	626,22	650,42
24	29	79	467,96	694,72	718,92
			Consumo Diário de Energia Elétrica (S/Chillers e BCs) [kWh]	Consumo Diário de Energia Elétrica (C/Chillers) [kWh]	Consumo Diário de Energia Elétrica (C/Chillers e BCs) [kWh]
			11515,00	16725,45	17645,05

Pot. Elétrica Máxima [kW]	810,11
Pot. Elétrica Mínima [kW]	638,01
Diferença [kW]	172,10

1 de Maio
Sistema de Armazenamento Parcial
Energia Elétrica

SEM SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA				
Capacidade dos gerad. a diesel (100%) [kW]	Consumo de fuel (100%) [l/h]	Potência Elétrica desperdiçada (100%) [kW]	Potência do fuel utilizado [kW]	Potência dos gases de exaustão [kW]
840,00	207,73	115,27	2078,97	623,69
840,00	207,73	119,36	2078,97	623,69
840,00	207,25	123,30	2074,15	622,25
840,00	207,25	171,70	2074,15	622,25
840,00	207,25	123,30	2074,15	622,25
840,00	207,25	123,30	2074,15	622,25
840,00	207,25	119,21	2074,15	622,25
840,00	207,25	159,44	2074,15	622,25
840,00	207,73	98,93	2078,97	623,69
840,00	208,69	99,22	2088,62	626,59
840,00	209,17	87,11	2093,44	628,03
840,00	209,65	78,76	2098,26	629,48
840,00	209,17	58,50	2093,44	628,03
840,00	209,17	58,50	2093,44	628,03
840,00	209,65	54,56	2098,26	629,48
840,00	209,17	201,99	2093,44	628,03
840,00	209,17	185,64	2093,44	628,03
840,00	209,17	29,89	2093,44	628,03
840,00	209,17	33,98	2093,44	628,03
840,00	208,69	42,00	2088,62	626,59
840,00	208,69	46,09	2088,62	626,59
840,00	208,21	74,23	2083,80	625,14
840,00	208,21	189,58	2083,80	625,14
840,00	207,73	121,08	2078,97	623,69
Energia Elétrica Diária produzida pelos Geradores [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l]	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Energia Diária de Fuel utilizada [kWh]	Energia Diária dos Gases de Exaustão [kWh]
20160,00	5000,40	2514,95	50044,86	15013,46

	100%
1 Gerador Diesel em operação	280
2 Geradores a Diesel em operação	560
3 Geradores a Diesel em operação	840
4 Geradores a Diesel em operação	1120
5 Geradores a Diesel em operação	1400
6 Geradores a Diesel em operação	1680

1 de Maio
Sistema de Armazenamento Parcial
Energia Elétrica

COM SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA					
Capacidade dos gerad. a diesel (100%) [kW]	Consumo de fuel (100%) [l/h]	Potência Elétrica desperdiçada (100%) [kW]	Potência armazenada [kW] (88 % de Eficiência)	Potência do fuel utilizado [kW]	Potência dos gases de exaustão [kW]
840,00	207,73	115,27	115,27	2078,97	623,69
840,00	207,73	119,36	220,80	2078,97	623,69
560,00	138,16	-156,70	37,61	1382,77	414,83
840,00	207,25	171,70	204,80	2074,15	622,25
560,00	138,16	-156,70	23,52	1382,77	414,83
840,00	207,25	123,30	144,00	2074,15	622,25
840,00	207,25	119,21	245,94	2074,15	622,25
560,00	138,16	-120,56	95,87	1382,77	414,83
840,00	207,73	98,93	183,29	2078,97	623,69
840,00	208,69	99,22	260,51	2088,62	626,59
560,00	139,45	-192,89	36,36	1395,63	418,69
840,00	209,65	78,76	110,76	2098,26	629,48
840,00	209,17	58,50	155,96	2093,44	628,03
840,00	209,17	58,50	195,75	2093,44	628,03
840,00	209,65	54,56	226,81	2098,26	629,48
560,00	139,45	-78,01	121,58	1395,63	418,69
560,00	139,45	-94,36	12,64	1395,63	418,69
840,00	209,17	29,89	41,01	2093,44	628,03
840,00	209,17	33,98	70,06	2093,44	628,03
840,00	208,69	42,00	103,66	2088,62	626,59
840,00	208,69	46,09	137,31	2088,62	626,59
840,00	208,21	74,23	195,06	2083,80	625,14
560,00	138,81	-90,42	81,24	1389,20	416,76
840,00	207,73	121,08	192,57	2078,97	623,69
Energia Elétrica Diária produzida pelos Geradores [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l]	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]		Energia Diária de Fuel utilizada [kWh]	Energia Diária dos Gases de Exaustão [kWh]
18200,00	4514,57	554,95		45182,67	13554,80

		Consumo de fuel [l/h] consoante a condição de funcionamento [°C]									
		25	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Carga [%]	110	77,8	78,2	78,3	78,5	78,7	78,9	79,1	79,3	79,4	79,6
	100	68,6	68,9	69,1	69,2	69,4	69,6	69,7	69,9	70,0	70,2
	75	52,6	52,8	53,0	53,1	53,2	53,3	53,5	53,6	53,7	53,8
	50	37,1	37,3	37,4	37,4	37,5	37,6	37,7	37,8	37,9	38,0

Temperatura [°C]		25	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Capacidade [kW]		280									
Carga [%]	100	280									
	90	252									
	80	224									
	75	210									
	70	196									
	60	168									
	50	140									
	25	70									

Cargas que estão no catálogo dos geradores a diesel e que vou utilizar

FUEL- Class A2 Diesel	
Densidade [kg/l] [53]	Poder Calorifico [kWh/kg] [55]
0,846	11,83

Preço do combustivel diesel por litro em Singapura [€/l]
1,023

Sistema de Armazenamento Parcial

SAEE- Sistema de Armazenamento de Energia Elétrica

SEM SAEE	Janeiro					
	Carga	Energia Elétrica Diária produzida [kWh]	Nº Máx. de Geradores utilizados	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l]	Custo Diário de fuel - Diesel [€]
	100%	21000,00	4	3292,70	5201,22	5320,84

COM SAEE	Janeiro						
	Carga	Energia Elétrica Diária produzida [kWh]	Nº Máx. de Geradores utilizados	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l]	Custo Diário de fuel - Diesel [€]	Capacidade de armazen. do ESS [kWh]
	100%	18200,00	4	492,70	4507,83	4611,51	266,69

SEM SAEE	Maio					
	Carga	Energia Elétrica Diária produzida [kWh]	Nº Máx. de Geradores utilizados	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l]	Custo Diário de fuel - Diesel [€]
	100%	20160,00	3	2514,95	5000,40	5115,40

COM SAEE	Maio						
	Carga	Energia Elétrica Diária produzida [kWh]	Nº Máx. de Geradores utilizados	Energia Elétrica Diária Desperdiçada [kWh]	Consumo Diário de Fuel [l]	Custo Diário de fuel - Diesel [€]	Capacidade de armazen. do ESS [kWh]
	100%	18200,00	3	554,95	4514,57	4618,41	260,51

Sistema de Armazenamento Parcial

Dimensionamento do sistema de armazenamento de Energia Elétrica

	Capacidade de Armazenamento em cada perfil de consumo [kWh]
1 de Janeiro	266,69
1 de Maio	260,51
Capacidade mínima do SAE [kWh]	266,69

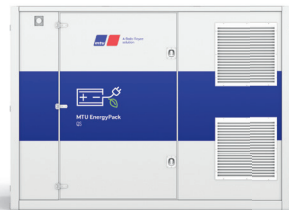


Anexo 15 – Seleção do Sistema de Armazenamento de Energia Elétrica com as respectivas características



Battery Energy Storage System

MTU ENERGYPACK QS



Optional equipment shown. Standard equipment may vary.

Product highlights

Benefits

- Factory tested plug-and-play design
- Optimized system integration ability
- Highest power density
- Complete system within vandalism proof outdoor enclosure
- High safety & reliability
- Black start capability
- Grid-supporting & grid-forming mode
- Controlled switching between modes
- Supervision of the point of common coupling
 - Control of the external mains switch
 - Detection of power outages
 - Re-synchronization after grid recovery
- Various applications in combination with MTU Microgrid Controller
- Easy integration into Rolls-Royce Microgrid Solutions

Support

- Global product support offered

Standards

- Battery storage is designed and manufactured in facilities certified to standards ISO 2008:9001 and ISO 2004:14001
- AS/NSZ on request

System configurations

- Power and capacity can be widely adjusted according to customer and project needs. Please see graph below and consult your local distributor for your individual configuration.

Options

- 50°C ambient temperature*
- Corrosion protection
- Touchscreen HMI display
- 50% overload capacity*
- Customer branding
- ...and many more

* for selected configurations

Certifications

- CE conformity certification
- UL on request



A Rolls-Royce
solution

Battery energy storage systems

MTU - a Rolls-Royce solution - offers a wide portfolio of battery energy storage systems starting from 40 kVA up to 2,000 kVA and capacities up to 2,600 kWh. As integral part of flexible energy systems, energy from various distributed electricity sources can be stored in our battery energy storage systems. The MTU EnergyPacks are designed to improve reliability, quality and profitability of your individual energy system. For more information and solution consulting please contact your local distributor.

Technical data - MTU EnergyPack QS ^{1, 2}

Sections	Value	Sign	Unit	MTU EnergyPack QS
Battery	Cell chemistry			NCM
	Nominal capacity		kWh	up to 550
Cooling	Max. ambient temperature	$T_{\max}$	°C	40 (50°C)
	Min. ambient temperature	$T_{\min}$	°C	-20
Electrical	Nominal apparent power	S_{nom}	kVA	up to 400
	AC short circuit capability		kA	17
	Grid frequency	f	Hz	50 (60)
	Max apparent power (1 min)	S_{peak}	%	110% (150%) of S_{nom}
	Nominal voltage	U_{nom}	V	400 V ³
	Power factor range	$\cos \phi$		0 ind. ... 1 ... 0 cap.
	Black start capability			yes
	Corrosion protection			C3 (C5M)
Housing	Height	H	mm	2,400
	Length QS2 / QS6	L	mm	2,100 / 3,300
	Width QS2 / QS6	W	mm	1,700 / 2,200
	Protection class battery room			IP55
Interface	Supported communication protocol			Modbus-IP (Modbus-RTU, IEC 60870-5-104, IEC 61850, DNP3)
	Supported communication channels			3G / 4G 100MB/s CAT5
System	Humidity	ϕ_{rel}	%	100% condensing
	Max. operation elevation	H_{max}	m	2,000
	Nominal round trip efficiency ⁴ (w/o HVAC)	η_{nom}	%	up to 88%
	Weight	m	kg	up to 8,900

1) Weights and dimensions are estimates only. Please consult the factory for accurate weights and dimensions for your specific battery storage container.

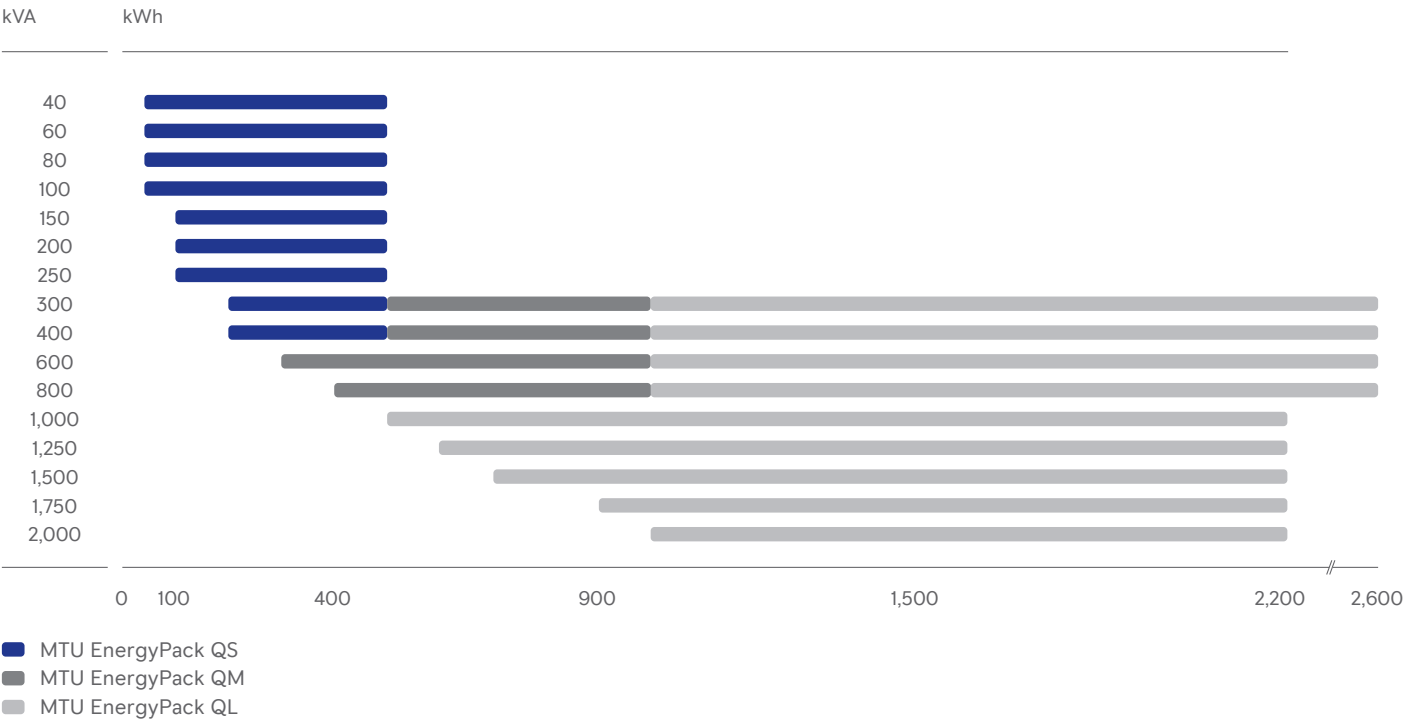
2) Product options in brackets

3) Other voltage levels available on request

4) At nominal power, excluding losses of external cabling. Depending on configuration and C-Rate

Battery energy storage systems

Actual capacities and sizes may vary due to battery type and system configuration.



Sound data

— Consult your local distributor for sound data.

Warranty and performance guarantee

— Consult your local distributor for information about warranty and performance guarantee.

Materials and specifications are subject to change without notice.
Please consult your local distributor for further product information.

**Anexo 16 – Dimensionamento da Torre de Arrefecimento
para os *Chillers* de Compressão a Vapor**

Água de Arref do Condensador - Chiller de Compressão	
Tent [°C]	40
Tsaida [°C]	45

Calor especificio da Água de Arref do Condensador	
A 40 °C [kJ/kg.K]	4,174
A 45 °C [kJ/kg.K]	4,174
Média (utilizado)	4,174

Água de Arref do Condensador e do Absorvedor - Chiller de Absorção	
Tent [°C]	29
Tsaida [°C]	35

Calor especificio da Água de Arref do Condensador e do Absorvedor	
A 29 °C [kJ/kg.K]	4,175
A 35 °C [kJ/kg.K]	4,174
Média (utilizado)	4,1745

TORRE DE ARREFECIMENTO

Sistema de Armazenamento Parcial

1 de Janeiro

Horas	TBS na ilha [°C]	HR na ilha [%]	Potência libertada pelo(s) Chiller(s) de Compressão (Não aproveitada nas BC's) [kW]	Caudal de Água de Arref. do Condensador do Chiller de Compressão que vai para a Torre de Arrecimento (40 °c → 45 °C) (Calor não aproveitado nas BC's) [kg/s]	Potência total dissipada [kW]
1	27	84	1063,60	50,96	1063,60
2	27	84	1063,60	50,96	1063,60
3	27	84	1225,10	58,70	1225,10
4	27	84	531,80	25,48	531,80
5	27	84	531,80	25,48	531,80
6	27	84	531,80	25,48	531,80
7	27	84	531,80	25,48	531,80
8	27	84	531,80	25,48	531,80
9	28	79	528,50	25,32	528,50
10	29	70	525,20	25,17	525,20
11	31	62	518,60	24,85	518,60
12	32	59	515,30	24,69	515,30
13	33	56	512,00	24,53	512,00
14	34	49	508,70	24,37	508,70
15	34	49	508,70	24,37	508,70
16	34	53	1017,40	48,75	1017,40
17	34	49	1340,40	64,23	1340,40
18	31	59	518,60	24,85	518,60
19	30	62	1043,80	50,01	1043,80
20	29	70	525,20	25,17	525,20
21	29	70	525,20	25,17	525,20
22	29	74	525,20	25,17	525,20
23	29	74	525,20	25,17	525,20
24	27	84	531,80	25,48	531,80

TORRE DE ARREFECIMENTO

Sistema de Armazenamento Parcial

1 de Maio

Horas	TBS na ilha [°C]	HR na ilha [%]	Potência libertada pelo(s) Chiller(s) de Compressão (Não aproveitada nas BC's) [kW]	Caudal de Água de Arref. do Condensador do Chiller de Compressão que vai para a Torre de Arrecimento (40 °c → 45 °C) (Calor não aproveitado nas BC's) [kg/s]	Potência total dissipada [kW]
1	29	84	812,20	38,92	812,20
2	29	84	812,20	38,92	812,20
3	28	89	817,70	39,18	817,70
4	28	89	1092,10	52,33	1092,10
5	28	89	817,70	39,18	817,70
6	28	89	817,70	39,18	817,70
7	28	84	817,70	39,18	817,70
8	28	84	1092,10	52,33	1092,10
9	29	84	812,20	38,92	812,20
10	31	75	801,20	38,39	801,20
11	32	71	795,70	38,13	795,70
12	33	67	927,40	44,44	927,40
13	32	71	795,70	38,13	795,70
14	32	67	795,70	38,13	795,70
15	33	67	790,20	37,86	790,20
16	32	71	397,85	19,06	397,85
17	32	71	397,85	19,06	397,85
18	32	71	795,70	38,13	795,70
19	32	67	795,70	38,13	795,70
20	31	70	801,20	38,39	801,20
21	31	66	801,20	38,39	801,20
22	30	79	943,90	45,23	943,90
23	30	79	403,35	19,33	403,35
24	29	79	949,40	45,49	949,40

TORRE DE ARREFECIMENTO

Sistema de Armazenamento Total

1 de Janeiro

Horas	TBS na ilha [°C]	HR na ilha [%]	Potência libertada pelo(s) Chiller(s) de Compressão (Não aproveitada nas BC's) [kW]	Caudal de Água de Arref. do Condensador do Chiller de Compressão que vai para a Torre de Arrecimento (40 °c → 45 °C) (Calor não aproveitado nas BC's) [kg/s]	Potência total dissipada [kW]
1	27	84	727,08	34,84	727,08
2	27	84	727,08	34,84	727,08
3	27	84	727,08	34,84	727,08
4	27	84	953,08	45,67	953,08
5	27	84	727,08	34,84	727,08
6	27	84	727,08	34,84	727,08
7	27	84	727,08	34,84	727,08
8	27	84	953,08	45,67	953,08
9	28	79	722,12	34,60	722,12
10	29	70	717,16	34,36	717,16
11	31	62	707,24	33,89	707,24
12	32	59	928,28	44,48	928,28
13	33	56	697,32	33,41	697,32
14	34	49	692,36	33,17	692,36
15	34	49	692,36	33,17	692,36
16	34	53	692,36	33,17	692,36
17	34	49	692,36	33,17	692,36
18	31	59	707,24	33,89	707,24
19	30	62	825,20	39,54	825,20
20	29	70	717,16	34,36	717,16
21	29	70	717,16	34,36	717,16
22	29	74	717,16	34,36	717,16
23	29	74	358,58	17,18	358,58
24	27	84	0,00	0,00	0,00

TORRE DE ARREFECIMENTO

Sistema de Armazenamento Total

1 de Maio

Horas	TBS na ilha [°C]	HR na ilha [%]	Potência libertada pelo(s) Chiller(s) de Compressão (Não aproveitada nas BC's) [kW]	Caudal de Água de Arref. do Condensador do Chiller de Compressão que vai para a Torre de Arrecimento (40 °c → 45 °C) (Calor não aproveitado nas BC's) [kg/s]	Potência total dissipada [kW]
1	29	84	812,20	38,92	812,20
2	29	84	812,20	38,92	812,20
3	28	89	817,70	39,18	817,70
4	28	89	1092,10	52,33	1092,10
5	28	89	817,70	39,18	817,70
6	28	89	817,70	39,18	817,70
7	28	84	817,70	39,18	817,70
8	28	84	1092,10	52,33	1092,10
9	29	84	812,20	38,92	812,20
10	31	75	801,20	38,39	801,20
11	32	71	795,70	38,13	795,70
12	33	67	1064,60	51,01	1064,60
13	32	71	795,70	38,13	795,70
14	32	67	795,70	38,13	795,70
15	33	67	790,20	37,86	790,20
16	32	71	795,70	38,13	795,70
17	32	71	795,70	38,13	795,70
18	32	71	795,70	38,13	795,70
19	32	67	1070,10	51,27	1070,10
20	31	70	801,20	38,39	801,20
21	31	66	801,20	38,39	801,20
22	30	79	806,70	38,65	806,70
23	30	79	806,70	38,65	806,70
24	29	79	0,00	0,00	0,00

Dimensionamento da Torre de Arrefecimento para o Chiller de Compressão a Vapor - Armazenamento Parcial

	Potência Máxima de Arrefecimento [kW]	Caudal máximo necessário de Arrefecer [l/s]
1 de Janeiro	1340,40	64,23
1 de Maio	1092,10	52,33
Capacidade mínima da Torre de Arrefecimento [kW]	1340,40	64,23

Dimensionamento da Torre de Arrefecimento para o Chiller de Compressão a Vapor - Armazenamento Total

	Potência Máxima de Arrefecimento [kW]	Caudal máximo necessário de Arrefecer [l/s]
1 de Janeiro	953,08	45,67
1 de Maio	1092,10	52,33
Capacidade mínima da Torre de Arrefecimento [kW]	1092,10	52,33

**Anexo 17 – Seleção da Torre de Arrefecimento para os
Chillers de Compressão a Vapor com as respectivas
características**



Quotation

Your ref : Project 1
Our ref : CCCT 3
Date : 12/11/2020

For the attention of:

FXVS 0809B-24T-K/P

Thermal Design Data

Requested cooling capacity (overall/unitary)	1400 / 1400 kW
Max. capacity (overall/unitary) (@ 100% RPM)	1426 / 1426 kW
Requested fluid flow (overall/unitary)	66.89 / 66.9 l/s
Max. fluid flow (overall/unitary) (@ 100% RPM)	68.15 / 68.2 l/s
Fluid in temperature	45.0 °C
Fluid out temperature	40.0 °C
Fluid type	H2O (Freezing point= 0°C; Anti-Freeze necessary for freezing climates)
Entering wet bulb temperature	27.0 °C
Entering dry bulb temperature	37.0 °C
Operating mode	Wet

Selection

(1) Closed circuit cooling tower(s) (Induced draft / Axial) Model FXVS 0809B-24T-K/P
Thermal performance at design conditions and total standard fan motor power is CTI/ECC certified

Unitary Technical Data

Overall length	3207 mm
Overall width	2584 mm
Overall height	5673 mm
Shipping weight / operating weight	4380 / 6560 kg
Heaviest section	3000 kg
Material option	BALTIBOND HYBRID COATING
Fan motor BHP (@ 100% RPM)	2 x 3.89 kW
Fan motor (#) Power per motor	2 x 4.0 kW
Frequency	50 Hz
Fan motor voltage	400 V
Efficiency level fan motor	IE3
Air flow (@ 100% RPM)	21.5 m³/s
Spray pump	1 x 4.0 kW
Frequency	50 Hz
Efficiency level pump motor	IE3
Spray water flow	1 x 34.7 l/s
Maximum evaporation (@ 66.9 l/s)	0.513 l/s
Make-Up (cycles of concentration 2.5)	0.855 l/s
Total pressure drop	105.0 kPa
Standard unit	105.0 kPa

Acoustical data (Standard unit / including accessories)

High speed 62 dB(A)

All acoustical data as sound pressure levels in 15.0 m distance from quietest side of unit in a free field

* Exact unit dimensions and weights may be influenced by accessories/option combinations.

* Accessories (like flanges, heaters, ... etc.) installed on the long end of the unit will be shipped loose in case they influence the transport width (i.e. equal or above 2,4m).

* To prevent moisture ingress in fan motors installed in the wet discharge air stream, these fan motors have space heaters. The space heaters should be activated whenever the fan motor is idle. Units with motors outside the unit do not have space heaters as standard execution but are available as an option.

* For safety reasons ladders are only allowed in combination with railing.

Customer :
Project :Project 1
Office :
User :pare

BALTIMORE AIRCOIL
S2Q V 3.7.2

BAC ref. :CCCT 3
2020-11-12
P 1/13
quoteNr:
Opportunity ID :105858





Price (taxes excluded) Portugal	Total Price
(1) MODEL FXVS 0809B-24T-K/P	42.526,00 EUR
Baltibond hybrid coating	included
Freight	included
# Description	
(2) PTC (only) (for fan motor)	426,00 EUR
(2) Protective coating for hostile/corrosive environment (fan motor)	included
(2) Space heaters (induced draft)	included
(2) Tropicalization (for fanmotors)	included
(1) Additional access door opposite end (standard)	included
(1) Internal service platform	979,00 EUR
(1) Internal lower walkway	278,00 EUR
(1) Internal Coil Corrosion protection (flanges,if applicable, are shipped loose)	included
TOTAL PRICE (any accessories specified above included)	44.209,00 EUR



Technical Datasheet



1 FXVS 0809B-24T-K/P

Main Accessories :

THERMAL DESIGN DATA

Requested capacity (overall/unitary)	1400 kW
Max. capacity (overall/unitary) (@ 100% RPM)	1426 / 1426 kW
Fluid type	H2O (Freezing point= 0°C; Anti-Freeze necessary for freezing climates)
Requested fluid flow (overall/unitary)	66.89 / 66.9 l/s
Max. fluid flow (overall/unitary) (@ 100% RPM)	68.15 / 68.2 l/s
Entering wet bulb temp	27.0 °C
Entering dry bulb temp	37.0 °C
Process fluid inlet temperature	45.0 °C
Process fluid outlet temperature	40.0 °C
Operating mode	Wet

PHYSICAL DATA (including accessories) - UNITARY

Overall length	3207 mm
Standard unit	2737 mm
Pump 1	470 mm
Overall width	2584 mm
Standard unit	2584 mm
Overall height	5673 mm
Standard unit	5673 mm
Shipping / operating weight	4380 / 6560 kg
Standard unit	4380 / 6560 kg
Heaviest section	3000 kg
Material option	BALTIBOND HYBRID COATING
Overflow diameter	(1x) ND 80 mm
Make up diameter	(1x) ND 40 mm
Drain diameter	(1x) ND 50 mm
Number of coils per unit	1

Exact unit dimensions and weights may be influenced by accessories/option combinations.

EVAPORATIVE COIL DATA - UNITARY

Evaporative coil type	Bare / HDG
Evaporative coil arrangement	Wet coil - 1pass
Evaporative coil inlet connections	(2x) ND 150
Evaporative coil outlet connections	(2x) ND 150
Evaporative coil volume	(1x) 513.0 l
Evaporative coil surface	(1x) 89.0 m²
Evaporative coil dry weight	(1x) 3152.0 kg

ELECTRICAL DATA - UNITARY

Fan motor

General

Fan motor BHP (Net mech output power at motor shaft)	(2 x) 3.89 kW
Fan motor oversized for	
Total ESP	0 Pa
Accessories total external static pressure	0 Pa
Customer external static pressure	0 Pa
Dry operation allowed	No
Fan motor voltage	400 V
Frequency	50 Hz
Protection class	IP55
Mounting	V6

Single speed

Fan motor power	(2 x) 4.0 kW
Efficiency level fan motor	IE3
Fan full load current (Nominal Voltage)	(2 x) 8.12 A (400 V)
Fan synchrone speed	1500 RPM
Framesize	112
Spray pump motor power	(1x) 4.0 kW
Efficiency level pump motor	IE3
Spray pump motor voltage	230 V
Frequency	50 Hz
Spray pump full load current	(1x) (8.6 A) 230 V
Spray pump synchrone speed	1500 RPM
Protection class	

Customer :
Project :Project 1
Office :
User :pare

BALTIMORE AIRCOIL

S2Q V 3.7.2

BAC ref. :CCCT 3
2020-11-12
P 4/13
quoteNr:
Opportunity ID :105858



Technical Datasheet



Mounting

Framesize 112

* Note: For indicative cable sizing the "Fan Full Load Current" and the corresponding "Nominal Voltage" have to be used.

* To prevent moisture ingress in fan motors installed in the wet discharge air stream, these fan motors have space heaters. The space heaters should be activated whenever the fan motor is idle. Units with motors outside the unit do not have space heaters as standard execution but are available as an option.

AERODYNAMICAL DATA - UNITARY

Air flow (100% RPM/100% RPM) 21.5 / 21.5 m³/s
Number of fans 2
Fan type Axial
Approximate Fan speed 763 RPM

HYDRAULICAL DATA - UNITARY

Total pressure drop (@66.9 / 68.2) 105.0 / 108.0 kPa
Standard unit 105.0 / 108.0 kPa
Spray water flow(1x) 34.7 l/s
Maximum evaporation 0.513 / 0.522 l/s
Bleed (cycles of concentration 2.5) 0.342 / 0.348 l/s
Make-Up (cycles of concentration 2.5) 0.855 / 0.87 l/s
Pan volume operating 726 l
Pan volume overflow 1763 l
Pressure range mechanical make-up valve 1 to 3,5 bar

Acoustical data (Standard unit no attenuation)

100 % RPM (@ 15.0m) 62 dB(A)

Sound Power Level (@100 %RPM) 102.0 dB(A)

All acoustical data as sound pressure levels at quietest side of unit at indicated distance.

Values are obtained according to CTI ATC-128,2019 (Test Code for Measurement of Sound From Water-Cooling Towers) for small towers with a 2 dB(A) tolerance.

ACCESSORIES - Motor accessories UNITARY

PTC (only) (for fan motor)

Protective coating for hostile/corrosive environment (fan motor)

Space heaters (induced draft)

Phase 1 Ph.

Voltage 220-240 VAC

Frequency 50 Hz

Tropicalization (for fanmotors)

ACCESSORIES - Installation & maintenance package UNITARY

Additional access door opposite end (standard)

Internal service platform

Internal lower walkway

ACCESSORIES - Export shipments UNITARY

Internal Coil Corrosion protection (flanges,if applicable, are shipped loose)

note

Thermal performance at design conditions and total standard fan motor power is CTI/ECC certified

For safety reasons ladders are only allowed in combination with railing.

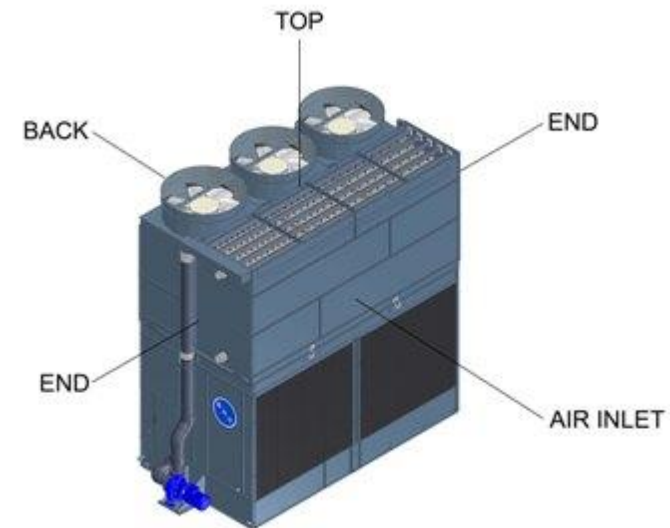


Sound Rating

Sound Rating					
Hz	Intake (dB)	Back (dB)	End (dB)	PumpEnd(dB)	Discharge (dB)
63	74.0	69.0	70.0	71.0	68.0
125	70.0	66.0	67.0	68.0	72.0
250	67.0	67.0	66.0	66.0	70.0
500	64.0	63.0	61.0	61.0	69.0
1000	58.0	59.0	56.0	59.0	65.0
2000	52.0	50.0	47.0	48.0	59.0
4000	48.0	42.0	40.0	43.0	56.0
8000	41.0	35.0	33.0	36.0	52.0
dB(A)	65.0	64.0	62.0	64.0	70.0

Input Options	
Model	FXVS (Standard fan) 0809B-24T-K/P
Operating mode	Wet
Sound Attenuation	no attenuation
Total ESP (Pa)	0
Fan Motor Size (kW)	2 x 4.0 kW
Approximate Fan Speed	100.0 %
Distance (m)	15.0

Total Sound Power Level	
Octave Band (Hz)	Total Sound Power Level
63	103.0
125	105.0
250	103.0
500	101.0
1000	97.0
2000	91.0
4000	88.0
8000	84.0
dB(A)	102.0



Octave band and A-weighted Sound Pressure Levels (SPL) in dB RE 0.0002 Microbar.

Note: Sound data are free field data valid for unit installation without elevation, not taking into account any reflections. Octave band values are shown for indicative purposes only. Values are obtained according CTI ATC-128 – 2019 (Test Code for Measurement of Sound from Water Cooling Towers) for small towers with a 2 dB(A) tolerance.

[Read more on BAC's sound expertise](#)

MANUFACTURER'S DECLARATION OF SOUND TESTING



The sound data for the Baltimore Aircoil Company cooling product has been tested and/or calculated by the Baltimore Aircoil Company in accordance with the standard test procedure:

ATC-128 (2019)

Test Code for Measurement of Sound from Water-Cooling Towers.

It is the responsibility of the purchaser to determine the suitability of this unit for the specific application.

September 1st, 2020

Baltimore Aircoil International nv

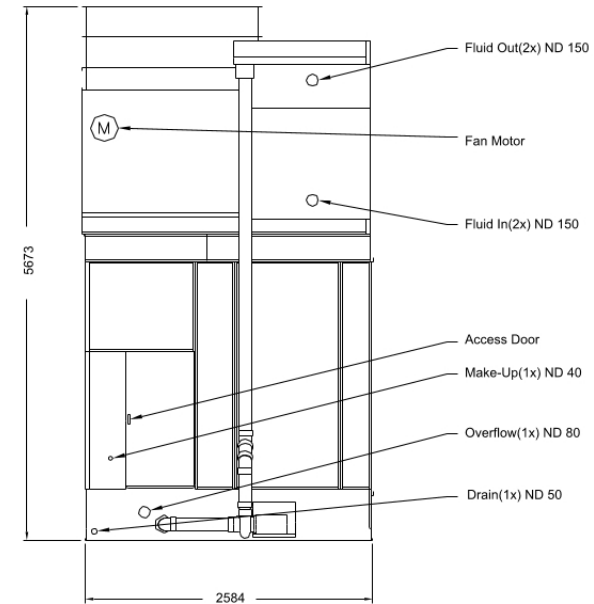
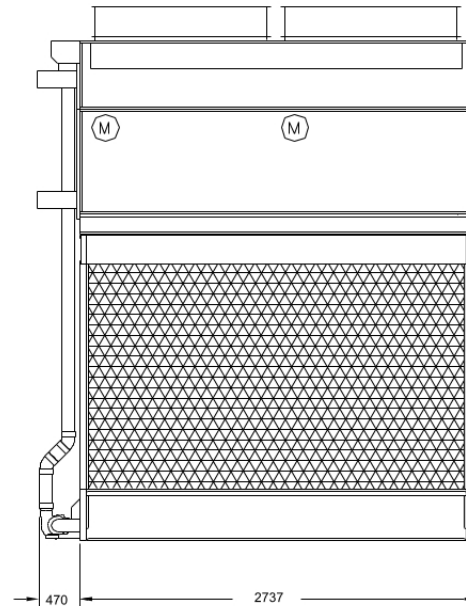
Industriepark

2220 Heist-op-den-Berg

Belgium

This drawing is the property of Baltimore Aircoil Company. It is not to be copied or used, directly or indirectly, in whole or in part, to assist in making or to furnish any information for the making of drawings or other reproductions hereof, or for the making of any part or component part shown therein, without the written consent of Baltimore Aircoil Company. This drawing is loaned with the expressed agreement that the drawing and information contained therein are the property of Baltimore Aircoil Company. The acceptance of this drawing will be construed as an acceptance of the foregoing agreement.

General Arrangement



Notes:

- 1) Drawing is not to scale, reflects a typical standard unit arrangement and can only be used for indicative purposes. Exact unit dimensions and weights may be influenced by accessories/option combinations.
- 2) Please refer to the technical datasheet for the specific unit configuration (qty. fans, qty. fan motors, accessories, location of connections and terminal boxes,...).
- 3) The drawing shown is a RIGHT HAND unit.

	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)	Shipp. weight (kg)	Oper. weight (kg)
Total	3207	2584	5673	4380	6560

			DWG. BY.:	DATE:	FXVS 0809B-24T-K/P
			CHK'D BY:	DATE:	
NO.	DATE	REVISIONS		BAC Ser.no.	
 BALTIMORE AIRCOIL INTERNATIONAL N.V. HEIST OP-DEN BERG, BELGIUM www.BaltimoreAircoil.com © 2009 Baltimore Aircoil International nv				CUSTOMER	
				  DWG. NO.	

Customer :
Project :Project 1
Office :
User :pare

BALTIMORE AIRCOIL
S2Q V 3.7.2

BAC ref. :CCCT 3
2020-11-12
P 8/13
quoteNr:



serverside

Engineering Specifications

1 General

1.1 Cooling tower type

Furnish (1x) FXVS 0809B-24T-K factory assembled closed circuit cooling tower(s) of axial fan, induced draft design with single side air entry and vertical air discharge.

Maximum unitary length:	3207 mm	Maximum total operating weight:	6560 kg
Maximum unitary width:	2584 mm	Maximum weight heaviest section:	3000 kg
Maximum height:	5673 mm	Maximum coil volume:	513.0 l

All critical components shall be arranged to allow preventive maintenance inspection during operation to guarantee optimal year-round efficiency and ensure a minimum shut-down time.

1.2 Design Conditions

Total:		Unitary:	
Required capacity (@ 100% RPM):	1400.0 kW	Max coil pressure drop:	105.0 kPa
Required fluid flow (@ 100% RPM):	66.89 l/s	Max SPL @ 15.0 m:	62 dB(A)
Fluid type:	H ₂ O	(SPL @ quietest side in free field)	
Process fluid inlet temperature:	45.0 °C	Max fan motor kW:	2x 4.0 kW
Process fluid outlet temperature:	40.0 °C	Max spray pump kW:	1x 4.0 kW
Entering wet bulb temp:	27.0 °C		
Entering dry bulb temp:	37.0 °C		

Sound ratings on standalone fans shall not be accepted as an indication of free field sound ratings of the unit. The thermal performance shall be Eurovent certified in accordance with CTI Certification standard STD-201.

Equipment without Eurovent certification will be subject to a field or factory acceptance thermal performance test executed by a qualified independent third party testing agency in accordance with a recognized test standard.

1.3 Quality Assurance

The manufacturer shall have a quality management system certified by an accredited registrar as complying with the requirements of ISO-9001.

1.4 Warranty

The manufacturer's standard equipment warranty shall be for a period twenty-four (24) months from the date of shipment or after the date the Buyer has been notified that the products are ready for delivery.

1.5 Machine Directive 2006/42/EC

The manufacturer shall deliver a Declaration of Incorporation of partly completed machinery

2 Materials of construction

2.1 Baltibond Hybrid Coating

All steel panels and structural members shall be constructed from heavy-gauge hot-dip galvanized steel, individually prepared in a four-step (clean, pre-treat, rinse, and dry) cleaning process, followed by an electrostatically sprayed, fuse-bonded hybrid polymer which then finally goes through a thermally activated curing stage. This process will allow for a higher concentration of minerals and chlorides in the circulating water, with values equal to SST304L, to minimise both direct water costs and costs for sewage and water treatment chemicals as well as to improve the entire unit lifetime.

Water quality guidelines:

pH:	6.5 to 9.2
Hardness (as CaCO ₃):	70 to 750 mg/l
Total alkalinity (as CaCO ₃):	600 mg/l max
Total Dissolved Solids:	2050 mg/l max
Chlorides:	250 mg/l max
Sulfates:	350 mg/l max
Conductivity:	3300 µS/cm
Chlorination (as free chlorine): continuous	1.5 mg/l max
Chlorination (as free chlorine): batch dosing	for cleaning and disinfection



Engineering Specifications

5-15 mg/l max for 6 hours max
25 mg/l max. for 2 hours max.
50 mg/l max for 1 hour max.

3 Heat transfer media

3.1 Coil

The heat transfer section of the closed circuit cooling tower shall comply with directive 2014/68/EC. It will be constructed of serpentine all prime surface steel designed for 10 bar operating pressure and hot-dip galvanized after fabrication. The coil shall be designed for free drainage of fluid. The entire top of the coil bundle shall be easily accessible during operation for complete inspection to allow preventive maintenance actions. To minimise scaling, a spray flow of 14.1 l/s /m² projected coil surface shall be provided. A set of separate drift eliminators shall be removable in easily handled sections for quick access to the side of the coil bundle for inspection during shut-down.

3.1.1 Internal Coil Corrosion Protection

To ensure an optimal internal corrosion protection and guaranteed quality, all hot dip galvanized and stainless steel coils shall be filled with a low pressure inert gas at the factory before shipping. The pressure shall be released by the installer of the equipment only just before connecting on site to prove that the coils are leak free.

3.2 Fill

A wet deck surface shall be used to lower the spray water temperature that will minimize the scaling risk of the coil. To eliminate water splash and high frequency noise, the wet deck surface shall guide the spray water into the cold water basin, preventing the spray water droplets to fall down from a height. The wet deck surface with Eurovent certified integrated drift eliminators shall be formed from plastic material and shall be impervious to rot, decay, fungus and biological attack. The surface shall be manufactured and performance tested by the unit manufacturer to provide single source responsibility and assure control of the final product. The wet deck surface shall consist of individual sheets, which can easily be inspected during operation and which can be nested during shutdown for complete cleaning without need for removal.

4 Air Movement

The unit shall be equipped with a minimum of 2 independent air movement systems that will allow independent operation of each fan, and that will ensure a minimal cooling capacity of 60 % during failure of one of the air movement systems.

4.1 Multiwing fan

Fan(s) shall be heavy-duty, axial flow and designed for low noise. Fan(s) shall be constructed of glass reinforced plastic blades attached to a hub. The fan(s) will have an overall diameter of 1219 mm. Air shall discharge through a fan cylinder designed for streamlined air entry and minimum fan blade tip clearance for maximum fan efficiency. The fans shall be protected with a fan guard according to EN ISO 13857.

4.2 Fanshaft(s)

Fan shafts shall be supported by heavy-duty, self-aligning, grease-packed ball bearings with moisture-proof seals and integral slinger rings, designed for theoretical L10 life of 80,000 hours. Fan(s) shall be belt driven and specifically designed for evaporative cooling service.

4.3 Fan Motor

Fan marine type motor(s) shall be totally enclosed fan cooled (TEFC), reversible, squirrel cage, ball bearing, designed specifically for evaporative cooling duty on 400 volts 50 hertz 3 phase electrical service. The motor(s) shall be furnished with special moisture protection on windings, shafts, and bearings and with space heaters to prevent condensation inside the motor during stand still. Each motor shall be mounted on an easily adjusted, heavy-duty motor base, which can be swung outside the unit where it can be lowered without the need of special additional lifting devices ensuring a minimum time to repair of no more than 2 hours. To facilitate motor removal the maximum motor kW shall be 4.0 kW.



Engineering Specifications

4.4 Mechanical equipment

The entire mechanical equipment shall be factory-installed and will be easily accessible during shut-down in accordance with EN 14122.

4.5 Combined Inlet Shields

Combined inlet shields shall prevent UV-light and debris from entering the unit, as well as water splash out during high wind conditions. The combined inlet shields shall be removable during operation without water splash out to allow easy access for inspection of the air/water interface at the air inlet side of the equipment. They shall be constructed from maintenance free, corrosion and UV resistant material. These shields shall be sized to ensure that the average intake velocity is no higher than 4.3 m/s.

5 Spray water distribution

5.1 Water Distribution System

Water shall be distributed evenly over the coil at a minimum flow rate of 14.1 l/s /m² that will ensure complete wetting of the coil at all times. Large diameter, non-clog, plastic, 360° distribution nozzles shall utilize a two stage diffusion pattern that will provide overlapping, umbrella spray patterns creating multiple intersection points with adjacent nozzles. The branches and spray nozzles shall be held in place by snap-in rubber grommets that will allow quick removal for cleaning and flushing. To ensure proper wetting of the coil at all times, the individual nozzles shall be removable and cleanable during operation.

5.2 Cold Water Basin

The cold water basin shall be unobstructed, sloping and free draining and shall allow for inspection during operation for preventive maintenance purposes.

5.2.1 Mechanical make-up

A large diameter make-up valve with large diameter plastic float ball will be installed in the cold water basin. The valve shall be placed out of the cold air stream, easily accessible for maintenance and operating level adjustment and able to close off a pressure up to 3.5 bar

5.2.2 Access

A large, hinged access door of 662 mm wide and 1168 mm tall shall be installed.

5.2.3 Strainer

A cleanable strainer with anti-vortexing hood that will prevent air entrainment, shall be installed in the cold water basin. The strainer shall be manufactured from galvanized steel that will be protected with an electro statically sprayed, fuse-bonded hybrid polymer. To prevent electro-galvanic corrosion, stainless steel strainers shall be only allowed in case the entire cold water basin is constructed from stainless steel.

5.2.4 Bleed line

A waste water bleed line with throttling valve shall be installed to prevent an excessive build-up of impurities in the recirculating water.

5.2.5 Internal walk way

An internal walk way shall be installed above the overflow level that will allow maintenance access to the cold water basin without the need to drain the entire basin.

5.3 Spray Water Pump(s)

The closed circuit cooling tower shall include an appropriate number of close-coupled, bronze-fitted centrifugal pump(s) and motor assemblies equipped with mechanical seal, mounted on the basin and piped from the suction connection to the water distribution system. The pump motor(s) shall be totally enclosed fan cooled (TEFC) suitable for 230 volts, 3 phase, and 50 hertz electrical service.



Engineering Specifications

5.4 Drift Eliminators

A set of plastic easily handled drift eliminators shall be Eurovent certified and will be placed between all wet components and the unit discharge to prevent the loss of spray water at the air discharge in the form of drift (small water droplets).

6 Accessories

6.1 Internal Full Surface Area Platform

An internal full surface platform, according to EN ISO 14122, shall be installed to allow two persons including tools for access to the inside of the upper part of the unit. It will give access to the fan, motor and drive as well as to the coil eliminators and the coil itself.

Cooling Towers / Aéroréfrigérants humides

Range Name / Nom de Gamme :
SERIES FXV-FXVS

Granted on December 14, 2015 – Date 1ère admission 14 décembre 2015

This document is valid at the date of issue – Check the current validity on:
Document valable à la date d'émission – Vérifier la validité en cours sur :
www.eurovent-certification.com

Participant/Titulaire

BALTIMORE AIRCOIL International n.v.
Industriepark – Zone A
B-2220 Heist-op-den-Berg, Belgium

This certificate is issued by Eurovent Certita Certification according to the certification rules:

ECP CT – « Cooling Towers » in force at established date.

Pursuant to the decision notified by Eurovent Certita Certification, the right to use the mark ECP shall be granted to the beneficiary company for the above Range in the conditions defined by the certification program mentioned.

Unless withdrawn or suspended, this certificate remains valid as long as the requirements for the certification program framework are met. The validity of the certificate is to be verified on www.eurovent-certification.com

THIS CERTIFICATE HAS BEEN ISSUED ON 23/09/2020
THIS CERTIFICATE IS VALID UNTIL 31/03/2021

Ce certificat est délivré par Eurovent Certita Certification dans les conditions fixées par le référentiel :

ECP CT – « Aéroréfrigérants humides » en vigueur à date d'édition.

En vertu de la décision notifiée par Eurovent Certita Certification, le droit d'usage de la marque ECP, est accordé à la société qui en est bénéficiaire pour la gamme visée ci-dessus, dans les conditions définies par le programme de certification mentionné.

Sauf retrait ou suspension, ce certificat demeure valide tant que les conditions du référentiel du programme de certification sont respectées. La validité du certificat est à vérifier sur le site Internet www.eurovent-certification.com

**CE CERTIFICAT A ÉTÉ EMIS LE 23/09/2020
CE CERTIFICAT EST VALIDE JUSQU'AU 31/03/2021**

Paris, 23 septembre 2020

MANAGING BOARD MEMBER / MEMBRE DIRECTOIRE



Appendix / Annexe

Granted on December 14, 2015 – *Date 1ère admission 14 décembre 2015*

This document is valid at the date of issue – Check the current validity on:

Document valable à la date d'émission – Vérifier la validité en cours sur :

www.eurovent-certification.com

List of certified products and characteristics is displayed on:

La liste des références et caractéristiques certifiées est disponible sur le site :

www.eurovent-certification.com

This certificate is valid for the following trade names:

Ce certificat est valide pour les marques commerciales suivantes:

Trade Name / Marque Commerciale

Baltimore

This certificate is valid for the following manufacturing places:

Ce certificat est valide pour les sites de production suivants:

Manufacturing Place / Site de Production

Heist Op Den Berg, Belgium

CHIURO (SONDRIO), Italy

This certificate is valid for the following software:

Ce certificat est valide pour les logiciels de sélection suivants:

Software / Logiciel de sélection

S2Q ver 3.6.9 [06-04-2020]

**Anexo 18 – Seleção do *Chiller* de Absorção com as
respetivas características**

Ver. 4.6.0.0				Reference Specifications					
Region : EU		Date : 13-Oct-20							
Project name :		Spec.No. : 0000-200009							
Model name : 16LJ-A11		1 Unit		Selection : 1					

Cooling capacity		75 USRT	264	kw	Electrical data	Power source	3 phase, 400 V, 50 Hz		

Chilled water	Inlet temperature	11.0	oC			Electric consumption	5.4 kVA		
	Outlet temperature	6.0	oC			Total electric current	8.2 A		
	Flow rate	45.4	m3/h			Motor output	Absorbent pump No.1	1.3 kW	3.9 A
	Pressure drop	38.8	kPa				Absorbent pump No.2	0.2 kW	1.1 A
	* Pass number (Evaporator)	4	(Special)				Refrigerant pump	0.2 kW	1.1 A
	Connection diameter (DIN)	4	inch		Overall dimensions	Length (L)	2,640 mm		
	Max. working pressure	1,034	kPa			Width (W)	1,400 mm		
	Fouling factor	0.0180	m2oC/kW			Height (H)	2,430 mm		
Brine:	0.0	%			Space for tube removal	2,400 mm			

Cooling water	Inlet temperature	29.0	oC		Weight	Operating weight	4,100 kg		
	Outlet temperature	35.0	oC			Max. shipping weight	3,400 kg		
	Flow rate	86.5	m3/h			Total shipping weight	3,400 kg		
	Pressure drop	81.2	kPa		-----				
	Pass number (Absorber + Condenser)	4 + 3	(Standard)		Shipping section	One section			
	Connection diameter (DIN)	5	inch		-----				
	Max. working pressure	1,034	kPa		Remark	Rated in accordance with ARI-560			
	Fouling factor	0.0440	m2oC/kW		Pressure drop value of each water system does not include the static pressure difference.				
Brine:	0.0	%		* ----- Option					

Hot water	Heat input	339	kw						
	Inlet temperature	90.0	oC						
	Outlet temperature	80.0	oC						
	Flow rate	8.4	l/sec						
	Pressure drop	54.2	kPa						
	Pass number (Generator)	10	(Standard)						
	Connection diameter (DIN)	3	inch						
	Max. working pressure	1,034	kPa						
	Fouling factor	0.0180	m2oC/kW						
	Brine:	0.0	%						

COP		0.78	---						

Performances

Model name					LJ-A									
LJ					11	12	13	14	21	22	23	24	31	32
Size		01	02	03	264	316	387	475	545	633	738	844	949	1 055
Capacity	kW	83	131	166										
Chilled water system*														
Flow rate	l/sec	3.58	5.64	7.14	12.6	15.1	18.5	22.7	26	30.3	35.3	40.3	45.3	50.3
Pressure drop	kPa	73	60	60	72.2	78.4	48.5	52.9	46.8	50.2	102	105	104	106
Connection(DIN)	inch	2	2 1/2	2 1/2	3	3	4	4	5	5	5	5	6	6
Retention volume	m ³	0.06	0.08	0.08	0.11	0.13	0.15	0.17	0.22	0.25	0.28	0.30	0.35	0.38
Cooling water system*														
Flow rate	l/sec	5.4	8.5	10.8	20.8	25	30.6	37.5	43.1	50	58.3	66.7	75	83.3
Pressure drop	kPa	23	16	15	78.8	81.8	86.6	95.4	89.1	93.4	58.4	62.5	49.8	51.6
Connection(DIN)	inch	3	4	4	5	5	5	5	6	6	8	8	8	8
Retention volume	m ³	0.13	0.18	0.23	0.33	0.37	0.40	0.45	0.58	0.63	0.69	0.76	0.98	1.05
Hot water system*														
Flow rate	l/sec	3.28	5.17	6.56	8.4	10.1	12.3	15.1	17.3	20.1	23.4	26.8	30.1	33.5
Pressure drop	kPa	58	41	41	24.7	26.4	65.6	72.8	31.5	32.5	22.0	22.1	22.4	22.3
Connection(DIN)	inch	2	2 1/2	2 1/2	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6
Retention volume	m ³	0.04	0.04	0.07	0.07	0.08	0.09	0.10	0.13	0.14	0.15	0.17	0.21	0.22
Rupture disk connection	inch	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Dimmensions														
Length (L)	mm	1745	2450	2450	2 740	2 740	3 750	3 750	3 850	3 850	4 870	4 870	4 920	4 920
Height (H)	mm	2115	2115	2115	2 330	2 330	2 330	2 330	2 480	2 480	2 480	2 480	2 775	2 775
Width (W)	mm	1255	1255	1435	1 400	1 400	1 400	1 400	1 560	1 560	1 560	1 560	1 630	1 630
Tube removal	mm	900	1350	1350	2 400	2 400	3 400	3 400	3 400	3 400	4 500	4 500	4 500	4 500
Weight														
Operation weight	kg	2070	2680	3150	4 000	4 200	5 200	5 500	6 600	6 900	8 100	8 600	10 500	11 000
Max shipping weight	kg	1820	2380	2720	3 500	3 600	4 500	4 700	5 600	5 900	7 000	7 300	9 000	9 300
Shipping method	u	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Power supply														
	V-ph-Hz	400-3-50												
Apparent power	kVA	3.1	3.1	3.1	5.0	5.0	5.0	6.8	6.9	6.9	6.9	6.9	10.5	10.5
Total electric current	A	4.8	4.8	4.8	7.5	7.5	7.5	10.2	10.3	10.3	10.3	10.3	15.5	15.5
Absorbent pump N°1, power input	kW	0.75	0.75	0.75	1.1	1.1	1.1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	3.0	3.0
Absorbent pump N°1, electric current	A	2.2	2.2	2.2	2.8	2.8	2.8	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	7.5	7.5
Absorbent pump N°2, power input	kW	/	/	/	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	1.5	1.5
Absorbent pump N°2, electric current	A	/	/	/	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	4.7	4.7
Refrigerent pump, power input	kW	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Refrigerent pump, electric current	A	0.7	0.7	0.7	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
Purge pump, power input	kW	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Purge pump, electric current	A	1.1	1.1	1.1	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
PD cell heater	kW	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038
Control circuit	kW	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

* Condition for LJ 12.2/6.7 °C (Fouling Factor = 0.0176 m²°C/kW)
29.4/38.4 °C (Fouling Factor = 0.044 m²°C/kW)
95/86 °C (Fouling Factor = 0.0176 m²°C/kW)

* Condition for LJ-A 12/7 °C (Fouling Factor = 0.018 m²°C/kW)
29.4/36.3 °C (Fouling Factor = 0.044 m²°C/kW)
90/80 °C (Fouling Factor = 0.018 m²°C/kW)

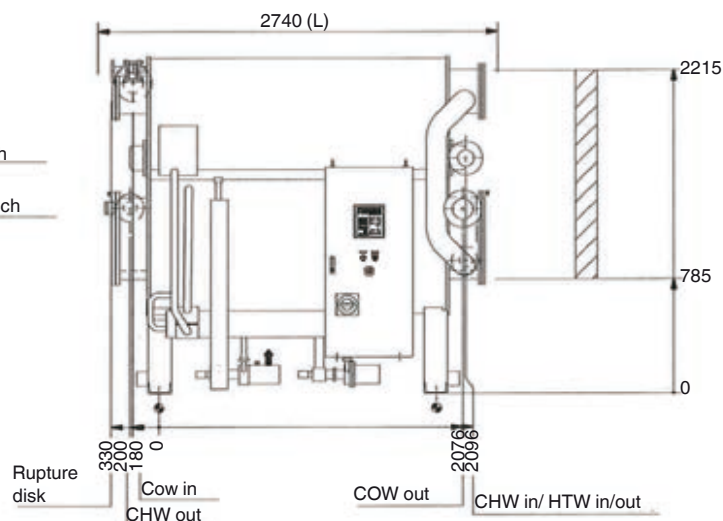
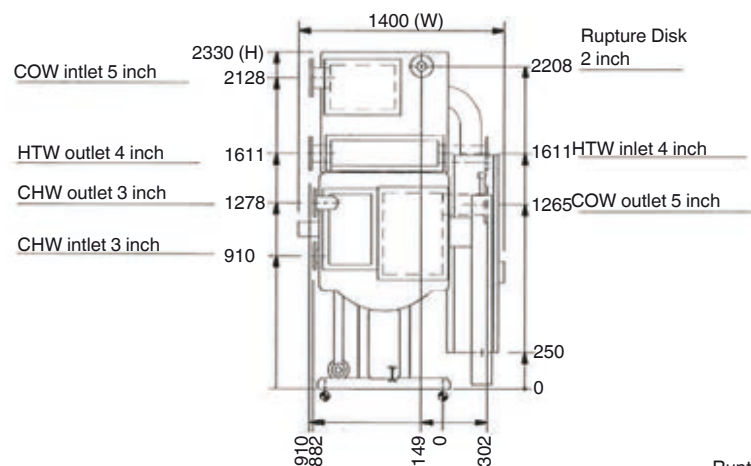
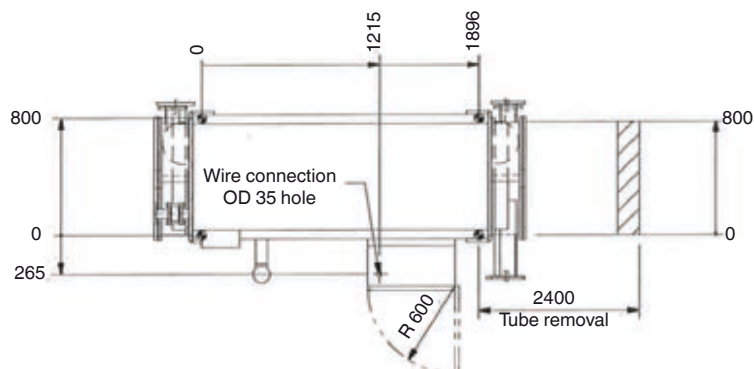
Notes : These performance data are provided to support early design activity. For selection outside ARI operating conditions, contact Carrier

Dimensions/clearances

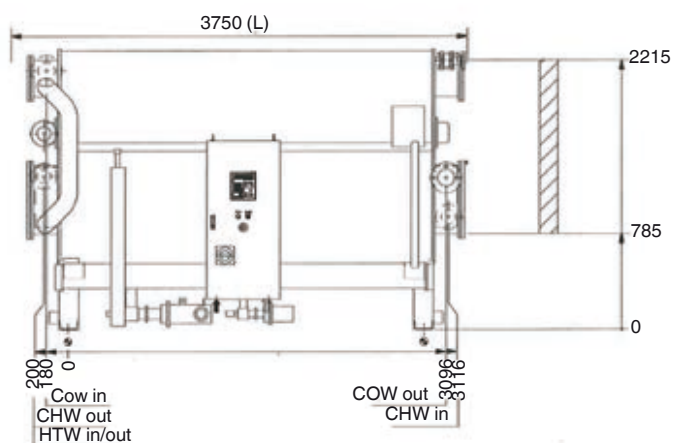
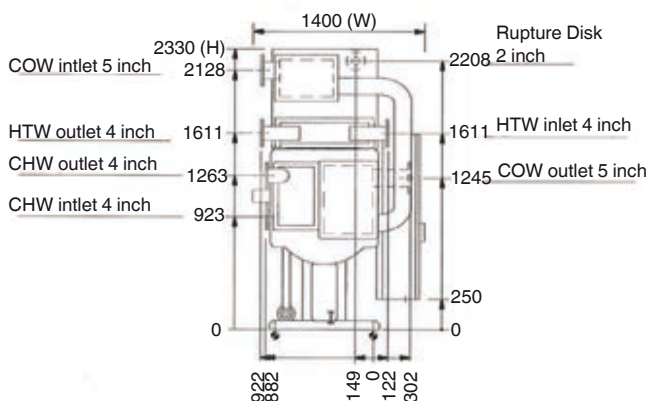
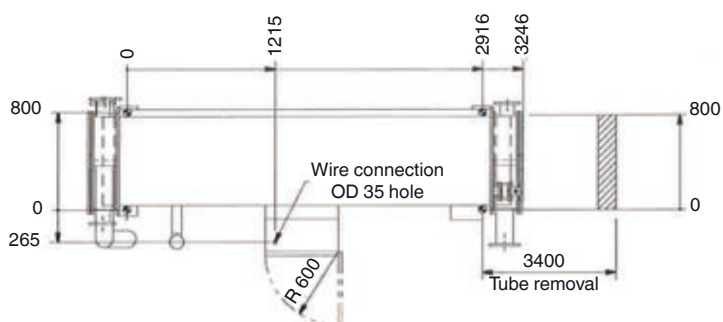
16LJ-A11 through 16LJ-A12

NOTE

- (1) Dimensions (L), (W), (H), are for standard machine.
The dimensions are changed by parts added.
- (2)  Indicates the position of anchor bolts.
- (3) Clearance space must be saved either side of the chiller.
- (4) Connecting flange of all external water piping are DIN 10 flange.
- (5)  Indicates the position of the power supply connection on control panel.
(Dia. 35 mm).
- (6) Installation clearance
 . Longitudinal distance: 1000 mm
 . Top: 200 mm
 . Others : 500 mm



16LJ-A13 through 16LJ-A14



NOTE: Dimensions are for guidance only. Always refer to the certified drawings supplied upon request when designing an installation.

**Anexo 19 – Dimensionamento do Permutador de Calor
Shell & Tube (Gases de exaustão – Circuito de água quente
que aciona o *chiller* de absorção)**

JANEIRO

Permutador Gases de Exaustão - Água que irá acionar o Chiller de absorção

Cálculo da eficiência do permutador (troca calor entre os gases de exaustão e a água que irá acionar o chiller de absorção)	Caudal necessário para as necessidades [kg/s] (Caudal máximo que passa no permutador do lado da Água que aciona o Chiller de Absorção)	Caudal necessário para as necessidades [m ³ /h] (Caudal máximo que passa no permutador do lado da Água que aciona o Chiller de Absorção)	Cc [kJ/(K*s)]
1	8,07	0,0022	33,90
2	8,07	0,0022	33,90
3	8,07	0,0022	33,90
4	8,07	0,0022	33,90
5	0,00	0,0000	0,00
6	0,00	0,0000	0,00
7	8,07	0,0022	33,90
8	0,00	0,0000	0,00
9	8,07	0,0022	33,90
10	0,00	0,0000	0,00
11	0,00	0,0000	0,00
12	8,07	0,0022	33,90
13	0,00	0,0000	0,00
14	8,07	0,0022	33,90
15	8,07	0,0022	33,90
16	8,07	0,0022	33,90
17	8,07	0,0022	33,90
18	0,00	0,0000	0,00
19	8,07	0,0022	33,90
20	8,07	0,0022	33,90
21	8,07	0,0022	33,90
22	0,00	0,0000	0,00
23	0,00	0,0000	0,00
24	0,00	0,0000	0,00

JANEIRO

Permutador Gases de Exaustão - Água que irá acionar o Chiller de absorção

Caudal necessário para as necessidades [kg/s] (Caudal máximo que passa na parte dos Gases de Exaustão)	Caudal necessário para as necessidades [m ³ /h] (Caudal máximo que passa na parte dos Gases de Exaustão)	Ch [kJ/(K*s)]	Calor trocado (Q)
0,75	2,70	0,86	338,97
0,75	2,70	0,86	338,97
0,75	2,70	0,86	338,97
0,75	2,70	0,86	338,97
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,75	2,70	0,86	338,97
0,00	0,00	0,00	0,00
0,75	2,70	0,86	338,97
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,75	2,70	0,86	338,97
0,00	0,00	0,00	0,00
0,75	2,70	0,86	338,97
0,75	2,70	0,86	338,97
0,75	2,70	0,86	338,97
0,75	2,70	0,86	338,97
0,00	0,00	0,00	0,00
0,75	2,70	0,86	338,97
0,75	2,70	0,86	338,97
0,75	2,70	0,86	338,97
0,00	0,00	0,00	0,00
0,75	2,70	0,86	338,97
0,75	2,70	0,86	338,97
0,75	2,70	0,86	338,97
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00

JANEIRO

Permutador Gases de Exaustão - Água que
irá acionar o Chiller de absorção

Calor máximo possível de ser trocado (Qmáx)	Eficiência [%]	
425,22	79,72	
425,22	79,72	
425,22	79,72	
425,22	79,72	
0,00	#DIV/0!	
0,00	#DIV/0!	
425,22	79,72	
0,00	#DIV/0!	
425,22	79,72	
0,00	#DIV/0!	
0,00	#DIV/0!	
425,22	79,72	
0,00	#DIV/0!	
425,22	79,72	
425,22	79,72	
425,22	79,72	
425,22	79,72	
0,00	#DIV/0!	
425,22	79,72	
425,22	79,72	
425,22	79,72	
0,00	#DIV/0!	
0,00	#DIV/0!	
0,00	#DIV/0!	

Água de Acionamento do Chiller de Absorção	
Ti [°C]	80
Tf [°C]	90
cp [kJ/kg.K] [80 °C]	4,195
cp [kJ/kg.K] [90 °C]	4,208
cp médio [kJ/kg.K]	4,202

Permutador Tubular		
U (W/(K*m ²))	300	Fonte: Toolbox,2003

Gases de Exaustão	
Ti [°C]	573
Tf [°C]	180
cp [kJ/kg.K] [573 °C]	1,206
cp [kJ/kg.K] [180 °C]	1,091
cp médio [kJ/kg.K]	1,1485

Cálculo da área mínima do permutador através da temperatura média logaritmica	Q _{máx} [kW]	ΔT _{entra}	ΔT _{sai}	ΔT _{ML} [K]	ΔT _{ML} [K] (Menos precisa)	Permutador de calor em contra-corrente
$A = Q_{máx}/(U \cdot \Delta T_{ML})$	338,97	483,00	100,00	243,20	291,50	

Área mínima de transferência que o permutador tem de ter - A (m2)	Área mínima de transferência que o permutador tem de ter - A (m2) - Pelo método menos preciso
4,65	3,88

MAIO

Permutador Gases de Exaustão - Água que irá acionar o Chiller de absorção

Cálculo da eficiência do permutador (troca calor entre os gases de exaustão e a água que irá acionar o chiller de absorção)	Caudal necessário para as necessidades [kg/s] (Caudal máximo que passa no permutador do lado da Água que aciona o Chiller de Absorção)	Caudal necessário para as necessidades [m ³ /h] (Caudal máximo que passa no permutador do lado da Água que aciona o Chiller de Absorção)	Cc [kJ/(K*s)]
1	8,07	0,0022	33,90
2	8,07	0,0022	33,90
3	0,00	0,0000	0,00
4	8,07	0,0022	33,90
5	0,00	0,0000	0,00
6	8,07	0,0022	33,90
7	0,00	0,0000	0,00
8	0,00	0,0000	0,00
9	8,07	0,0022	33,90
10	8,07	0,0022	33,90
11	0,00	0,0000	0,00
12	8,07	0,0022	33,90
13	0,00	0,0000	0,00
14	8,07	0,0022	33,90
15	8,07	0,0022	33,90
16	0,00	0,0000	0,00
17	0,00	0,0000	0,00
18	8,07	0,0022	33,90
19	8,07	0,0022	33,90
20	8,07	0,0022	33,90
21	0,00	0,0000	0,00
22	0,00	0,0000	0,00
23	0,00	0,0000	0,00
24	0,00	0,0000	0,00

MAIO

Permutador Gases de Exaustão - Água que irá acionar o Chiller de absorção

Caudal necessário para as necessidades [kg/s] (Caudal máximo que passa na parte dos Gases de Exaustão)	Caudal necessário para as necessidades [m ³ /h] (Caudal máximo que passa na parte dos Gases de Exaustão)	Ch [kJ/(K*s)]	Calor trocado (Q)
0,75	2,70	0,86	338,97
0,75	2,70	0,86	338,97
0,00	0,00	0,00	0,00
0,75	2,70	0,86	338,97
0,00	0,00	0,00	0,00
0,75	2,70	0,86	338,97
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,75	2,70	0,86	338,97
0,75	2,70	0,86	338,97
0,00	0,00	0,00	0,00
0,75	2,70	0,86	338,97
0,00	0,00	0,00	0,00
0,75	2,70	0,86	338,97
0,75	2,70	0,86	338,97
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,75	2,70	0,86	338,97
0,75	2,70	0,86	338,97
0,75	2,70	0,86	338,97
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00

MAIO

Permutador Gases de Exaustão - Água que irá acionar o Chiller de absorção

Calor máximo possível de ser trocado (Q _{máx})	Eficiência [%]	
425,22	79,72	
425,22	79,72	
0,00	#DIV/0!	
425,22	79,72	
0,00	#DIV/0!	
425,22	79,72	
0,00	#DIV/0!	
0,00	#DIV/0!	
425,22	79,72	
425,22	79,72	
0,00	#DIV/0!	
425,22	79,72	
0,00	#DIV/0!	
425,22	79,72	
425,22	79,72	
0,00	#DIV/0!	
0,00	#DIV/0!	
425,22	79,72	
425,22	79,72	
425,22	79,72	
0,00	#DIV/0!	
0,00	#DIV/0!	
0,00	#DIV/0!	
0,00	#DIV/0!	

Água de Acionamento do Chiller de Absorção	
Ti [°C]	80
Tf [°C]	90
cp [kJ/kg.K] [80 °C]	4,195
cp [kJ/kg.K] [90 °C]	4,208
cp médio [kJ/kg.K]	4,202

Permutador Shell & Tube		
U (W/(K*m ²))	300	Fonte: Toolbox,2003

Gases de Exaustão	
Ti [°C]	573
Tf [°C]	180
cp [kJ/kg.K] [573 °C]	1,206
cp [kJ/kg.K] [180 °C]	1,091
cp médio [kJ/kg.K]	1,1485

Cálculo da área mínima do permutador através da temperatura média logaritmica	Q _{máx} [kW]	ΔT _{entra}	ΔT _{sai}	ΔT _{ML} [K]	ΔT _{ML} [K] (Menos precisa)	Permutador de calor em contra-corrente
$A = Q_{máx}/(U \cdot \Delta T_{ML})$	338,97	483,00	100,00	243,20	291,50	

Área mínima de transferência que o permutador tem de ter - A (m2)	Área mínima de transferência que o permutador tem de ter - A (m2) - Pelo método menos preciso
4,65	3,88

**Anexo 20 – Dimensionamento do Permutador de Calor de
Placas (Água de refrigeração dos motores – Água da Rede)**

JANEIRO

Permutador Água de refrigeração dos Motores - Água da Rede - Aquecimento

Cálculo da eficiência do permutador (troca calor entre a água de refrigeração dos motores e a água da rede)	Caudal necessário para as necessidades [kg/s] (Caudal máximo que passa no permutador do lado da Água da Rede)	Caudal necessário para as necessidades [m ³ /h] (Caudal máximo que passa no permutador do lado da Água da Rede)	Cc [kJ/(K*s)]
1	0,43	1,57	1,82
2	0,43	1,57	1,82
3	0,28	1,01	1,18
4	0,28	1,01	1,18
5	0,34	1,22	1,42
6	0,40	1,44	1,67
7	0,40	1,46	1,69
8	0,40	1,44	1,67
9	0,27	0,96	1,11
10	0,36	1,28	1,49
11	0,41	1,48	1,72
12	0,30	1,09	1,26
13	0,44	1,57	1,82
14	0,31	1,11	1,29
15	0,31	1,12	1,30
16	0,31	1,13	1,31
17	0,31	1,11	1,29
18	0,44	1,57	1,82
19	0,23	0,83	0,96
20	0,23	0,82	0,95
21	0,30	1,09	1,26
22	0,43	1,55	1,80
23	0,43	1,55	1,80
24	0,39	1,42	1,65

JANEIRO

Permutador Água de refrigeração dos Motores - Água da Rede - Aquecimento

Caudal necessário para as necessidades [kg/s] (Caudal máximo que passa no Circuito de Refrigeração)	Caudal necessário para as necessidades [m ³ /h] (Caudal máximo que passa no Circuito de Refrigeração)	Ch [kJ/(K*s)]	Calor trocado (Q)
2,25	8,11	9,46	94,46
2,25	8,11	9,46	94,46
1,46	5,25	6,13	61,19
1,46	5,25	6,13	61,19
1,76	6,33	7,39	73,77
2,07	7,45	8,70	86,79
2,09	7,54	8,80	87,80
2,07	7,45	8,70	86,79
1,38	4,97	5,80	57,86
1,85	6,64	7,75	77,39
2,13	7,68	8,97	89,50
1,57	5,64	6,58	65,70
2,26	8,12	9,48	94,64
1,60	5,74	6,70	66,90
1,61	5,80	6,76	67,50
1,62	5,85	6,82	68,11
1,60	5,74	6,70	66,90
2,26	8,12	9,48	94,64
1,19	4,28	4,99	49,81
1,17	4,23	4,94	49,27
1,57	5,64	6,58	65,70
2,23	8,03	9,37	93,55
2,23	8,03	9,37	93,55
2,04	7,35	8,57	85,56

JANEIRO

Permutador Água de refrigeração dos Motores - Água da Rede - Aquecimento

Calor máximo possível de ser trocado (Q _{máx})	Eficiência [%]
112,62	83,87
112,62	83,87
72,95	83,87
72,95	83,87
87,96	83,87
103,48	83,87
104,69	83,87
103,48	83,87
68,99	83,87
92,27	83,87
106,71	83,87
78,33	83,87
112,84	83,87
79,77	83,87
80,49	83,87
81,20	83,87
79,77	83,87
112,84	83,87
59,39	83,87
58,75	83,87
78,33	83,87
111,54	83,87
111,54	83,87
102,01	83,87

Água de Refrigeração do Motor	
Ti [°C]	90
Tf [°C]	80
cp [kJ/kg.K] [90 °C]	4,208
cp [kJ/kg.K] [80 °C]	4,195
cp médio [kJ/kg.K]	4,2015

Permutador de Placas		
U (W/(K*m ²))	2500	Fonte: Toolbox,2003

Água da Rede	
Ti [°C]	28
Tf [°C]	80
cp [kJ/kg.K] [28 °C]	4,176
cp [kJ/kg.K] [60 °C]	4,179
cp médio [kJ/kg.K]	4,177

Cálculo da área mínima do permutador através da temperatura média logaritmica	Qmáx [kW]	ΔTentra	ΔTsai	ΔTML [K]	ΔTML [K] (Menos precisa)	Permutador de calor em contra-corrente
$A = Q_{máx}/(U \cdot \Delta T_{ML})$	94,64	10,00	52,00	25,48	31,00	

Área mínima de transferência que o permutador tem de ter - A (m2)	Área mínima de transferência que o permutador tem de ter - A (m2) - Pelo método menos preciso
1,49	1,22

MAIO

Permutador Água de refrigeração dos Motores - Água da Rede - Aquecimento

Cálculo da eficiência do permutador (troca calor entre a água de refrigeração dos motores e a água da rede)	Caudal necessário para as necessidades [kg/s] (Caudal máximo que passa no permutador do lado da Água da Rede)	Caudal necessário para as necessidades [m ³ /h] (Caudal máximo que passa no permutador do lado da Água da Rede)	Cc [kJ/(K*s)]
1	0,43	1,57	1,82
2	0,30	1,07	1,24
3	0,40	1,44	1,67
4	0,29	1,04	1,21
5	0,34	1,22	1,42
6	0,28	1,01	1,18
7	0,40	1,44	1,67
8	0,40	1,44	1,67
9	0,33	1,17	1,36
10	0,29	1,03	1,20
11	0,36	1,31	1,52
12	0,30	1,09	1,26
13	0,44	1,57	1,82
14	0,31	1,11	1,29
15	0,31	1,12	1,30
16	0,42	1,53	1,77
17	0,43	1,54	1,79
18	0,31	1,10	1,28
19	0,31	1,10	1,28
20	0,23	0,82	0,95
21	0,43	1,55	1,80
22	0,43	1,55	1,80
23	0,43	1,55	1,80
24	0,40	1,45	1,69

MAIO

Permutador Água de refrigeração dos Motores - Água da Rede - Aquecimento

Caudal necessário para as necessidades [kg/s] (Caudal máximo que passa no Circuito de Refrigeração)	Caudal necessário para as necessidades [m ³ /h] (Caudal máximo que passa no Circuito de Refrigeração)	Ch [kJ/(K*s)]	Calor trocado (Q)
2,25	8,11	9,46	94,46
1,54	5,54	6,46	64,51
2,07	7,45	8,70	86,79
1,50	5,40	6,30	62,85
1,76	6,33	7,39	73,77
1,46	5,25	6,13	61,19
2,07	7,45	8,70	86,79
2,07	7,45	8,70	86,79
1,69	6,08	7,10	70,84
1,49	5,36	6,25	62,39
1,89	6,80	7,93	79,20
1,57	5,64	6,58	65,70
2,26	8,12	9,48	94,64
1,60	5,74	6,70	66,90
1,61	5,80	6,76	67,50
2,20	7,91	9,24	92,18
2,21	7,97	9,30	92,87
1,58	5,70	6,65	66,42
1,58	5,70	6,65	66,42
1,17	4,23	4,94	49,27
2,23	8,03	9,37	93,55
2,23	8,03	9,37	93,55
2,23	8,03	9,37	93,55
2,09	7,53	8,79	87,69

MAIO

Permutador Água de refrigeração dos Motores - Água da Rede - Aquecimento

Calor máximo possível de ser trocado (Q _{máx})	Eficiência [%]
112,62	83,87
76,92	83,87
103,48	83,87
74,94	83,87
87,96	83,87
72,95	83,87
103,48	83,87
103,48	83,87
84,47	83,87
74,39	83,87
94,43	83,87
78,33	83,87
112,84	83,87
79,77	83,87
80,49	83,87
109,91	83,87
110,72	83,87
79,19	83,87
79,19	83,87
58,75	83,87
111,54	83,87
111,54	83,87
111,54	83,87
104,56	83,87

Água de Refrigeração do Motor	
Ti [°C]	90
Tf [°C]	80
cp [kJ/kg.K] [90 °C]	4,208
cp [kJ/kg.K] [80 °C]	4,195
cp médio [kJ/kg.K]	4,2015

Permutador de Placas		
U (W/(K*m ²))	2500	Fonte: Toolbox,2003

Água da Rede	
Ti [°C]	28
Tf [°C]	80
cp [kJ/kg.K] [28 °C]	4,176
cp [kJ/kg.K] [60 °C]	4,179
cp médio [kJ/kg.K]	4,177

Cálculo da área mínima do permutador através da temperatura média logaritmica	Qmáx [kW]	ΔTentra	ΔTsai	ΔTML [K]	ΔTML [K] (Menos precisa)	Permutador de calor em contra-corrente
$A = Q_{máx}/(U \cdot \Delta T_{ML})$	94,64	10,00	52,00	25,48	31,00	

Área mínima de transferência que o permutador tem de ter - A (m2)	Área mínima de transferência que o permutador tem de ter - A (m2) - Pelo método menos preciso
1,49	1,22

Anexo 21 – Seleção do Permutador de Calor (Água de refrigeração dos motores – Água da Rede) com as respectivas características

REFLEX HEATEXCHANGERS CALCULATION SHEET



Thinking solutions.

Prepared by/Date 30.11.2020
Heat Exchanger Type RMB-31-60-P30
Article Number 8023600

DATA SHEET:

	Side 1	Side 2	
Heat Load	94.6		kW
LMTD	25.5		K
Min. Oversizing	0		%
Fluid	Water	Water	
Inlet Temperature	90	28	°C
Outlet Temperature	80	80	°C
Mass Flow	2.26	0.43	kg/s
Inlet Volume Flow	8.41	1.57	m³/h
Outlet Volume Flow	8.35	1.61	m³/h
Max. Pressure Drop	25	25	kPa
Design Pressure	30	30	bar
Design Temperature	230	230	°C

HEAT EXCHANGER SELECTION: (Standard Calculation)

	Side 1	Side 2	
Heat Transfer Area	1.8		m²
Fouling Factor	0.2038		m²K/kW
OHTC Clean	3638.8459		W/m²K
OHTC Fouling	2089.329		W/m²K
Oversize	74.2		%
Calc. Pressure Drop	22.5	0.9	kPa
Connections Press. Drop	0.1	0	kPa
Connections Velocity	2.9	0.55	m/s
Internal Velocity	0.36	0.07	m/s
Reynolds No.	4276	508	[-]
Heat Transfer Coefficient	19075.9	4979.2	W/m²K

PHYSICAL PROPERTIES:

	Side 1	Side 2	
Fluid	Water	Water	
Ref. Temperature	85	54	°C
Density	969.93	988.63	kg/m³
Heat Capacity	4.189	4.186	kJ/kgK
Thermal Conductivity	0.6669	0.6366	W/mK
Dynamic Viscosity	0.0003	0.0005	Ns/m²
Prandtl No.	2.08	3.41	[-]

Reflex Heatexchanger Tool

Reflex Winkelmann GmbH, Gersteinstraße 19, 59227 Ahlen
tel.: +49 2382 7069-0, info@reflex.de, www.reflex.de
Changes, errors and mistakes are reserved

Reflex Longtherm RMB-31-60, brazed heat exchanger, 230 °C, 30 bar

Article number: 8023600

reflex

Thinking solutions.



Features

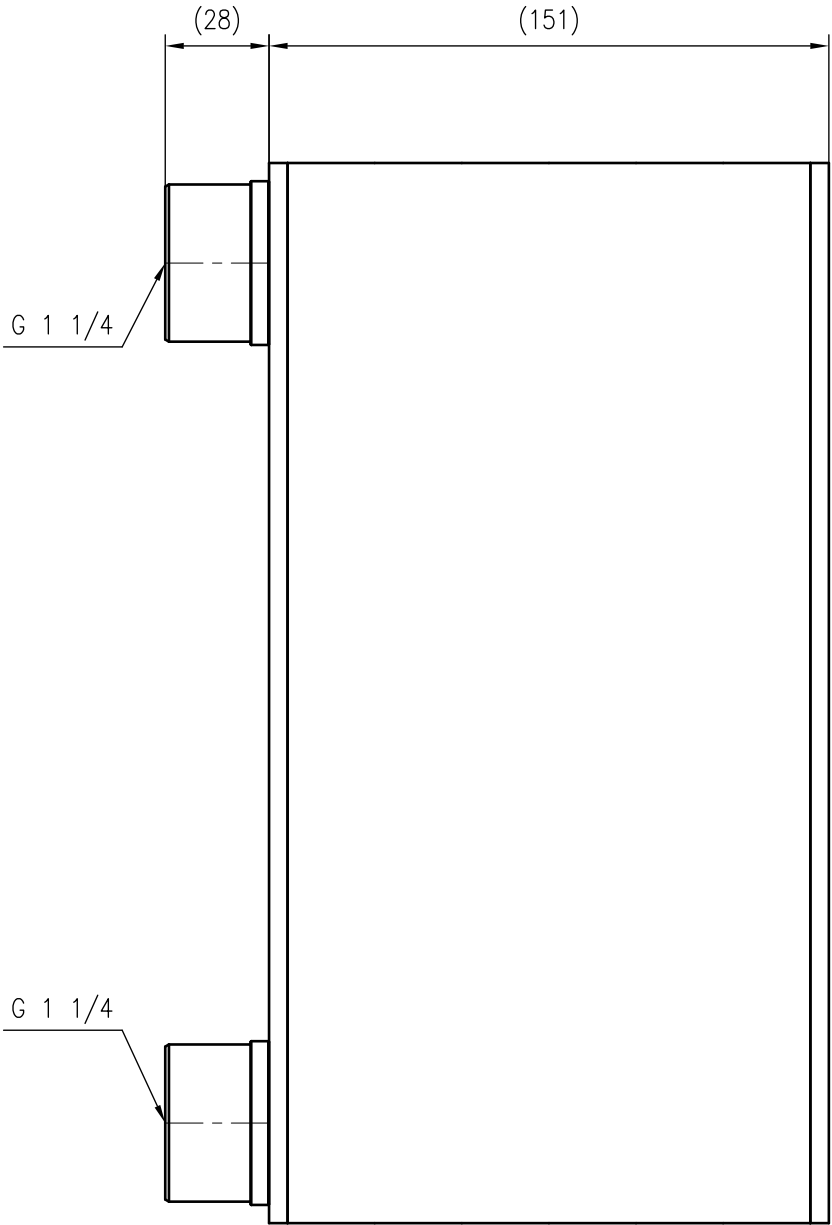
Type	RMB-31-60
Number of plates	60
Plate thickness	0,300000 mm
Volume primary side (k2/k3)	1,40 l
Volume secondary side (k4/k1)	1,50 l
Plate material	AISI 316L
Sealing material	copper
Max. perm.operating temperature	230 °C
Max. perm. operating pressure	30 bar
Connection	AG 1 1/4"
Connection material	AISI 316L
Connection variant	pipe
Height	286 mm
Height k2-k3/k4-k1	232 mm
Width	123 mm
Width primary-secondary	68 mm
Depth	151 mm
Weight	8,42 kg

Description

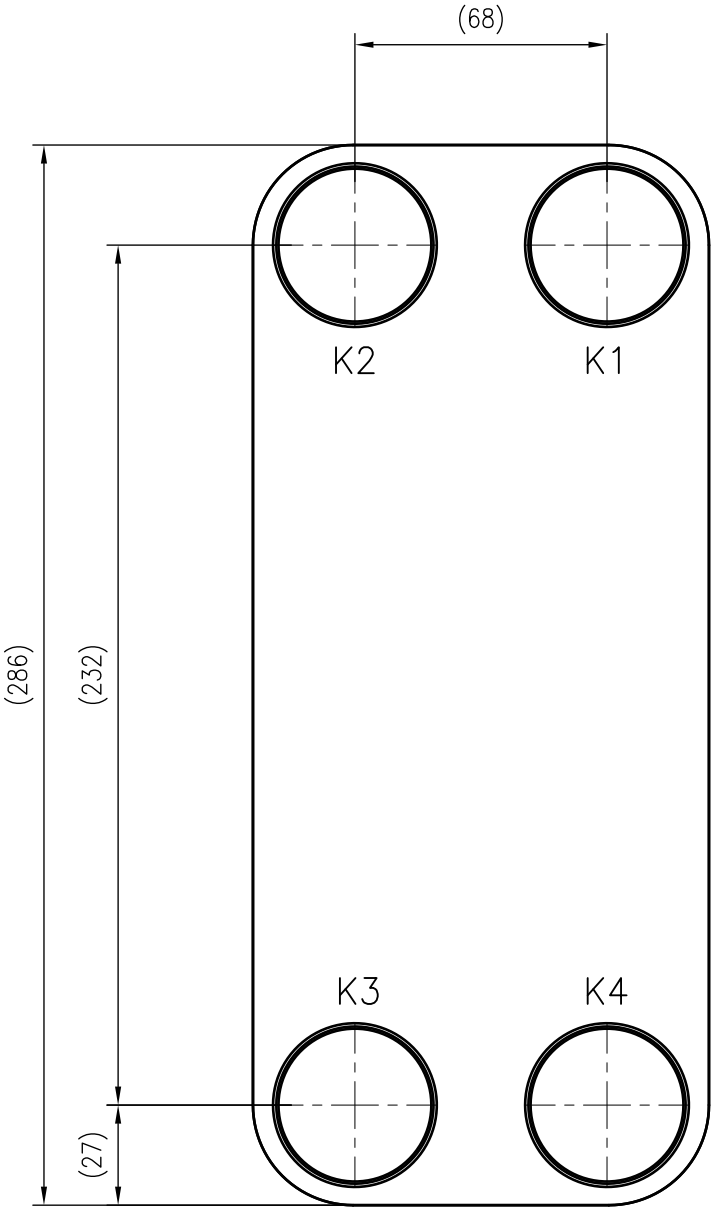
Reflex Longtherm
brazed heat exchanger from stainless steel (1.4404)
with copper solder vacuum-soldered. Sizes R..B-14 to
R..B-110 with threaded connection, R..B-235 with DIN
flanged connection.

Approval according to Pressure Equipment Directive
2014/68/EC. With CE mark.

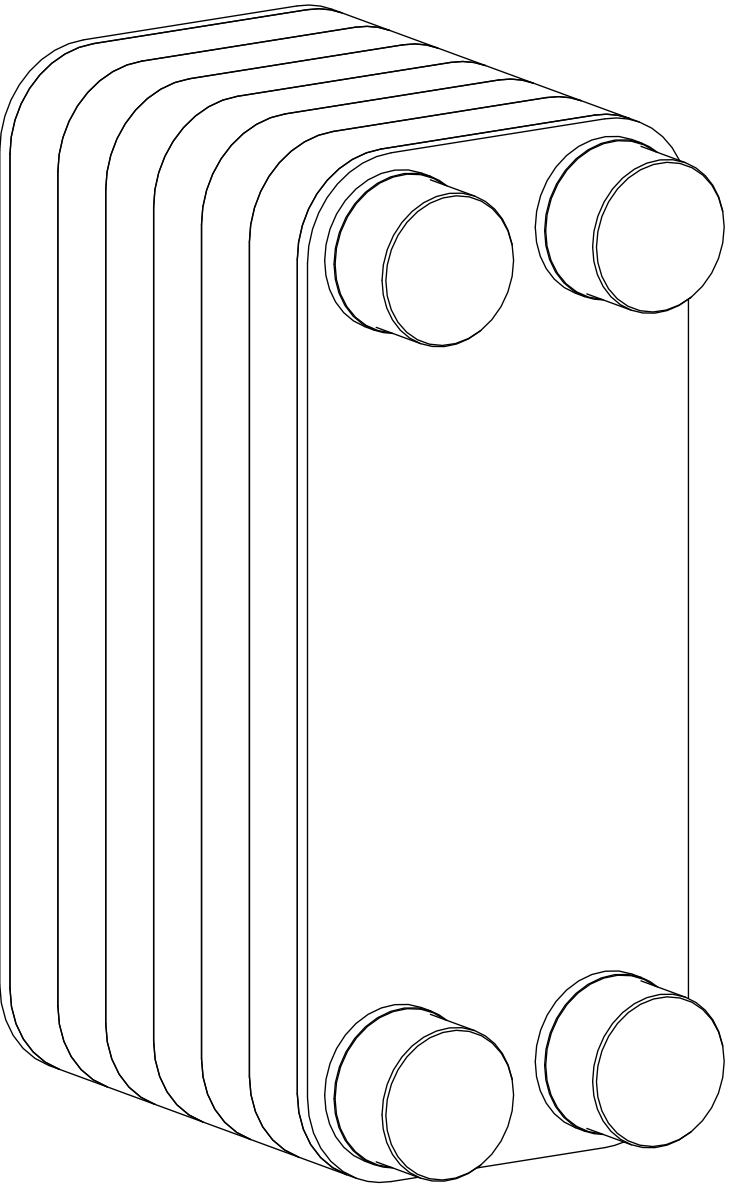




Side view



Front view



Isometric view



Top view



Unterliegt nicht dem Änderungsdienst/ Not subject to change management		Maßstab/ Scale: 1:2	Format/ Size: A2
Revision 10.01.2020	Longtherm RMB 31 60 – 8023600		

Anexo 22 – Dimensionamento das Torres de Arrefecimento para o Sistema de Trigeração

TORRE DE ARREFECIMENTO

Trigeração

1 de Janeiro

Horas	TBS ilha [°C]	HRa na ilha [%]	45 °C - 40 °C		35 °C - 29 °C
			Potência libertada pelo(s) Chiller(s) de Compressão (Não aproveitada nas BC's) [kW]	Caudal Água de Arref. do Condensador do Chiller de Compressão que vai para a Torre de Arrecimento (40 °C → 45 °C) (Calor não aproveitado nas BC's) [kg/s]	Potência libertada no Condensador e no Absorvedor do Chiller de Absorção [kW]
1	27	84	1386,60	66,44	603,00
2	27	84	1386,60	66,44	603,00
3	27	84	1386,60	66,44	603,00
4	27	84	0,00	0,00	603,00
5	27	84	0,00	0,00	0,00
6	27	84	693,30	33,22	0,00
7	27	84	693,30	33,22	603,00
8	27	84	693,30	33,22	0,00
9	28	79	0,00	0,00	603,00
10	29	70	686,70	32,90	0,00
11	31	62	680,10	32,59	0,00
12	32	59	676,80	32,43	603,00
13	33	56	673,50	32,27	0,00
14	34	49	670,20	32,11	603,00
15	34	49	670,20	32,11	603,00
16	34	53	1340,40	64,23	603,00
17	34	49	670,20	32,11	603,00
18	31	59	680,10	32,59	0,00
19	30	62	683,40	32,75	603,00
20	29	70	686,70	32,90	603,00
21	29	70	686,70	32,90	603,00
22	29	74	686,70	32,90	0,00
23	29	74	0,00	0,00	0,00
24	27	84	693,30	33,22	0,00

TORRE DE ARREFECIMENTO

Trigeração

1 de Janeiro

		45 °C - 40 °C	35 °C - 29 °C
Caudal de Água qu Arrefece o Condensador e do Absorvedor do Chiller de Absorção (29 °C → 35 °C) [kg/s]	Potência total dissipada [kW]	Capacidade mínima da torre de arrefecimento para o Chiller de compressão [kW]	Capacidade mínima da torre de arrefecimento para o Chiller de Absorção [kW]
24,07	1989,60	1386,60	603,00
24,07	1989,60	1386,60	603,00
24,07	1989,60	1386,60	603,00
24,07	603,00	0,00	603,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	693,30	693,30	0,00
24,07	1296,30	693,30	603,00
0,00	693,30	693,30	0,00
24,07	603,00	0,00	603,00
0,00	686,70	686,70	0,00
0,00	680,10	680,10	0,00
24,07	1279,80	676,80	603,00
0,00	673,50	673,50	0,00
24,07	1273,20	670,20	603,00
24,07	1273,20	670,20	603,00
24,07	1943,40	1340,40	603,00
24,07	1273,20	670,20	603,00
0,00	680,10	680,10	0,00
24,07	1286,40	683,40	603,00
24,07	1289,70	686,70	603,00
24,07	1289,70	686,70	603,00
0,00	686,70	686,70	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	693,30	693,30	0,00

TORRE DE ARREFECIMENTO

Trigeração

1 de Maio

Horas	TBS ilha [°C]	HRa na ilha [%]	45 °C- 40 °C		35 °C- 29 °C
			Potência libertada pelo(s) Chiller(s) de Compressão (Não aproveitada nas BC's) [kW]	Caudal Água de Arref. do Condensador do Chiller de Compressão que vai para a Torre de Arrecimento (40 °C → 45 °C) (Calor não aproveitado nas BC's) [kg/s]	Potência libertada no Condensador e no Absorvedor do Chiller de Absorção [kW]
1	29	84	1325,16	63,50	603,00
2	29	84	1086,60	52,07	603,00
3	28	89	1092,10	52,33	0,00
4	28	89	0,00	0,00	603,00
5	28	89	1092,10	52,33	0,00
6	28	89	1092,10	52,33	603,00
7	28	84	1092,10	52,33	0,00
8	28	84	546,05	26,16	0,00
9	29	84	0,00	0,00	603,00
10	31	75	1075,60	51,54	603,00
11	32	71	1070,10	51,27	0,00
12	33	67	1064,60	51,01	603,00
13	32	71	1070,10	51,27	0,00
14	32	67	1070,10	51,27	603,00
15	33	67	1064,60	51,01	603,00
16	32	71	535,05	25,64	0,00
17	32	71	535,05	25,64	0,00
18	32	71	1070,10	51,27	603,00
19	32	67	1070,10	51,27	603,00
20	31	70	0,00	0,00	603,00
21	31	66	1075,60	51,54	0,00
22	30	79	1081,10	51,80	0,00
23	30	79	540,55	25,90	0,00
24	29	79	1086,60	52,07	0,00

TORRE DE ARREFECIMENTO

Trigeração

1 de Maio

		45 °C - 40 °C	35 °C - 29 °C
Caudal de Água que Arrefece o Condensador e do Absorvedor do Chiller de Absorção (29 °C → 35 °C) [kg/s]	Potência total dissipada [kW]	Capacidade mínima da torre de arrefecimento para o Chiller de compressão [kW]	Capacidade mínima da torre de arrefecimento para o Chiller de Absorção [kW]
24,07	1928,16	1325,16	603,00
24,07	1689,60	1086,60	603,00
0,00	1092,10	1092,10	0,00
24,07	603,00	0,00	603,00
0,00	1092,10	1092,10	0,00
24,07	1695,10	1092,10	603,00
0,00	1092,10	1092,10	0,00
0,00	546,05	546,05	0,00
24,07	603,00	0,00	603,00
24,07	1678,60	1075,60	603,00
0,00	1070,10	1070,10	0,00
24,07	1667,60	1064,60	603,00
0,00	1070,10	1070,10	0,00
24,07	1673,10	1070,10	603,00
24,07	1667,60	1064,60	603,00
0,00	535,05	535,05	0,00
0,00	535,05	535,05	0,00
24,07	1673,10	1070,10	603,00
24,07	1673,10	1070,10	603,00
24,07	603,00	0,00	603,00
0,00	1075,60	1075,60	0,00
0,00	1081,10	1081,10	0,00
0,00	540,55	540,55	0,00
0,00	1086,60	1086,60	0,00

Dimensionamento da Torre de Arrefecimento para o Chiller de Compressão a vapor - Sistema de Trigeração

	Potência Máxima de Arrefecimento [kW]	Caudal máximo necessário de Arrefecer [l/s]
1 de Janeiro	1386,60	66,44
1 de Maio	1325,16	63,50
Capacidade mínima da Torre de Arrefecimento [kW]	1386,60	66,44

Dimensionamento da Torre de Arrefecimento para o Chiller de Absorção - Sistema de Trigeração

	Potência Máxima de Arrefecimento [kW]	Caudal máximo necessário de Arrefecer [l/s]
1 de Janeiro	603,00	24,07
1 de Maio	603,00	24,07
Capacidade mínima da Torre de Arrefecimento [kW]	603,00	24,07

**Anexo 23 – Seleção da Torre de Arrefecimento para o
Chiller de Absorção com as respetivas características**



Quotation

Your ref : Project 1
Our ref : Teste2
Date : 12/11/2020

For the attention of:

FXVS 1212C-24D-O/X

Thermal Design Data

Requested cooling capacity (overall/unitary)	650 / 650 kW
Max. capacity (overall/unitary) (@ 100% RPM)	673 / 673 kW
Requested fluid flow (overall/unitary)	25.88 / 25.9 l/s
Max. fluid flow (overall/unitary) (@ 100% RPM)	26.8 / 26.8 l/s
Fluid in temperature	35.0 °C
Fluid out temperature	29.0 °C
Fluid type	H2O (Freezing point= 0°C; Anti-Freeze necessary for freezing climates)
Entering wet bulb temperature	27.0 °C
Entering dry bulb temperature	37.0 °C
Operating mode	Wet

Selection

(1) Closed circuit cooling tower(s) (Induced draft / Axial) Model FXVS 1212C-24D-O/X
This unit selection is outside the application scope of ECC/CTI certification, and therefore the Thermal Performance cannot be considered as certified performance, however the base model is a certified product, refer to www.eurovent-certification.com

Unitary Technical Data

Overall length	4121 mm
Overall width	3607 mm
Overall height	6080 mm
Shipping weight / operating weight	7140 / 11500 kg
Heaviest section	5020 kg
Material option	BALTIBOND HYBRID COATING
Fan motor BHP (@ 100% RPM)	2 x 10.4 kW
Fan motor (#) Power per motor	2 x 11.0 kW
Frequency	50 Hz
Fan motor voltage	400 V
Efficiency level fan motor	IE3
Air flow (@ 100% RPM)	48.5 m³/s
Spray pump	1 x 5.5 kW
Frequency	50 Hz
Efficiency level pump motor	IE3
Spray water flow	1 x 54.6 l/s
Maximum evaporation (@ 25.9 l/s)	0.422 l/s
Make-Up (cycles of concentration 2.5)	0.704 l/s
Total pressure drop	31.0 kPa
Standard unit	31.0 kPa

Acoustical data (Standard unit / including accessories)

High speed 63 dB(A)

All acoustical data as sound pressure levels in 15.0 m distance from quietest side of unit in a free field

* Exact unit dimensions and weights may be influenced by accessories/option combinations.

* Accessories (like flanges, heaters, ... etc.) installed on the long end of the unit will be shipped loose in case they influence the transport width (i.e. equal or above 2,4m).

* To prevent moisture ingress in fan motors installed in the wet discharge air stream, these fan motors have space heaters. The space heaters should be activated whenever the fan motor is idle. Units with motors outside the unit do not have space heaters as standard execution but are available as an option.

* For safety reasons ladders are only allowed in combination with railing.

Customer :
Project :Project 1
Office :
User :pare

BALTIMORE AIRCOIL
S2Q V 3.7.2

BAC ref. :Teste2
2020-11-12
P 1/12
quoteNr:
Opportunity ID :105858





Price (taxes excluded) Portugal	Total Price
(1) MODEL FXVS 1212C-24D-O/X	70.800,00 EUR
Baltibond hybrid coating	included
Freight	included
# Description	
(2) Protective coating for hostile/corrosive environment (fan motor)	included
(2) Space heaters (induced draft)	included
(2) Tropicalization (for fanmotors)	included
(1) Additional access door opposite end (standard)	included
(1) Internal service platform	1.128,00 EUR
(1) Internal lower walkway	371,00 EUR
(1) Internal Coil Corrosion protection (flanges,if applicable, are shipped loose)	included
TOTAL PRICE (any accessories specified above included)	72.299,00 EUR



Technical Datasheet

1 FXVS 1212C-24D-O/X

Main Accessories :

THERMAL DESIGN DATA

Requested capacity (overall/unitary)	650 kW
Max. capacity (overall/unitary) (@ 100% RPM)	673 / 673 kW
Fluid type	H2O (Freezing point= 0°C; Anti-Freeze necessary for freezing climates)
Requested fluid flow (overall/unitary)	25.88 / 25.9 l/s
Max. fluid flow (overall/unitary) (@ 100% RPM)	26.8 / 26.8 l/s
Entering wet bulb temp	27.0 °C
Entering dry bulb temp	37.0 °C
Process fluid inlet temperature	35.0 °C
Process fluid outlet temperature	29.0 °C
Operating mode	Wet

PHYSICAL DATA (including accessories) - UNITARY

Overall length	4121 mm
Standard unit	3651 mm
Pump 1	470 mm
Overall width	3607 mm
Standard unit	3607 mm
Overall height	6080 mm
Standard unit	6080 mm
Shipping / operating weight	7140 / 11500 kg
Standard unit	7140 / 11500 kg
Heaviest section	5020 kg
Material option	BALTIBOND HYBRID COATING
Overflow diameter	(1x) ND 80 mm
Make up diameter	(1x) ND 40 mm
Drain diameter	(1x) ND 50 mm
Number of coils per unit	1

Exact unit dimensions and weights may be influenced by accessories/option combinations.

EVAPORATIVE COIL DATA - UNITARY

Evaporative coil type	Bare / HDG
Evaporative coil arrangement	Wet coil - 1pass
Evaporative coil inlet connections	(2x) ND 100
Evaporative coil outlet connections	(2x) ND 100
Evaporative coil volume	(1x) 1114.0 l
Evaporative coil surface	(1x) 198.0 m ²
Evaporative coil dry weight	(1x) 2716.0 kg

ELECTRICAL DATA - UNITARY

Fan motor

General

Fan motor BHP (Net mech output power at motor shaft)	(2 x) 10.4 kW
Fan motor oversized for	
Total ESP	0 Pa
Accessories total external static pressure	0 Pa
Customer external static pressure	0 Pa
Dry operation allowed	No
Fan motor voltage	400 V
Frequency	50 Hz
Protection class	IP55
Mounting	V6

Single speed

Fan motor power	(2 x) 11.0 kW
Efficiency level fan motor	IE3
Fan full load current (Nominal Voltage)	(2 x) 21.2 A (400 V)
Fan synchrone speed	1500 RPM
Framesize	160
Spray pump motor power	(1x) 5.5 kW
Efficiency level pump motor	IE3
Spray pump motor voltage	400 V
Frequency	50 Hz
Spray pump full load current	(1x) (11.5 A) 400 V
Spray pump synchrone speed	1500 RPM
Protection class	



Technical Datasheet

Mounting

Framesize 132

* Note: For indicative cable sizing the "Fan Full Load Current" and the corresponding "Nominal Voltage" have to be used.

* To prevent moisture ingress in fan motors installed in the wet discharge air stream, these fan motors have space heaters. The space heaters should be activated whenever the fan motor is idle. Units with motors outside the unit do not have space heaters as standard execution but are available as an option.

AERODYNAMICAL DATA - UNITARY

Air flow (100% RPM/100% RPM) 48.5 / 48.5 m³/s
Number of fans 2
Fan type Axial
Approximate Fan speed 611 RPM

HYDRAULICAL DATA - UNITARY

Total pressure drop (@25.9 / 26.8) 31.0 / 33.0 kPa
Standard unit 31.0 / 33.0 kPa
Spray water flow(1x) 54.6 l/s
Maximum evaporation 0.422 / 0.429 l/s
Bleed (cycles of concentration 2.5) 0.282 / 0.286 l/s
Make-Up (cycles of concentration 2.5) 0.704 / 0.716 l/s
Pan volume operating 1343 l
Pan volume overflow 3439 l
Pressure range mechanical make-up valve 1 to 3,5 bar

Acoustical data (Standard unit no attenuation)

100 % RPM (@ 15.0m) 63 dB(A)
Sound Power Level (@100 %RPM) 106.0 dB(A)

All acoustical data as sound pressure levels at quietest side of unit at indicated distance. Values are obtained according to CTI ATC-128,2019 (Test Code for Measurement of Sound From Water-Cooling Towers) for small towers with a 2 dB(A) tolerance.

ACCESSORIES - Motor accessories UNITARY

Protective coating for hostile/corrosive environment (fan motor)

Space heaters (induced draft)

Phase 1 Ph.

Voltage 220-240 VAC

Frequency 50 Hz

Tropicalization (for fanmotors)

ACCESSORIES - Installation & maintenance package UNITARY

Additional access door opposite end (standard)

Internal service platform

Internal lower walkway

ACCESSORIES - Export shipments UNITARY

Internal Coil Corrosion protection (flanges,if applicable, are shipped loose)

note

This unit selection is outside the application scope of ECC/CTI certification, and therefore the Thermal Performance cannot be considered as certified performance, however the base model is a certified product, refer to www.eurovent-certification.com

For safety reasons ladders are only allowed in combination with railing.

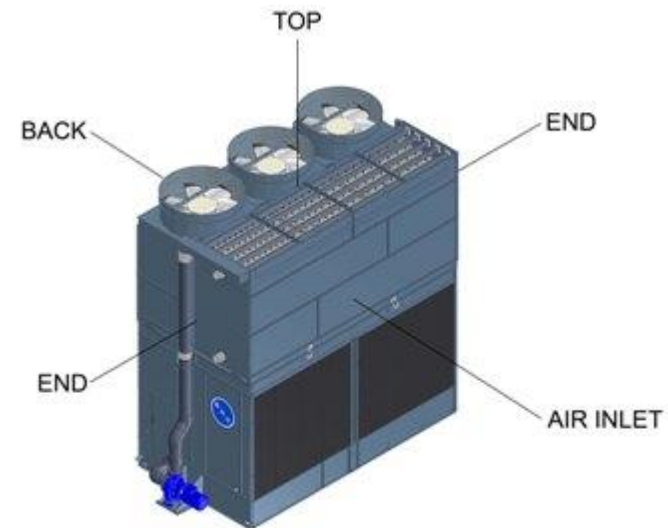


Sound Rating

Sound Rating					
Hz	Intake (dB)	Back (dB)	End (dB)	PumpEnd(dB)	Discharge (dB)
63	76.0	70.0	71.0	71.0	72.0
125	71.0	67.0	68.0	67.0	76.0
250	69.0	68.0	67.0	66.0	75.0
500	65.0	64.0	62.0	61.0	73.0
1000	59.0	60.0	57.0	57.0	69.0
2000	53.0	51.0	48.0	48.0	64.0
4000	49.0	43.0	40.0	41.0	60.0
8000	42.0	35.0	33.0	34.0	56.0
dB(A)	66.0	65.0	63.0	63.0	74.0

Input Options	
Model	FXVS (Standard fan) 1212C-24D-O/X
Operating mode	Wet
Sound Attenuation	no attenuation
Total ESP (Pa)	0
Fan Motor Size (kW)	2 x 11.0 kW
Approximate Fan Speed	100.0 %
Distance (m)	15.0

Total Sound Power Level	
Octave Band (Hz)	Total Sound Power Level
63	106.0
125	108.0
250	107.0
500	105.0
1000	101.0
2000	96.0
4000	92.0
8000	88.0
dB(A)	106.0



Octave band and A-weighted Sound Pressure Levels (SPL) in dB RE 0.0002 Microbar.

Note: Sound data are free field data valid for unit installation without elevation, not taking into account any reflections. Octave band values are shown for indicative purposes only. Values are obtained according CTI ATC-128 – 2019 (Test Code for Measurement of Sound from Water Cooling Towers) for small towers with a 2 dB(A) tolerance.

[Read more on BAC's sound expertise](#)

MANUFACTURER'S DECLARATION OF SOUND TESTING



The sound data for the Baltimore Aircoil Company cooling product has been tested and/or calculated by the Baltimore Aircoil Company in accordance with the standard test procedure:

ATC-128 (2019)

Test Code for Measurement of Sound from Water-Cooling Towers.

It is the responsibility of the purchaser to determine the suitability of this unit for the specific application.

September 1st, 2020

Baltimore Aircoil International nv

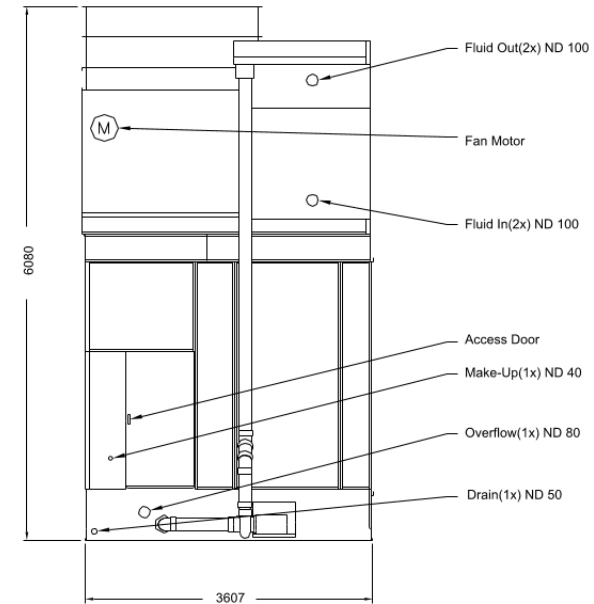
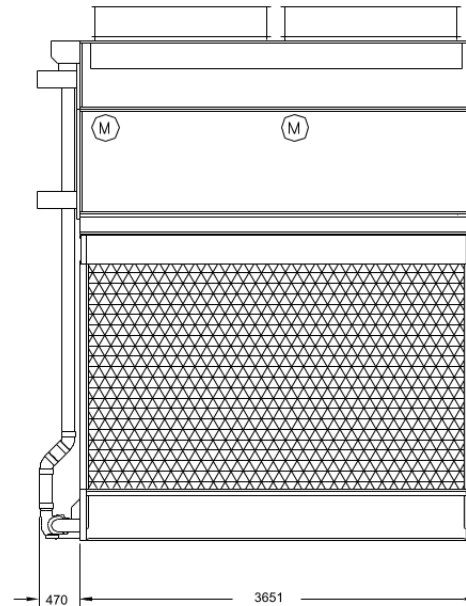
Industriepark

2220 Heist-op-den-Berg

Belgium

This drawing is the property of Baltimore Aircoil Company. It is not to be copied or used, directly or indirectly, in whole or in part, to assist in making or to furnish any information for the making of drawings or other reproductions hereof, or for the making of any part or component part shown therein, without the written consent of Baltimore Aircoil Company. This drawing is loaned with the expressed agreement that the drawing and information contained therein are the property of Baltimore Aircoil Company. The acceptance of this drawing will be construed as an acceptance of the foregoing agreement.

General Arrangement



Notes:

- 1) Drawing is not to scale, reflects a typical standard unit arrangement and can only be used for indicative purposes. Exact unit dimensions and weights may be influenced by accessories/option combinations.
- 2) Please refer to the technical datasheet for the specific unit configuration (qty. fans, qty. fan motors, accessories, location of connections and terminal boxes,...).
- 3) The drawing shown is a RIGHT HAND unit.

	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)	Shipp. weight (kg)	Oper. weight (kg)
Total	4121	3607	6080	7140	11500

			DWG. BY.:	DATE:	FXVS 1212C-24D-O/X
			CHK'D BY:	DATE:	
NO.	DATE	REVISIONS		BAC Ser.no.	
 BALTIMORE AIRCOIL INTERNATIONAL N.V. HEIST OP-DEN BERG, BELGIUM www.BaltimoreAircoil.com © 2009 Baltimore Aircoil International nv				CUSTOMER	
					DWG. NO.

Customer :
Project :Project 1
Office :
User :pare

BALTIMORE AIRCOIL
S2Q V 3.7.2

BAC ref. :Teste2
2020-11-12
P 8/12
quoteNr:



serverside

Engineering Specifications

1 General

1.1 Cooling tower type

Furnish (1x) FXVS 1212C-24D-O factory assembled closed circuit cooling tower(s) of axial fan, induced draft design with single side air entry and vertical air discharge.

Maximum unitary length:	4121 mm	Maximum total operating weight:	11500 kg
Maximum unitary width:	3607 mm	Maximum weight heaviest section:	5020 kg
Maximum height:	6080 mm	Maximum coil volume:	1114.0 l

All critical components shall be arranged to allow preventive maintenance inspection during operation to guarantee optimal year-round efficiency and ensure a minimum shut-down time.

1.2 Design Conditions

Total:		Unitary:	
Required capacity (@ 100% RPM):	650.0 kW	Max coil pressure drop:	31.0 kPa
Required fluid flow (@ 100% RPM):	25.88 l/s	Max SPL @ 15.0 m:	63 dB(A)
Fluid type:	H ₂ O	(SPL @ quietest side in free field)	
Process fluid inlet temperature:	35.0 °C	Max fan motor kW:	2x 11.0 kW
Process fluid outlet temperature:	29.0 °C	Max spray pump kW:	1x 5.5 kW
Entering wet bulb temp:	27.0 °C		
Entering dry bulb temp:	37.0 °C		

Sound ratings on standalone fans shall not be accepted as an indication of free field sound ratings of the unit.

1.3 Quality Assurance

The manufacturer shall have a quality management system certified by an accredited registrar as complying with the requirements of ISO-9001.

1.4 Warranty

The manufacturer's standard equipment warranty shall be for a period twenty-four (24) months from the date of shipment or after the date the Buyer has been notified that the products are ready for delivery.

1.5 Machine Directive 2006/42/EC

The manufacturer shall deliver a Declaration of Incorporation of partly completed machinery

2 Materials of construction

2.1 Baltibond Hybrid Coating

All steel panels and structural members shall be constructed from heavy-gauge hot-dip galvanized steel, individually prepared in a four-step (clean, pre-treat, rinse, and dry) cleaning process, followed by an electro statically sprayed, fuse-bonded hybrid polymer which then finally goes through a thermally activated curing stage. This process will allow for a higher concentration of minerals and chlorides in the circulating water, with values equal to SST304L, to minimise both direct water costs and costs for sewage and water treatment chemicals as well as to improve the entire unit lifetime.

Water quality guidelines:

pH:	6.5 to 9.2
Hardness (as CaCO ₃):	70 to 750 mg/l
Total alkalinity (as CaCO ₃):	600 mg/l max
Total Dissolved Solids:	2050 mg/l max
Chlorides:	250 mg/l max
Sulfates:	350 mg/l max
Conductivity:	3300 µS/cm
Chlorination (as free chlorine): continuous	1.5 mg/l max
Chlorination (as free chlorine): batch dosing	for cleaning and disinfection
	5-15 mg/l max for 6 hours max
	25 mg/l max. for 2 hours max.



Engineering Specifications

50 mg/l max for 1 hour max.

3 Heat transfer media

3.1 Coil

The heat transfer section of the closed circuit cooling tower shall comply with directive 2014/68/EC. It will be constructed of serpentine all prime surface steel designed for 10 bar operating pressure and hot-dip galvanized after fabrication. The coil shall be designed for free drainage of fluid. The entire top of the coil bundle shall be easily accessible during operation for complete inspection to allow preventive maintenance actions. To minimise scaling, a spray flow of 10.3 l/s /m² projected coil surface shall be provided. A set of separate drift eliminators shall be removable in easily handled sections for quick access to the side of the coil bundle for inspection during shut-down.

3.1.1 Internal Coil Corrosion Protection

To ensure an optimal internal corrosion protection and guaranteed quality, all hot dip galvanized and stainless steel coils shall be filled with a low pressure inert gas at the factory before shipping. The pressure shall be released by the installer of the equipment only just before connecting on site to prove that the coils are leak free.

3.2 Fill

A wet deck surface shall be used to lower the spray water temperature that will minimize the scaling risk of the coil. To eliminate water splash and high frequency noise, the wet deck surface shall guide the spray water into the cold water basin, preventing the spray water droplets to fall down from a height. The wet deck surface with Eurovent certified integrated drift eliminators shall be formed from plastic material and shall be impervious to rot, decay, fungus and biological attack. The surface shall be manufactured and performance tested by the unit manufacturer to provide single source responsibility and assure control of the final product. The wet deck surface shall consist of individual sheets, which can easily be inspected during operation and which can be nested during shutdown for complete cleaning without need for removal.

4 Air Movement

The unit shall be equipped with a minimum of 2 independent air movement systems that will allow independent operation of each fan, and that will ensure a minimal cooling capacity of 60 % during failure of one of the air movement systems.

4.1 Multiwing fan

Fan(s) shall be heavy-duty, axial flow and designed for low noise. Fan(s) shall be constructed of glass reinforced plastic blades attached to a hub. The fan(s) will have an overall diameter of 1676 mm. Air shall discharge through a fan cylinder designed for streamlined air entry and minimum fan blade tip clearance for maximum fan efficiency. The fans shall be protected with a fan guard according to EN ISO 13857.

4.2 Fanshaft(s)

Fan shafts shall be supported by heavy-duty, self-aligning, grease-packed ball bearings with moisture-proof seals and integral slinger rings, designed for theoretical L10 life of 80,000 hours. Fan(s) shall be belt driven and specifically designed for evaporative cooling service.

4.3 Fan Motor

Fan marine type motor(s) shall be totally enclosed fan cooled (TEFC), reversible, squirrel cage, ball bearing, designed specifically for evaporative cooling duty on 400 volts 50 hertz 3 phase electrical service. The motor(s) shall be furnished with special moisture protection on windings, shafts, and bearings and with space heaters to prevent condensation inside the motor during stand still. Each motor shall be mounted on an easily adjusted, heavy-duty motor base, which can be swung outside the unit where it can be lowered without the need of special additional lifting devices ensuring a minimum time to repair of no more than 2 hours. To facilitate motor removal the maximum motor kW shall be 11.0 kW.



Engineering Specifications

4.4 Mechanical equipment

The entire mechanical equipment shall be factory-installed and will be easily accessible during shut-down in accordance with EN 14122.

4.5 Combined Inlet Shields

Combined inlet shields shall prevent UV-light and debris from entering the unit, as well as water splash out during high wind conditions. The combined inlet shields shall be removable during operation without water splash out to allow easy access for inspection of the air/water interface at the air inlet side of the equipment. They shall be constructed from maintenance free, corrosion and UV resistant material. These shields shall be sized to ensure that the average intake velocity is no higher than 5.9 m/s.

5 Spray water distribution

5.1 Water Distribution System

Water shall be distributed evenly over the coil at a minimum flow rate of 10.3 l/s /m² that will ensure complete wetting of the coil at all times. Large diameter, non-clog, plastic, 360° distribution nozzles shall utilize a two stage diffusion pattern that will provide overlapping, umbrella spray patterns creating multiple intersection points with adjacent nozzles. The branches and spray nozzles shall be held in place by snap-in rubber grommets that will allow quick removal for cleaning and flushing. To ensure proper wetting of the coil at all times, the individual nozzles shall be removable and cleanable during operation.

5.2 Cold Water Basin

The cold water basin shall be unobstructed, sloping and free draining and shall allow for inspection during operation for preventive maintenance purposes.

5.2.1 Mechanical make-up

A large diameter make-up valve with large diameter plastic float ball will be installed in the cold water basin. The valve shall be placed out of the cold air stream, easily accessible for maintenance and operating level adjustment and able to close off a pressure up to 3.5 bar

5.2.2 Access

A large, hinged access door of 662 mm wide and 1168 mm tall shall be installed.

5.2.3 Strainer

A cleanable strainer with anti-vortexing hood that will prevent air entrainment, shall be installed in the cold water basin. The strainer shall be manufactured from galvanized steel that will be protected with an electro statically sprayed, fuse-bonded hybrid polymer. To prevent electro-galvanic corrosion, stainless steel strainers shall be only allowed in case the entire cold water basin is constructed from stainless steel.

5.2.4 Bleed line

A waste water bleed line with throttling valve shall be installed to prevent an excessive build-up of impurities in the recirculating water.

5.2.5 Internal walk way

An internal walk way shall be installed above the overflow level that will allow maintenance access to the cold water basin without the need to drain the entire basin.

5.3 Spray Water Pump(s)

The closed circuit cooling tower shall include an appropriate number of close-coupled, bronze-fitted centrifugal pump(s) and motor assemblies equipped with mechanical seal, mounted on the basin and piped from the suction connection to the water distribution system. The pump motor(s) shall be totally enclosed fan cooled (TEFC) suitable for 400 volts, 3 phase, and 50 hertz electrical service.



Engineering Specifications

5.4 Drift Eliminators

A set of plastic easily handled drift eliminators shall be Eurovent certified and will be placed between all wet components and the unit discharge to prevent the loss of spray water at the air discharge in the form of drift (small water droplets).

6 Accessories

6.1 Internal Full Surface Area Platform

An internal full surface platform, according to EN ISO 14122, shall be installed to allow two persons including tools for access to the inside of the upper part of the unit. It will give access to the fan, motor and drive as well as to the coil eliminators and the coil itself.

Cooling Towers / Aéroréfrigérants humides

Range Name / Nom de Gamme :
SERIES FXV-FXVS

Granted on December 14, 2015 – *Date 1ère admission 14 décembre 2015*

This document is valid at the date of issue – Check the current validity on:
Document valable à la date d'émission – Vérifier la validité en cours sur :
www.eurovent-certification.com

Participant/Titulaire

BALTIMORE AIRCOIL International n.v.
Industriepark – Zone A
B-2220 Heist-op-den-Berg, Belgium

This certificate is issued by Eurovent Certita Certification according to the certification rules:

ECP CT – « Cooling Towers » in force at established date.

Pursuant to the decision notified by Eurovent Certita Certification, the right to use the mark ECP shall be granted to the beneficiary company for the above Range in the conditions defined by the certification program mentioned.

Unless withdrawn or suspended, this certificate remains valid as long as the requirements for the certification program framework are met. The validity of the certificate is to be verified on www.eurovent-certification.com

THIS CERTIFICATE HAS BEEN ISSUED ON 23/09/2020
THIS CERTIFICATE IS VALID UNTIL 31/03/2021

Ce certificat est délivré par Eurovent Certita Certification dans les conditions fixées par le référentiel :

ECP CT – « Aéroréfrigérants humides » en vigueur à date d'édition.

En vertu de la décision notifiée par Eurovent Certita Certification, le droit d'usage de la marque ECP, est accordé à la société qui en est bénéficiaire pour la gamme visée ci-dessus, dans les conditions définies par le programme de certification mentionné.

Sauf retrait ou suspension, ce certificat demeure valide tant que les conditions du référentiel du programme de certification sont respectées. La validité du certificat est à vérifier sur le site Internet www.eurovent-certification.com

**CE CERTIFICAT A ÉTÉ EMIS LE 23/09/2020
CE CERTIFICAT EST VALIDE JUSQU'AU 31/03/2021**

Paris, 23 septembre 2020

MANAGING BOARD MEMBER / MEMBRE DIRECTOIRE



Organisme accrédité n° 5-0517
Certification Produits et Services selon la
norme NF EN ISO/CEI 17065:2012
Portée disponible sur www.cofrac.fr

Accreditation #5-0517 Products and
Services Certification according to NF EN
ISO/CEI 17065:2012 –
Scope available on www.cofrac.fr

COFRAC est signataire des accords MLA
d'EA et MLA d'IAF,
COFRAC is signatory of EA MLA and IAF
MLA,
list of EA members is available on
www.european-accreditation.org/ea-members
list of IAF members is available on
www.iaf.nu/articles/IAF_MEMBERS_SIGNATORIES/4

Appendix / Annexe

Granted on December 14, 2015 – *Date 1ère admission 14 décembre 2015*

This document is valid at the date of issue – Check the current validity on:

Document valable à la date d'émission – Vérifier la validité en cours sur :

www.eurovent-certification.com

List of certified products and characteristics is displayed on:

La liste des références et caractéristiques certifiées est disponible sur le site :

www.eurovent-certification.com

This certificate is valid for the following trade names:

Ce certificat est valide pour les marques commerciales suivantes:

Trade Name / Marque Commerciale

Baltimore

This certificate is valid for the following manufacturing places:

Ce certificat est valide pour les sites de production suivants:

Manufacturing Place / Site de Production

Heist Op Den Berg, Belgium

CHIURO (SONDRIO), Italy

This certificate is valid for the following software:

Ce certificat est valide pour les logiciels de sélection suivants:

Software / Logiciel de sélection

S2Q ver 3.6.9 [06-04-2020]

Anexo 24 –Dimensionamento do Sistema de Trigeração e Rendimentos dos vários Sistemas

P400 -3	
Caudal dos Gases de Exaustão por gerador (prime: 100% de carga) [m³/min]	56,60
Temperatura Inicial dos Gases de Exaustão [°C]	573,00
Temperatura Inicial dos Gases de Exaustão [K]	846,15
Calor espeífico dos gases de exaustão [kJ/kg.K]	1,206
Densidade (ρ) [kg/m³]	0,419

Temperatura [°C]	Cp [kJ/kg.K]	ρ [kg/m³]
500	1,185	0,457
573	1,206	0,419
600	1,214	0,405
Referência: https://www.pipeflowcalculations.com/tables/flue-gas.shtml		

FUEL- Class A2 Diesel	
Densidade [kg/l] [53]	Poder Calorifico [kWh/kg] [53]
0,846	11,83

Permutador entre a água a alta temperatura e a água do depósito	Rendimento
	0,865

OBJETIVO: REDUÇÃO entre 5% e 10 % no CONSUMO DIÁRIO DE FUEL

1 de Janeiro

	Partial Storage	Full Storage
Consumo Diário de Fuel (INICIAL) [l]	4507,83	4507,67
Consumo Diário de Fuel (FINAL) [l]	4230,86	4230,86
% de diminuição de consumo de fuel através da trigeriação	6,14	6,14

	Água da Rede		Água de Refrigeração do Motor
Ti [°C]	28	Ti [°C]	90
Tf [°C]	80	Tf [°C]	80
cp [kJ/kg.K] [28°C]	4,176	cp [kJ/kg.K] [90 °C]	4,208
cp [kJ/kg.K] [80 °C]	4,195	cp [kJ/kg.K] [80 °C]	4,195
cp médio [kJ/kg.K]	4,185	cp médio [kJ/kg.K]	4,202

	Gases de Exaustão
Ti [°C]	573
Tf [°C]	180
cp [kJ/kg.K] [573 °C]	1,206
cp [kJ/kg.K] [180 °C]	1,091
cp médio [kJ/kg.K]	1,149

Caudal dos Gases de Exaustão por gerador (prime: 100% de carga) [kg/s]	0,3953

1 de Janeiro

BC a não operar mas chiller a operar

Sist. Final

Horas	Necessidades de Potência de Aquecimento [kW]	Pot. passível de ser recuperada no(s) Chiller(s) (chiller a 100%) [kW]	Capacidade da(s) Bomba(s) de Calor (BC selecionada) [kW] (BC a 100%)	Pot. que irá ser dissipada para a atmosfera (Atráves da Torre de Arrefecimento) [kW]	Pot. que pode ser transmitida para a água da rede (para depois ir para o depósito) [kW]	Potência Elétrica da(s) BC(s) a 100% (chiller a 100%) [kW]
1	173,91	1386,60	392,00	1386,60	339,08	0,00
2	173,91	1386,60	392,00	1386,60	339,08	0,00
3	173,91	1386,60	392,00	1386,60	339,08	0,00
4	173,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	173,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	173,91	693,30	196,00	693,30	169,54	0,00
7	173,91	693,30	196,00	693,30	169,54	0,00
8	173,91	693,30	196,00	693,30	169,54	0,00
9	173,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	177,54	686,70	196,00	686,70	169,54	0,00
11	179,35	680,10	196,00	680,10	169,54	0,00
12	197,46	676,80	196,00	676,80	169,54	0,00
13	199,64	673,50	196,00	673,50	169,54	0,00
14	201,09	670,20	196,00	670,20	169,54	0,00
15	202,90	670,20	196,00	670,20	169,54	0,00
16	204,71	1340,40	392,00	1340,40	339,08	0,00
17	201,09	670,20	196,00	670,20	169,54	0,00
18	199,64	680,10	196,00	680,10	169,54	0,00
19	199,64	683,40	196,00	683,40	169,54	0,00
20	197,46	686,70	196,00	686,70	169,54	0,00
21	197,46	686,70	196,00	686,70	169,54	0,00
22	197,46	686,70	196,00	686,70	169,54	0,00
23	197,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24	175,72	693,30	196,00	693,30	169,54	0,00
	Consumo Diário de Energia de Aquecimento [kWh]	Energia Diária Passível de ser recuperada nos Chillers [kWh]	Energia de Aquec. Diária obtida através da(s) BC(s) [kWh]	Energia Diária dissipada pela Torre de Arref do(s) Chiller(s) [kWh]	Energia Diária de Aquec. que poderá ser transmitida à água da rede [kWh]	Energia Elétrica Diária Consumida pela(s) BC(s) [kWh]
	4493,84	16424,70	4704,00	16424,70	4068,96	0,00
	Energia de Aquec. Diária Produzida pela(s) BC(s) [kWh]				0,00	
	Energia Diária aproveitada no Sist. de Refrigeração do Motor [kWh]				4493,84	

1 de Janeiro

Sist. Final

Necessidades de Potência de Arrefecimento [kW]	Capacidade do(s) Chiller(s) (100%) [kW]	Potência Elétrica do(s) Chiller(s) (100%) [kW]	Necesidades de Potência Elétrica (S/Chillers e BCs) [kW]	Necessidades de Potência Elétrica Total (C/CHILLERS E BCs) [kW]
469,57	1098,40	288,20	478,26	766,46
443,48	1098,40	288,20	473,91	762,11
443,48	1098,40	288,20	473,91	762,11
423,91	549,20	0,00	473,91	473,91
423,91	549,20	0,00	473,91	473,91
423,91	549,20	144,10	473,91	618,01
430,43	549,20	144,10	478,26	622,36
430,43	549,20	144,10	486,96	631,06
495,65	543,30	0,00	495,65	495,65
521,74	537,40	149,30	486,96	636,26
560,87	525,60	154,50	495,65	650,15
704,35	519,70	157,10	526,09	683,19
691,30	513,80	159,70	526,09	685,79
665,22	507,90	162,30	526,09	688,39
704,35	507,90	162,30	526,09	688,39
750,00	1015,80	324,60	526,09	850,69
854,35	507,90	162,30	543,48	705,78
795,65	525,60	154,50	556,52	711,02
717,39	531,50	151,90	552,17	704,07
665,22	537,40	149,30	547,83	697,13
606,52	537,40	149,30	543,48	692,78
600,00	537,40	149,30	543,48	692,78
593,48	537,40	0,00	543,48	543,48
456,52	549,20	144,10	497,83	641,93
Consumo Diário de Energia de Arrefecimento [kWh]	Energia de Arref. Diária produzida pelo(s) Chiller(s) [kWh]	Energia Diária Consumida pelo(s) Chiller(s) [kWh]	Consumo Diário de Energia Elétrica (S/Chillers e BCs) [kWh]	Consumo Diário de Energia Elétrica (C/Chillers e BCs) [kWh]
13871,74	14976,40	3627,40	12250,00	15877,40
	12797,30	Energia de Arref. Diária Produzida pelo(s) Chiller(s) [kWh]		
	2179,10	Energia Diária produzida pelo Chiller de Absorção [kWh]		

1 de Janeiro

Sist. Final

Capacidade dos gerad. a diesel (100%) [kW]	Consumo de fuel (100%) [l/h]	Potência Elétrica desperdiçada (100%) [kW]	Potência armazenada [kW] (88 % de eficiência)	Potência do fuel utilizado [kW]
840,00	206,76	73,54	73,54	2069,33
840,00	206,76	77,89	142,60	2069,33
840,00	206,76	77,89	203,38	2069,33
840,00	206,76	366,09	545,06	2069,33
280,00	68,92	-193,91	285,74	689,78
560,00	137,84	-58,01	193,44	1379,55
840,00	206,76	217,64	387,86	2069,33
560,00	137,84	-71,06	270,26	1379,55
840,00	207,25	344,35	582,18	2074,15
280,00	69,24	-356,26	156,06	692,99
560,00	139,13	-90,15	47,18	1392,41
840,00	209,17	156,81	198,33	2093,44
560,00	139,77	-125,79	48,75	1398,84
840,00	210,14	151,61	194,51	2103,09
840,00	210,14	151,61	322,78	2103,09
840,00	210,14	-10,69	273,36	2103,09
840,00	210,14	134,22	374,78	2103,09
560,00	139,13	-151,02	178,78	1392,41
1120,00	277,61	415,93	573,26	2778,39
1120,00	276,97	422,87	927,34	2771,96
840,00	207,73	147,22	963,28	2078,97
560,00	138,48	-132,78	714,91	1385,98
560,00	138,48	16,52	645,64	1385,98
280,00	68,92	-361,93	206,24	689,78
Energia Elétrica Diária Produzida pelos Geradores a Diesel [kWh]	Consumo Diário de fuel [l]			Consumo Diário de fuel [kWh]
17080,00	4230,86			42343,19

1 de Janeiro

Calor rejeitado para o sistema de arrefecimento por Motor [kW]		113,5	Sist. Final	
Potência que pode ser aproveitada dos circuitos de refrigeração dos Geradores a Diesel [kW]	Potência Disponível (Eficiência calculada do permutador - 83,87 %) [kW]	Potência realmente aproveitada - Satisfação de todas as necessidades de AQS [kW]	Caudal que passa pelo lado da água da rede por permutador (utilização de 4 permutadores) [28 °C → 80 °C] [kg/s]	Caudal que passa pelo lado do circuito de refrigeração por permutador (utilização de 4 permutadores) [90 °C → 80 °C] [kg/s]
340,50	285,58	283,91	0,43	2,25
340,50	285,58	283,91	0,43	2,25
340,50	285,58	183,91	0,28	1,46
340,50	285,58	183,91	0,28	1,46
113,50	95,19	73,91	0,34	1,76
227,00	190,38	173,91	0,40	2,07
340,50	285,58	263,91	0,40	2,09
227,00	190,38	173,91	0,40	2,07
340,50	285,58	173,91	0,27	1,38
113,50	95,19	77,54	0,36	1,85
227,00	190,38	179,35	0,41	2,13
340,50	285,58	197,46	0,30	1,57
227,00	190,38	189,64	0,44	2,26
340,50	285,58	201,09	0,31	1,60
340,50	285,58	202,90	0,31	1,61
340,50	285,58	204,71	0,31	1,62
340,50	285,58	201,09	0,31	1,60
227,00	190,38	189,64	0,44	2,26
454,00	380,77	199,64	0,23	1,19
454,00	380,77	197,46	0,23	1,17
340,50	285,58	197,46	0,30	1,57
227,00	190,38	187,46	0,43	2,23
227,00	190,38	187,46	0,43	2,23
113,50	95,19	85,72	0,39	2,04
Energia Diária passível de ser aproveitada nos circuitos de refrigeração dos motores [kWh]	Energia Diária disponível nos circuitos de refrigeração dos motores (inclui Permutador) [kWh]	Energia Diária Aproveitada dos circuitos de refrigeração dos motores [kWh]	Número de permutadores a utilizar	
			4	
6923,50	5806,74	4493,84	transferência de calor para outras horas) devido ao calor disponível	

1 de Janeiro

Os GE só vão ser usados para acionar o chiller de Absorção

Sist. Final		eficiência 79,72%		
Potência dos Gases de Exaustão [kW] (TEÓRICA)	Potência DISPONIVEL para passar para a ÁGUA que aciona o Chiller de Absorção [kW]	Potência necessária de ser produzida para diminuir o consumo de fuel [kW]	Nº de Geradores utilizados	Caudal disponível dos gases de exaustão [kg/s]
620,80	491,80	0	3	1,19
620,80	491,80	0	3	1,19
620,80	491,80	0	3	1,19
620,80	491,80	549,2	3	1,19
206,93	163,93	549,2	1	0,40
413,87	327,86	0	2	0,79
620,80	491,80	0	3	1,19
413,87	327,86	0	2	0,79
622,25	497,80	543,3	3	1,19
207,90	164,70	0	1	0,40
417,72	330,92	0	2	0,79
628,03	497,53	0	3	1,19
419,65	332,45	0	2	0,79
630,93	499,82	0	3	1,19
630,93	499,82	0	3	1,19
630,93	499,82	0	3	1,19
630,93	499,82	0	3	1,19
417,72	330,92	0	2	0,79
833,52	660,31	0	4	1,58
831,59	658,79	0	4	1,58
623,69	494,09	0	3	1,19
415,79	329,39	0	2	0,79
415,79	329,39	537,4	2	0,79
206,93	163,93	0	1	0,40
Energia Diária Teórica dos Gases de Exaustão [kWh]	Energia Diária Disponível dos Gases de Exaustão [kWh]	Energia Diária a Produzir para Diminuir o consumo de fuel [kWh]		
12702,96	10068,14	2179,10		

1 de Janeiro

Sist. Final

Caudal disponível dos gases de exaustão para utilizar no aquecimento de água quente para o Chiller de Absorção [kg/s]	Potência Necessária de produzir para cumprir as necessidades de ARREFECIMENTO [kW]	Potência disponível [kW] - Para utilizar no Chiller de Absorção	Horas
1,19	0	491,80	1
1,19	0	491,80	2
1,19	0	491,80	3
1,19	549,2	491,80	4
0,40	549,2	163,93	5
0,79	0	327,86	6
1,19	0	491,80	7
0,79	0	327,86	8
1,19	543,3	497,80	9
0,40	0	164,70	10
0,79	0	330,92	11
1,19	0	497,53	12
0,79	0	332,45	13
1,19	0	499,82	14
1,19	0	499,82	15
1,19	0	499,82	16
1,19	0	499,82	17
0,79	0	330,92	18
1,58	0	660,31	19
1,58	0	658,79	20
1,19	0	494,09	21
0,79	0	329,39	22
0,79	537,4	329,39	23
0,40	0	163,93	24
Energia Diária a Produzir para Diminuir o consumo de fuel [kWh]		Energia Diária Disponível dos Gases de Exaustão [kWh]	
2179,10		10068,14	

1 de Janeiro

CHILLER DE ABSORÇÃO

Chiller utilizado:

Modelo do Chiller [kW]	Potência Elétrica [kW]	Potência Aparente [kVA]	Heat Input [kW]	COP	Marca
264	4,32	5,4	339	0,78	Carrier

Horas	Potência Necessária de produzir para cumprir as necessidades de ARREFECIMENTO [kW]	Potência disponível [kW] - Para utilizar no Chiller de Absorção	Quantidade de Potência Disponível utilizada pelo Chiller de Absorção [kW] (Qg)	Soma da Potência disponível em cada hora [kW]
1	0	491,80	339	152,80
2	0	491,80	339	305,59
3	0	491,80	339	458,39
4	549,2	491,80	339	611,19
5	549,2	163,93		775,12
6	0	327,86		1102,98
7	0	491,80	339	1255,78
8	0	327,86		1583,64
9	543,3	497,80	339	1742,44
10	0	164,70		1907,14
11	0	330,92		2238,06
12	0	497,53	339	2396,58
13	0	332,45		2729,03
14	0	499,82	339	2889,85
15	0	499,82	339	3050,67
16	0	499,82	339	3211,49
17	0	499,82	339	3372,31
18	0	330,92		3703,23
19	0	660,31	339	4024,54
20	0	658,79	339	4344,33
21	0	494,09	339	4499,42
22	0	329,39		4828,81
23	537,4	329,39		5158,20
24	0	163,93		5322,14

Energia Diária de Arrefecimento Necessária de Produzir [kWh]	Energia Diária Disponível para o Chiller de Absorção [kWh]	Energia Diária utilizada pelo Chiller de Absorção [kWh]
2179,1	10068,14	4746,00

1 de Janeiro

CHILLER DE ABSORÇÃO

Qg - Calor fornecido ao Gerador

Qe - Calor trocado no Evaporador

Qc - Calor retirado do Condensador

Qa - Calor que sai do Absorvedor

Capacidade do Chiller de Absorção (100 % de carga) [kW] - CARRIER (Qe)	Potência Elétrica do Chiller 264 kW [kW]	Balanço Energético - $Qg+Qe=Qc+Qa$ - Potência que será removida pela Torre de Arrefecimento ($Qc+Qa$)
264,00	4,32	603,00
264,00	4,32	603,00
264,00	4,32	603,00
264,00	4,32	603,00
0,00	0	0,00
0,00	0	0,00
264,00	4,32	603,00
0,00	0	0,00
264,00	4,32	603,00
0,00	0	0,00
0,00	0	0,00
264,00	4,32	603,00
0,00	0	0,00
264,00	4,32	603,00
264,00	4,32	603,00
264,00	4,32	603,00
264,00	4,32	603,00
0,00	0	0,00
264,00	4,32	603,00
264,00	4,32	603,00
264,00	4,32	603,00
0,00	0	0,00
0,00	0	0,00
0,00	0	0,00

Energia de Arrefecimento produzida Diariamente pelo Chiller de Absorção [kWh]	Energia Elétrica Diária Consumida pelo Chiller de Absorção [kWh]	Energia Diária removida pela Torre de Arrefecimento do Chiller de Absorção [kWh]
3696,00	60,48	8442,00

1 de Janeiro

Horas	Necessidades de Potência de Aquec. [kW]	Pot. produzida pela(s) BC(s) [kW]	Pot. Aproveitada nos Circuitos de Refrigeração do Motor [kW]	Pot. Aproveitada nos GE [kW]	Pot. que é armazenada nos depósitos de AQS [kW]	Caudal armazenado [l/h]
1	173,91	0,00	283,91	0,00	110,00	1819,51
2	173,91	0,00	283,91	0,00	220,00	3639,02
3	173,91	0,00	183,91	0,00	230,00	3804,43
4	173,91	0,00	183,91	0,00	240,00	3969,84
5	173,91	0,00	73,91	0,00	140,00	2315,74
6	173,91	0,00	173,91	0,00	140,00	2315,74
7	173,91	0,00	263,91	0,00	230,00	3804,43
8	173,91	0,00	173,91	0,00	230,00	3804,43
9	173,91	0,00	173,91	0,00	230,00	3804,43
10	177,54	0,00	77,54	0,00	130,00	2150,33
11	179,35	0,00	179,35	0,00	130,00	2150,33
12	197,46	0,00	197,46	0,00	130,00	2150,33
13	199,64	0,00	189,64	0,00	120,00	1984,92
14	201,09	0,00	201,09	0,00	120,00	1984,92
15	202,90	0,00	202,90	0,00	120,00	1984,92
16	204,71	0,00	204,71	0,00	120,00	1984,92
17	201,09	0,00	201,09	0,00	120,00	1984,92
18	199,64	0,00	189,64	0,00	110,00	1819,51
19	199,64	0,00	199,64	0,00	110,00	1819,51
20	197,46	0,00	197,46	0,00	110,00	1819,51
21	197,46	0,00	197,46	0,00	110,00	1819,51
22	197,46	0,00	187,46	0,00	100,00	1654,10
23	197,46	0,00	187,46	0,00	90,00	1488,69
24	175,72	0,00	85,72	0,00	0,00	0,00
Consumo Diário de Energia de Aquecimento [kWh]		Energia de Aquec. obtida Diariamente através da(s) BC(s) [kWh]	Energia de Aquec. obtida Diariamente através dos Circuitos de Refrigeração do Motor [kWh]	Energia de Aquec. obtida Diariamente através dos GE do Motor [kWh]	Agua do Estreito de Singapura - Para as necessidades de AQUECIMENTO	
					Ti [°C]	28
4493,84		0,00	4493,84	0,00	Objetivo: Tf [°C]	80
		4493,84			cp [kJ/kg.K] [28°C]	4,1758
					cp [kJ/kg.K] [60 °C]	4,195
					cp médio [kJ/kg.K]	4,185

1 de Janeiro

Horas	Necessidade s de Potência de Arrefecime nto [kW]	Capacidade do(s) Chiller(s) de Compressão a Vapor [kW]	Capacidade do Chiller de Absorção [kW]	Potência de Arrefecimento que vai para o Tanque de Água Fria (eficiência do TES de 90 %)[kW]
1	469,57	1098,40	264,00	892,83
2	443,48	1098,40	264,00	1722,47
3	443,48	1098,40	264,00	2469,15
4	423,91	0,00	264,00	2062,32
5	423,91	0,00	0,00	1432,17
6	423,91	549,20	0,00	1414,24
7	430,43	549,20	264,00	1655,58
8	430,43	549,20	0,00	1608,79
9	495,65	0,00	264,00	1216,26
10	521,74	537,40	0,00	1110,30
11	560,87	525,60	0,00	964,00
12	704,35	519,70	264,00	946,95
13	691,30	513,80	0,00	674,75
14	665,22	507,90	264,00	713,96
15	704,35	507,90	264,00	710,11
16	750,00	1015,80	264,00	1168,90
17	854,35	507,90	264,00	969,56
18	795,65	525,60	0,00	602,56
19	717,39	531,50	264,00	620,41
20	665,22	537,40	264,00	694,55
21	606,52	537,40	264,00	819,97
22	600,00	537,40	0,00	675,38
23	593,48	0,00	0,00	14,36
24	456,52	549,20	0,00	105,60
	Consumo Diário de Energia de Arrefecime nto [kWh]	Energia de Arref. obtida Diariamente através do(s) Chiller(s) de Compressão a Vapor [kWh]	Energia de Arref. obtida Diariamente através do Chiller de Absorção[kWh]	
	13871,74	12797,30	3696,00	
		16493,30		

1 de Janeiro

Caudal disponível dos gases de exaustão [kg/s] (ANTES DE USAR O CHILLER DE ABSORÇÃO)	Quantidade de Potência Disponível utilizada pelo Chiller de Absorção [kW]	Caudal de gases de exaustão necessário [kg/s]	Caudal de gases de exaustão não aproveitado [kg/s]	Caudal da água do circuito de água quente que satisfaz as necessidades de arrefecimento [80 °C → 90 °C] [kg/s]
1,19	339	0,75	0,43	8,07
1,19	339	0,75	0,43	8,07
1,19	339	0,75	0,43	8,07
1,19	339	0,75	0,43	8,07
0,40	0	0,00	0,40	0,00
0,79	0	0,00	0,79	0,00
1,19	339	0,75	0,43	8,07
0,79	0	0,00	0,79	0,00
1,19	339	0,75	0,43	8,07
0,40	0	0,00	0,40	0,00
0,79	0	0,00	0,79	0,00
1,19	339	0,75	0,43	8,07
0,79	0	0,00	0,79	0,00
1,19	339	0,75	0,43	8,07
1,19	339	0,75	0,43	8,07
1,19	339	0,75	0,43	8,07
1,19	339	0,75	0,43	8,07
0,79	0	0,00	0,79	0,00
1,58	339	0,75	0,83	8,07
1,58	339	0,75	0,83	8,07
1,19	339	0,75	0,43	8,07
0,79	0	0,00	0,79	0,00
0,79	0	0,00	0,79	0,00
0,40	0	0,00	0,40	0,00

Gases de Exaustão para o aquecimento da Água do circuit de 80 °C até 90 °C	
Ti [°C]	573
Tf [°C]	180
cp [kJ/kg.K] [573 °C]	1,206
cp [kJ/kg.K] [180 °C]	1,0912
cp médio [kJ/kg.K]	1,149

1 de Janeiro

Sistema Trigeração

Energia Térm. Diária Produzida [kWh]	Energia Elét. Diária Produzida [kWh]	Consumo Diário de Combustível [kWh]	Rendimento Térmico [%]	Rendimento Elétrico [%]
20987,14	17080,00	42343,19	49,56	40,34

Sistema Parcial

Energia Térm. Diária Produzida [kWh]	Energia Elét. Diária Produzida [kWh]	Consumo Diário de Combustível [kWh]	Rendimento Térmico [%]	Rendimento Elétrico [%]
20593,38	18200,00	45115,15	45,65	40,34

Sistema Total

Energia Térm. Diária Produzida [kWh]	Energia Elét. Diária Produzida [kWh]	Consumo Diário de Combustível [kWh]	Rendimento Térmico [%]	Rendimento Elétrico [%]
21313,96	18200,00	45113,55	47,25	40,34

OBJETIVO: REDUÇÃO entre 5% e 10 % no CONSUMO DE FUEL POR DIA

1 de Maio

	Partial Storage	Full Storage
Consumo de fuel por dia (INICIAL) [l]	4514,57	4515,22
Consumo de fuel por dia (FINAL) [l]	4167,56	4167,56
% de diminuição de consumo de fuel através da trigeriação	7,69	7,70

	Água da Rede		Água de Refrigeração do Motor
Ti [°C]	28	Ti [°C]	90
Tf [°C]	80	Tf [°C]	80
cp [kJ/kg.K] [28°C]	4,1758	cp [kJ/kg.K] [90 °C]	4,208
cp [kJ/kg.K] [80 °C]	4,195	cp [kJ/kg.K] [80 °C]	4,195
cp médio [kJ/kg.K]	4,1854	cp médio [kJ/kg.K]	4,2015

	Gases de Exaustão
Ti [°C]	573
Tf [°C]	180
cp [kJ/kg.K] [573 °C]	1,206
cp [kJ/kg.K] [180 °C]	1,0912
cp médio [kJ/kg.K]	1,149

Caudal dos Gases de Exaustão por gerador (prime: 100% de carga) [kg/s]	0,3953

1 de Maio

BC a não operar mas chiller a operar					Sist. Final	
Horas	Necessidades de Potência de Aquecimento [kW]	Pot. passível de ser recuperada no(s) Chiller(s) (chiller a 100%) [kW]	Capacidade da(s) Bomba(s) de Calor (BC selecionada) [kW] (BC a 100%)	Pot. que irá ser dissipada para a atmosfera (Atráves da Torre de Arrefecimento) [kW]	Pot. que pode ser transmitida para a água da rede (para depois ir para o depósito) [kW]	Potência Elétrica da(s) BC(s) a 100% (chiller a 100%) [kW]
1	173,91	1325,16	392,00	1325,16	339,08	0,00
2	173,91	1086,60	274,40	1086,60	237,36	0,00
3	173,91	1092,10	274,40	1092,10	237,36	0,00
4	173,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	173,91	1092,10	274,40	1092,10	237,36	0,00
6	173,91	1092,10	274,40	1092,10	237,36	0,00
7	173,91	1092,10	274,40	1092,10	237,36	0,00
8	173,91	546,05	137,20	546,05	118,68	0,00
9	173,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	177,54	1075,60	274,40	1075,60	237,36	0,00
11	179,35	1070,10	274,40	1070,10	237,36	0,00
12	197,46	1064,60	274,40	1064,60	237,36	0,00
13	199,64	1070,10	274,40	1070,10	237,36	0,00
14	201,09	1070,10	274,40	1070,10	237,36	0,00
15	202,90	1064,60	274,40	1064,60	237,36	0,00
16	204,71	535,05	137,20	535,05	118,68	0,00
17	201,09	535,05	137,20	535,05	118,68	0,00
18	199,64	1070,10	274,40	1070,10	237,36	0,00
19	199,64	1070,10	274,40	1070,10	237,36	0,00
20	197,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	197,46	1075,60	274,40	1075,60	237,36	0,00
22	197,46	1081,10	274,40	1081,10	237,36	0,00
23	197,46	540,55	137,20	540,55	118,68	0,00
24	175,72	1086,60	274,40	1086,60	237,36	0,00
					Energia Diária de Aquec. que poderá ser transmitida à água da rede [kWh]	Energia Elétrica Diária Consumida pela(s) BC(s) [kWh]
					4493,84	0,00
					Energia de Aquec. Diária Produzida pela(s) BC(s) [kWh]	
					0,00	
					Energia Diária aproveitada no Sist. de Refrigeração do Motor [kWh]	
					4493,84	

1 de Maio

Sist. Final

Necessidades de Potência de Arrefecimento [kW]	Capacidade do(s) Chiller(s) (100%) [kW]	Potência Elétrica do(s) Chiller(s) (100%) [kW]	Necesidades de Potência Elétrica (S/Chillers e BCs) [kW]	Necessidades de Potência Elétrica Total (C/CHILLERS E BCs) [kW]
469,57	1098,40	226,76	478,26	705,02
521,09	859,84	226,76	445,48	672,24
521,09	869,28	222,82	445,48	668,30
498,10	869,28	0,00	445,48	445,48
498,10	869,28	222,82	445,48	668,30
498,10	869,28	222,82	445,48	668,30
505,76	869,28	222,82	449,57	672,39
505,76	434,64	111,41	457,74	569,15
582,39	859,84	0,00	465,91	465,91
613,04	840,96	234,64	457,74	692,38
659,02	831,52	238,58	465,91	704,49
827,61	822,08	242,52	494,52	737,04
812,28	831,52	238,58	494,52	733,10
781,63	831,52	238,58	494,52	733,10
827,61	822,08	242,52	494,52	737,04
881,25	415,76	119,29	494,52	613,81
1003,86	415,76	119,29	510,87	630,16
934,89	831,52	238,58	523,13	761,71
842,93	831,52	238,58	519,04	757,62
781,63	840,96	0,00	514,96	514,96
712,66	840,96	234,64	510,87	745,51
705,00	850,40	230,70	510,87	741,57
697,34	425,20	115,35	510,87	626,22
536,41	859,84	226,76	467,96	694,72
Consumo Diário de Energia de Arrefecimento [kWh]	Energia de Arref. Diária produzida pelo(s) Chiller(s) [kWh]	Energia Diária Consumida pelo(s) Chiller(s) [kWh]	Consumo Diário de Energia Elétrica (S/Chillers e BCs) [kWh]	Consumo Diário de Energia Elétrica (C/Chillers e BCs) [kWh]
16217,12	18890,72	4414,82	11543,70	15958,52
	16320,64	Energia de Arref. Diária Produzida pelo(s) Chiller(s) [kWh]		
	2570,08	Energia Diária produzida pelo Chiller de Absorção [kWh]		

1 de Maio

Sist. Final

Capacidade dos gerad. a diesel (100%) [kW]	Consumo de fuel (100%) [l/h]	Potência Elétrica desperdiçada (100%) [kW]	Potência armazenada [kW] (88 % de eficiência)	Potência do fuel utilizado [kW]
840,00	207,73	134,98	134,98	2078,97
840,00	207,73	167,76	286,54	2078,97
560,00	138,16	-108,30	143,86	1382,77
840,00	207,25	394,52	521,12	2074,15
280,00	69,08	-388,30	70,29	691,38
840,00	207,25	171,70	233,55	2074,15
560,00	138,16	-112,39	93,14	1382,77
560,00	138,16	-9,15	72,82	1382,77
1120,00	276,97	654,09	718,16	2771,96
840,00	208,69	147,62	779,61	2088,62
280,00	69,72	-424,49	261,56	697,81
840,00	209,65	102,96	333,13	2098,26
560,00	139,45	-173,10	120,05	1395,63
840,00	209,17	106,90	212,55	2093,44
840,00	209,65	102,96	290,00	2098,26
560,00	139,45	-53,81	201,39	1395,63
560,00	139,45	-70,16	107,06	1395,63
840,00	209,17	78,29	172,50	2093,44
840,00	209,17	82,38	234,18	2093,44
1120,00	278,25	605,04	811,12	2784,82
560,00	139,13	-185,51	528,28	1392,41
560,00	138,81	-181,57	283,31	1389,20
560,00	138,81	-66,22	183,10	1389,20
560,00	138,48	-134,72	26,41	1385,98
Energia Elétrica Diária Produzida pelos Geradores a Diesel [kWh]	Consumo Diário de fuel [l]			Consumo Diário de fuel [kWh]
16800,00	4167,56			41709,67

1 de Maio

Calor rejeitado para o sistema de arrefecimento por Motor [kW]

113,5

Sist. Final

Potência que pode ser aproveitada dos circuitos de refrigeração dos Geradores a Diesel [kW]	Potência Disponível (Eficiência calculada do permutador - 83,87 %) [kW]	Potência realmente aproveitada - Satisfação de todas as necessidades de AQS [kW]	Caudal que passa pelo lado da água da rede por permutador (utilização de 4 permutadores) [28 °C → 80 °C] [kg/s]	Caudal que passa pelo lado do circuito de refrigeração por permutador (utilização de 4 permutadores) [90 °C → 80 °C] [kg/s]
340,50	285,58	283,91	0,43	2,25
340,50	285,58	193,91	0,30	1,54
227,00	190,38	173,91	0,40	2,07
340,50	285,58	188,91	0,29	1,50
113,50	95,19	73,91	0,34	1,76
340,50	285,58	183,91	0,28	1,46
227,00	190,38	173,91	0,40	2,07
227,00	190,38	173,91	0,40	2,07
454,00	380,77	283,91	0,33	1,69
340,50	285,58	187,54	0,29	1,49
113,50	95,19	79,35	0,36	1,89
340,50	285,58	197,46	0,30	1,57
227,00	190,38	189,64	0,44	2,26
340,50	285,58	201,09	0,31	1,60
340,50	285,58	202,90	0,31	1,61
227,00	190,38	184,71	0,42	2,20
227,00	190,38	186,09	0,43	2,21
340,50	285,58	199,64	0,31	1,58
340,50	285,58	199,64	0,31	1,58
454,00	380,77	197,46	0,23	1,17
227,00	190,38	187,46	0,43	2,23
227,00	190,38	187,46	0,43	2,23
227,00	190,38	187,46	0,43	2,23
227,00	190,38	175,72	0,40	2,09
Energia Diária passível de ser aproveitada nos circuitos de refrigeração dos motores [kWh]	Energia Diária disponível nos circuitos de refrigeração dos motores (inclui Permutador) [kWh]	Energia Diária Aproveitada dos circuitos de refrigeração dos motores [kWh]	Número de permutadores a utilizar	
			4	
				transferência de calor para outras horas) devido ao calor disponível
6810,00	5711,55	4493,84		

1 de Maio

Sist. Final		eficiência 79,72%	Os GE só vão ser usados para acionar o chiller de Absorção	
Potência dos Gases de Exaustão [kW] (TEÓRICA)	Potência DISPONIVEL para passar para a ÁGUA que aciona o Chiller de Absorção [kW]	Potência necessária de ser produzida para diminuir o consumo de fuel [kW]	Nº de Geradores utilizados	Caudal disponível dos gases de exaustão [kg/s]
623,69	494,09	0	3	1,19
623,69	494,09	0	3	1,19
414,83	328,63	0	2	0,79
622,25	492,94	869,28	3	1,19
207,42	164,31	0	1	0,40
622,25	492,94	0	3	1,19
414,83	328,63	0	2	0,79
414,83	328,63	0	2	0,79
831,59	665,27	859,84	4	1,58
626,59	496,38	0	3	1,19
209,34	165,84	0	1	0,40
629,48	498,67	0	3	1,19
418,69	331,68	0	2	0,79
628,03	497,53	0	3	1,19
629,48	498,67	0	3	1,19
418,69	331,68	0	2	0,79
418,69	331,68	0	2	0,79
628,03	497,53	0	3	1,19
628,03	497,53	0	3	1,19
835,45	661,84	840,96	4	1,58
417,72	330,92	0	2	0,79
416,76	330,16	0	2	0,79
416,76	330,16	0	2	0,79
415,79	329,39	0	2	0,79
Energia Diária Teórica dos Gases de Exaustão [kWh]	Energia Diária Disponível dos Gases de Exaustão [kWh]	Energia Diária a Produzir para Diminuir o consumo de fuel [kWh]		
12512,90	9919,21	2570,08		

1 de Maio

Sist. Final

Caudal disponível dos gases de exaustão para utilizar no aquecimento de água quente para o Chiller de Absorção [kg/s]	Potência Necessária de produzir para cumprir as necessidades de ARREFECIMENTO [kW]	Potência disponível [kW] - Para utilizar no Chiller de Absorção	Horas
1,19	0	494,09	1
1,19	0	494,09	2
0,79	0	328,63	3
1,19	869,28	492,94	4
0,40	0	164,31	5
1,19	0	492,94	6
0,79	0	328,63	7
0,79	0	328,63	8
1,58	859,84	665,27	9
1,19	0	496,38	10
0,40	0	165,84	11
1,19	0	498,67	12
0,79	0	331,68	13
1,19	0	497,53	14
1,19	0	498,67	15
0,79	0	331,68	16
0,79	0	331,68	17
1,19	0	497,53	18
1,19	0	497,53	19
1,58	840,96	661,84	20
0,79	0	330,92	21
0,79	0	330,16	22
0,79	0	330,16	23
0,79	0	329,39	24
Energia Diária a Produzir para Diminuir o consumo de fuel [kWh]		Energia Diária Disponível dos Gases de Exaustão [kWh]	
2570,08		9919,21	

1 de Maio

CHILLER DE ABSORÇÃO

Chiller utilizado:

Modelo do Chiller [kW]	Potência Elétrica [kW]	Potência Aparente [kVA]	Heat Input [kW]	COP	Marca
264	4,32	5,4	339	0,78	Carrier

Horas	Potência Necessária de produzir para cumprir as necessidades de ARREFECIMENTO [kW]	Potência disponível [kW] - Para utilizar no Chiller de Absorção	Quantidade de Potência Disponível utilizada pelo Chiller de Absorção [kW] (Qg)	Soma da Potência disponível em cada hora [kW]
1	0	494,09	339	155,09
2	0	494,09	339	310,18
3	0	328,63	0	638,81
4	869,28	492,94	339	792,75
5	0	164,31	0	957,06
6	0	492,94	339	1111,01
7	0	328,63	0	1439,63
8	0	328,63	0	1768,26
9	859,84	665,27	339	2094,53
10	0	496,38	339	2251,92
11	0	165,84	0	2417,76
12	0	498,67	339	2577,43
13	0	331,68	0	2909,12
14	0	497,53	339	3067,64
15	0	498,67	339	3227,32
16	0	331,68	0	3559,00
17	0	331,68	0	3890,69
18	0	497,53	339	4049,21
19	0	497,53	339	4207,74
20	840,96	661,84	339	4530,58
21	0	330,92	0	4861,50
22	0	330,16	0	5191,66
23	0	330,16	0	5521,82
24	0	329,39	0	5851,21

Energia Diária de Arrefecimento Necessária de Produzir [kWh]	Energia Diária Disponível a utilizar no Chiller de Absorção [kWh]	Energia Diária utilizada pelo Chiller de Absorção [kWh]
2570,08	9919,21	4068,00

1 de Maio

CHILLER DE ABSORÇÃO

Qg - Calor fornecido ao Gerador
Qe - Calor trocado no Evaporador
Qc - Calor retirado do Condensador
Qa - Calor que sai do Absorvedor

Potência de ARREFECIMENTO produzida pelo Chiller de capacidade de 264 kW de COP=0,78 (100 % de carga) [kW] - CARRIER (Qe)	Potência Elétrica do Chiller 264 kW [kW]	Balanço Energético - Qg+Qe=Qc+Qa - Potência que será removida pela Torre de Arrefecimento (Qc+Qa)
264,00	4,32	603,00
264,00	4,32	603,00
0,00	0	0,00
264,00	4,32	603,00
0,00	0	0,00
264,00	4,32	603,00
0,00	0	0,00
0,00	0	0,00
264,00	4,32	603,00
264,00	4,32	603,00
0,00	0	0,00
264,00	4,32	603,00
0,00	0	0,00
264,00	4,32	603,00
264,00	4,32	603,00
0,00	0	0,00
0,00	0	0,00
264,00	4,32	603,00
264,00	4,32	603,00
264,00	4,32	603,00
0,00	0	0,00
0,00	0	0,00
0,00	0	0,00
0,00	0	0,00

Energia de Arrefecimento produzida Diariamente pelo Chiller de Absorção [kWh]	Energia Elétrica Diária Consumida pelo Chiller de Absorção [kWh]	Energia Diária removida pela Torre de Arrefecimento do Chiller de Absorção [kWh]
3168,00	51,84	7236,00

1 de Maio

Horas	Necessidades de Potência de Aquec. [kW]	Pot. produzida pela(s) BC(s) [kW]	Pot. Aproveitada nos Circuitos de Refrigeração do Motor [kW]	Pot. Aproveitada nos GE [kW]	Pot. que é armazenada nos depósitos de AQS [kW]	Caudal armazenado [l/h]
1	173,91	0,00	283,91	0,00	110,00	1819,51
2	173,91	0,00	193,91	0,00	130,00	2150,33
3	173,91	0,00	173,91	0,00	130,00	2150,33
4	173,91	0,00	188,91	0,00	145,00	2398,45
5	173,91	0,00	73,91	0,00	45,00	744,35
6	173,91	0,00	183,91	0,00	55,00	909,76
7	173,91	0,00	173,91	0,00	55,00	909,76
8	173,91	0,00	173,91	0,00	55,00	909,76
9	173,91	0,00	283,91	0,00	165,00	2729,27
10	177,54	0,00	187,54	0,00	175,00	2894,68
11	179,35	0,00	79,35	0,00	75,00	1240,58
12	197,46	0,00	197,46	0,00	75,00	1240,58
13	199,64	0,00	189,64	0,00	65,00	1075,17
14	201,09	0,00	201,09	0,00	65,00	1075,17
15	202,90	0,00	202,90	0,00	65,00	1075,17
16	204,71	0,00	184,71	0,00	45,00	744,35
17	201,09	0,00	186,09	0,00	30,00	496,23
18	199,64	0,00	199,64	0,00	30,00	496,23
19	199,64	0,00	199,64	0,00	30,00	496,23
20	197,46	0,00	197,46	0,00	30,00	496,23
21	197,46	0,00	187,46	0,00	20,00	330,82
22	197,46	0,00	187,46	0,00	10,00	165,41
23	197,46	0,00	187,46	0,00	0,00	0,00
24	175,72	0,00	175,72	0,00	0,00	0,00
Consumo Diário de Energia de Aquecimento [kWh]		Energia de Aquec. obtida Diariamente através da(s) BC(s) [kWh]	Energia de Aquec. obtida Diariamente através dos Circuitos de Refrigeração do Motor [kWh]	Energia de Aquec. obtida Diariamente através dos GE do Motor [kWh]	Agua do Estreito de Singapura - Para as necessidades de AQUECIMENTO	
					Ti [°C]	28
4493,84		0,00	4493,84	0,00	Objetivo: Tf [°C]	80
4493,84					cp [kJ/kg.K] [28°C]	4,1758
					cp [kJ/kg.K] [60 °C]	4,195
					cp médio [kJ/kg.K]	4,185

1 de Maio

Horas	Necessidade s de Potência de Arrefecime nto [kW]	Capacidade do(s) Chiller(s) de Compressão a Vapor [kW]	Capacidade do Chiller de Absorção [kW]	Potência de Arrefecimento que vai para o Tanque de Água Fria (eficiência do TES de 90 %)[kW]
1	551,74	1098,40	264,00	810,66
2	521,09	859,84	264,00	1332,35
3	521,09	869,28	0,00	1547,31
4	498,10	0,00	264,00	1158,48
5	498,10	869,28	0,00	1413,81
6	498,10	869,28	264,00	1907,61
7	505,76	869,28	0,00	2080,37
8	505,76	434,64	0,00	1801,21
9	582,39	0,00	264,00	1302,70
10	613,04	840,96	264,00	1664,35
11	659,02	831,52	0,00	1670,41
12	827,61	822,08	264,00	1761,84
13	812,28	831,52	0,00	1604,89
14	781,63	831,52	264,00	1758,29
15	827,61	822,08	264,00	1840,94
16	881,25	415,76	0,00	1191,35
17	1003,86	415,76	0,00	484,12
18	934,89	831,52	264,00	596,34
19	842,93	831,52	264,00	789,29
20	781,63	0,00	264,00	192,73
21	712,66	840,96	0,00	301,75
22	705,00	850,40	0,00	416,98
23	697,34	425,20	0,00	103,14
24	536,41	859,84	0,00	416,25
	Consumo Diário de Energia de Arrefecime nto [kWh]	Energia de Arref. obtida Diariamente através do(s) Chiller(s) de Compressão a Vapor [kWh]	Energia de Arref. obtida Diariamente através do Chiller de Absorção[kWh]	
	16299,29	16320,64	3168,00	
		19488,64		

1 de Maio

Caudal disponível dos gases de exaustão [kg/s] (ANTES DE USAR O CHILLER DE ABSORÇÃO)	Quantidade de Potência Disponível utilizada pelo Chiller de Absorção [kW]	Caudal de gases de exaustão necessário [kg/s]	Caudal de gases de exaustão não aproveitado [kg/s]	Caudal da água do circuito de água quente que satisfaz as necessidades de arrefecimento [80 °C → 90 °C] [kg/s]
1,19	339	0,75	0,43	8,07
1,19	339	0,75	0,43	8,07
0,79	0	0,00	0,79	0,00
1,19	339	0,75	0,43	8,07
0,40	0	0,00	0,40	0,00
1,19	339	0,75	0,43	8,07
0,79	0	0,00	0,79	0,00
0,79	0	0,00	0,79	0,00
1,58	339	0,75	0,83	8,07
1,19	339	0,75	0,43	8,07
0,40	0	0,00	0,40	0,00
1,19	339	0,75	0,43	8,07
0,79	0	0,00	0,79	0,00
1,19	339	0,75	0,43	8,07
1,19	339	0,75	0,43	8,07
0,79	0	0,00	0,79	0,00
0,79	0	0,00	0,79	0,00
1,19	339	0,75	0,43	8,07
1,19	339	0,75	0,43	8,07
1,58	339	0,75	0,83	8,07
0,79	0	0,00	0,79	0,00
0,79	0	0,00	0,79	0,00
0,79	0	0,00	0,79	0,00

Gases de Exaustão para o aquecimento da Água do circuit de 80 °C até 90 °C	
Ti [°C]	573
Tf [°C]	180
cp [kJ/kg.K] [573 °C]	1,206
cp [kJ/kg.K] [180 °C]	1,0912
cp médio [kJ/kg.K]	1,149

1 de Maio

Sistema Trigeração

Energia Térm. Diária Produzida [kWh]	Energia Elét. Diária Produzida [kWh]	Consumo Diário de Combustível [kWh]	Rendimento Térmico [%]	Rendimento Elétrico [%]
23982,48	16800,00	41709,67	57,50	40,28

Sistema Parcial

Energia Térm. Diária Produzida [kWh]	Energia Elét. Diária Produzida [kWh]	Consumo Diário de Combustível [kWh]	Rendimento Térmico [%]	Rendimento Elétrico [%]
23596,56	18200,00	45182,67	52,22	40,28

Sistema Total

Energia Térm. Diária Produzida [kWh]	Energia Elét. Diária Produzida [kWh]	Consumo Diário de Combustível [kWh]	Rendimento Térmico [%]	Rendimento Elétrico [%]
23993,44	18200,00	45189,10	53,10	40,28

Depósitos de Água Quente

Perfil de Janeiro

Sistema Inicial [l] (SEM TRIGERAÇÃO) - Partial Storage	Sistema Inicial [l] (SEM TRIGERAÇÃO) - Full Storage
8896,10	7282,95

Sistema Final [l] (COM TRIGERAÇÃO)

3969,84

Perfil de Maio

Sistema Inicial [l] (SEM TRIGERAÇÃO) - Partial Storage	Sistema Inicial [l] (SEM TRIGERAÇÃO) - Full Storage
6564,65	6240,28

Sistema Final [l] (COM TRIGERAÇÃO)

2894,68

Capacidade Mínima dos Depósitos de AQS [l]

3969,84

Sistema de Armazenamento de Energia Térmica de Água

Tentrada [°C]	6
Tsaida [°C]	11

Perfil de Janeiro

Sistema Inicial [kWh] (SEM TRIGERAÇÃO) - Partial Storage	Sistema Inicial [kWh] (SEM TRIGERAÇÃO) - Full Storage
1753,71	2015,00

Sistema Final [kWh] (COM TRIGERAÇÃO)

2469,15

Perfil de Maio

Sistema Inicial [kWh] (SEM TRIGERAÇÃO) - Partial Storage	Sistema Inicial [kWh] (SEM TRIGERAÇÃO) - Full Storage
2128,78	2128,78

Sistema Final [kWh] (COM TRIGERAÇÃO)

2080,37

Caudal [l/s]	117,86	Caudal [l/h]	424292,65
Caudal máx. que passa no permutador em 1 hora [l]	424292,65	Caudal máx. que passa no permutador em 1 hora [kg]	424292,65
Vol. minimo do tanque [l] (se usar 1 depósito)	424292,65	Número de Tanques	1,00
Vol. minimo por tanque [l]		424292,65	

Capacidade Mínima do Sistema de Armaz. de Energia Térmica de Água Fria [l]
424292,65

Armazenamento de Energia Elétrica

Perfil de Janeiro	
Sistema Inicial [kWh] (SEM TRIGERAÇÃO) - Partial Storage	Sistema Inicial [kWh] (SEM TRIGERAÇÃO) - Full Storage
266,69	272,25

Sistema Final [kWh] (COM TRIGERAÇÃO)
963,28

Perfil de Maio	
Sistema Inicial [kWh] (SEM TRIGERAÇÃO) - Partial Storage	Sistema Inicial [kWh] (SEM TRIGERAÇÃO) - Full Storage
260,51	272,61

Sistema Final [kWh] (COM TRIGERAÇÃO)
811,12

Cap. Mín. do Sist. de Armazenamento de Energia Elétrica [kWh]
963,28

Anexo 25 – Cálculo dos Custos dos Vários Sistemas

Sistema de Armaz. Parcial

Custo dos Equipamentos

Equipamentos		Modelo	Nº de equip	Preço por unidade [€]
Chiller		Mitsubishi Electric NECS/R/CA 1816	2	75 006,00 €
Armaz. de Energia Térmica - Água Fria [400 m ³]		-	1	120 000,00 €
BC		Mitsubishi Electric EW-HT/0412	2	13 636,00 €
Depósitos de AQS	Depósito 4000 L	Reflex Winkelmann HF 4000/R	0	2 525,00 €
	Isol. Térm. Depósito 4000 L	-	0	1 460,00 €
	Depósito 5000 L	Reflex Winkelmann HF 5000/R	2	3 285,00 €
	Isol. Térm. Depósito 5000 L	-	2	1 593,00 €
PERM. Água da Rede - Circuito de Água a Alta Temperatura		Reflex Winkelmann RLB-110-120	2	2 188,00 €
Gerador a Diesel		FG Wilson P400-3	4	37 950,00 €
Armaz de Energia Elétrica		Rolls-Royce MTU Energy Pack QS	1	142 000,00 €
Torre de Arrefecimento		Baltimore Aricoil Company FXVS 0809B-24T-K/P	1	44 209,00 €

Sistema de Armaz. Parcial

Equipamentos		Preço Total De Equipamentos Utilizados [€]
Chiller		150 012,00 €
Armaz. de Energia Térmica - Água Fria [400 m ³]		120 000,00 €
BC		27 272,00 €
Depósitos de AQS	Depósito 4000 L	0,00 €
	Isol. Térm. Depósito 4000 L	0,00 €
	Depósito 5000 L	6 570,00 €
	Isol. Térm. Depósito 5000 L	3 186,00 €
PERM. Água da Rede - Circuito de Água a Alta Temperatura		4 376,00 €
Gerador a Diesel		151 800,00 €
Armaz de Energia Elétrica		142 000,00 €
Torre de Arrefecimento		44 209,00 €
Custo dos equipamentos utilizados [€]		649 425,00 €

Sistema de Armaz. Parcial

Custo do Consumo de Fuel

Perfil de Janeiro	Perfil de Maio
Consumo Diário de Fuel [l]	
4507,83	4514,57
Preço de fuel por dia [€/dia]	
4611,51	4618,41

Preço do combustível diesel por litro em Singapura [€/l]
1,023

Perfis que são considerados Janeiro em relação ao consumo de fuel	Perfis que são considerados Maio em relação ao consumo de fuel
Fevereiro	Março
Setembro	Abril
Novembro	Junho
Dezembro	Julho
-	Agosto
	Outubro

Sistema de Armaz. Parcial

	nº de dias em cada mês no ano de 2020	Consumo de fuel em cada mês do ano [l/mês]	Custo de fuel em cada mês do ano [€/mês]
Janeiro	31	139742,73	142 956,81 €
Fevereiro	29	130727,07	133 733,79 €
Março	31	139951,67	143 170,56 €
Abril	30	135437,10	138 552,15 €
Maio	31	139951,67	143 170,56 €
Junho	30	135437,10	138 552,15 €
Julho	31	139951,67	143 170,56 €
Agosto	31	139951,67	143 170,56 €
Setembro	30	135234,90	138 345,30 €
Outubro	31	139951,67	143 170,56 €
Novembro	30	135234,90	138 345,30 €
Dezembro	31	139742,73	142 956,81 €
Consumo de fuel por ano [l/ano]	-	1651314,88	-
Custo de fuel por ano [€/ano]	-		1 689 295,12 €

Sistema de Armaz. Parcial

Custo de Manutenção dos Equipamentos	

	€/kWh	€/MWh
Custo de Manut. das BCS	0,010	10
Custo de Manut. dos Chillers de Compressão	0,006	6
Custo de Manut. dos Chillers de Absorção	0,002	2
Custo de Manut. dos Geradores a Diesel	0,015	10

	Prod. Diária de Ener. Elét. (Geradores a diesel)		Prod. Diária de Ener. de Aquec (BCs)		Prod. Diária de Ener. de Arref (Chillers de Compressão)		Produção Diária de Energia de Arref (Chillers de Absorção)	
	1 de Janeiro	1 de Maio	1 de Janeiro	1 de Maio	1 de Janeiro	1 de Maio	1 de Janeiro	1 de Maio
kWh/dia	18200,00	18200,00	5292,00	5213,60	16015,80	19086,80	0,00	0,00
MWh/dia	18,20	18,20	5,29	5,21	16,02	19,09	0,00	0,00
Custo de Manutenção por dia [€/dia]	182,00 €	182,00 €	52,92 €	52,14 €	96,09 €	114,52 €	0,00 €	0,00 €
Custo (por equipamento) de Manutenção por ano [€/ano]	66 612,00 €		19 200,16 €		39 132,29 €		0,00 €	
Custo Total de Manutenção por ano [€/ano]	124 944,45 €							

Sistema de Armaz. Parcial

Custo dos Funcionários

Funcionários	Tempo de trabalho	Custos de cada operário por ano [€/ano]
1º funcionário	Turno de 8h	15 000,00 €
2º funcionário	Turno de 8h	15 000,00 €
3º funcionário	Turno de 8h	15 000,00 €
4º funcionário	Cobre as férias e os periodos de baixa dos outros operários / periodos que é necessário mais ajuda	15 000,00 €
Custo total dos operários por ano [€/ano]		60 000,00 €

Custo dos Equipamentos Acessórios

Equipamentos Acessórios de:	Nº de equipamentos	Potência Instalada por equipamento [kW]	Potência Total Instalada [kW]	Custo dos Acessórios [€]
Chillers de Comp.	2	502	1004	30 002,40 €
BC	2	196	392	5 454,40 €
Gerador a Diesel	4	280	1120	662 900,22 €
		Total	2516	

€/kW instalado)	USD/(kW instalado)
591,8752	700

Sistema de Armaz. Total

Custo dos Equipamentos

Equipamentos		Modelo	Nº de equip	Preço por unidade [€]
Chiller		Mitsubishi Electric NECS/R/CA 1816	2	75 006,00 €
Armaz. de Energia Térmica - Água Fria [400 m ³]		-	1	120 000,00 €
BC		Mitsubishi Electric EW-HT/0412	2	13 636,00 €
Depósitos de AQS	Depósito 4000 L	Reflex Winkelmann HF 4000/R	2	2 525,00 €
	Isol. Térm. Depósito 4000 L	-	2	1 460,00 €
	Depósito 5000 L	Reflex Winkelmann HF 5000/R	0	3 285,00 €
	Isol. Térm. Depósito 5000 L	-	0	1 593,00 €
PERM. Água da Rede - Circuito de Água a Alta Temperatura		Reflex Winkelmann RLB-110-120	2	2 188,00 €
Gerador a Diesel		FG Wilson P400-3	3	37 950,00 €
Armaz de Energia Elétrica		Rolls-Royce MTU Energy Pack QS	1	142 000,00 €
Torre de Arrefecimento		Baltimore Aricoil Company FXVS 0809B-24T-K/P	1	44 209,00 €

Sistema de Armaz. Total

Equipamentos		Preço Total De Equipamentos Utilizados [€]
Chiller		150 012,00 €
Armaz. de Energia Térmica - Água Fria [400 m ³]		120 000,00 €
BC		27 272,00 €
Depósitos de AQS	Depósito 4000 L	5 050,00 €
	Isol. Térm. Depósito 4000 L	2 920,00 €
	Depósito 5000 L	0,00 €
	Isol. Térm. Depósito 5000 L	0,00 €
PERM. Água da Rede - Circuito de Água a Alta Temperatura		4 376,00 €
Gerador a Diesel		113 850,00 €
Armaz de Energia Elétrica		142 000,00 €
Torre de Arrefecimento		44 209,00 €
Custo dos equipamentos utilizados [€]		609 689,00 €

Sistema de Armaz. Total

Custo do Consumo de Fuel

Perfil de Janeiro	Perfil de Maio
Consumo Diário de Fuel [l]	
4507,67	4515,22
Preço de fuel por dia [€/dia]	
4611,35	4619,07

Preço do combustível diesel por litro em Singapura [€/l]
1,023

Perfis que são considerados Janeiro em relação ao consumo de fuel	Perfis que são considerados Maio em relação ao consumo de fuel
Fevereiro	Março
Setembro	Abril
Novembro	Junho
Dezembro	Julho
-	Agosto
	Outubro

Sistema de Armaz. Total

	nº de dias em cada mês no ano de 2020	Consumo de fuel em cada mês do ano [l/mês]	Custo de fuel em cada mês do ano [€/mês]
Janeiro	31	139737,77	142 951,74 €
Fevereiro	29	130722,43	133 729,05 €
Março	31	139971,82	143 191,17 €
Abril	30	135456,60	138 572,10 €
Maio	31	139971,82	143 191,17 €
Junho	30	135456,60	138 572,10 €
Julho	31	139971,82	143 191,17 €
Agosto	31	139971,82	143 191,17 €
Setembro	30	135230,10	138 340,39 €
Outubro	31	139971,82	143 191,17 €
Novembro	30	135230,10	138 340,39 €
Dezembro	31	139737,77	142 951,74 €
Consumo de fuel por ano [l/ano]	-	1651430,47	-
Custo de fuel por ano [€/ano]	-		1 689 413,37 €

Sistema de Armaz. Total

Custo de Manutenção dos Equipamentos	

	€/kWh	€/MWh
Custo de Manut. das BCS	0,010	10
Custo de Manut. dos Chillers de Compressão	0,006	6
Custo de Manut. dos Chillers de Absorção	0,002	2
Custo de Manut. dos Geradores a Diesel	0,015	10

	Prod. Diária de Ener. Elét. (Geradores a diesel)		Prod. Diária de Ener. de Aquec (BCs)		Prod. Diária de Ener. de Arref (Chillers de Compressão)		Produção Diária de Energia de Arref (Chillers de Absorção)	
	1 de Janeiro	1 de Maio	1 de Janeiro	1 de Maio	1 de Janeiro	1 de Maio	1 de Janeiro	1 de Maio
kWh/dia	18200,00	18200,00	5213,60	5213,60	16804,20	19483,68	0,00	0,00
MWh/dia	18,20	18,20	5,21	5,21	16,80	19,48	0,00	0,00
Custo de Manutenção por dia [€/dia]	182,00 €	182,00 €	52,14 €	52,14 €	100,83 €	116,90 €	0,00 €	0,00 €
Custo (por equipamento) de Manutenção por ano [€/ano]	66 612,00 €		19 081,78 €		40 358,55 €		0,00 €	
Custo Total de Manutenção por ano [€/ano]	126 052,33 €							

Sistema de Armaz. Total

Custo dos Funcionários

Funcionários	Tempo de trabalho	Custos de cada operário por ano [€/ano]
1º funcionário	Turno de 8h	15 000,00 €
2º funcionário	Turno de 8h	15 000,00 €
3º funcionário	Turno de 8h	15 000,00 €
4º funcionário	Cobre as férias e os periodos de baixa dos outros operários / periodos que é necessário mais ajuda	15 000,00 €
Custo total dos operários por ano [€/ano]		60 000,00 €

Custo dos Equipamentos Acessórios

Equipamentos Acessórios de:	Nº de equipamentos	Potência Instalada por equipamento [kW]	Potência Total Instalada [kW]	Custo dos Acessórios [€]
Chillers de Comp.	2	502	1004	30 002,40 €
BC	2	196	392	5 454,40 €
Gerador a Diesel	3	280	840	497 175,17 €
		Total	2516	

€/kW instalado)	USD/(kW instalado)
591,8752	700

Sistema de Trigeração

Custo dos Equipamentos

Equipamentos		Modelo	Nº de equip	Preço por unidade [€]
Chiller		Mitsubishi Electric NECS/R/CA 1816	2	75 006,00 €
Armaz. de Energia Térmica - Água		-	1	130 000,00 €
Chiller de Absorção		Carrier 16LJ-A11	1	100 000,00 €
BC		Mitsubishi Electric EW-HT/0412	0	13 636,00 €
Depósitos de AQS	Depósito 4000 L	Reflex Winkelmann HF 4000/R	2	2 525,00 €
	Isol. Térm. Depósito 4000 L	-	2	1 460,00 €
	Depósito 5000 L	Reflex Winkelmann HF 5000/R	0	3 285,00 €
	Isol. Térm. Depósito 5000 L	-	0	1 593,00 €
PERM. Água da Rede - Circuito de Água a Alta Temperatura		Reflex Winkelmann RLB-110-120	0	2 188,00 €
PERM. Água da Rede - Circuito de Água de Refrigeração dos motores		Reflex Winkelmann RMB-31-60	4	450,00 €
Gerador a Diesel		FG Wilson P400-3	4	37 950,00 €
Armaz de Energia Elétrica		Rolls-Royce MTU Energy Pack QS	3	142 000,00 €
Torre de Arrefecimento para o Chiller de Compressão a Vapor		Baltimore Aricoil Company FXVS 0809B-24T-K/P	1	44 209,00 €
Torre de Arrefecimento para o Chiller de Absorção		Baltimore Aricoil Company FXVS 1212C-24D-O/X	1	72 299,00 €
PERM. Gases de Exaustão - Água que aciona o chiller de Absorção		-	1	8 253,08 €

Sistema de Trigeração

Equipamentos		Preço Total De Equipamentos Utilizados [€]
Chiller		150 012,00 €
Armaz. de Energia Térmica - Água Fria [500 m ³]		130 000,00 €
Chiller de Absorção		100 000,00 €
BC		0,00 €
Depósitos de AQS	Depósito 4000 L	5 050,00 €
	Isol. Térm. Depósito 4000 L	2 920,00 €
	Depósito 5000 L	0,00 €
	Isol. Térm. Depósito 5000 L	0,00 €
PERM. Água da Rede - Circuito de Água a Alta Temperatura		0,00 €
PERM. Água da Rede - Circuito de Água de Refrigeração dos motores		1 800,00 €
Gerador a Diesel		151 800,00 €
Armaz de Energia Elétrica		426 000,00 €
Torre de Arrefecimento para o <i>Chiller</i> de Compressão a Vapor		44 209,00 €
Torre de Arrefecimento para o <i>Chiller</i> de Absorção		72 299,00 €
PERM. Gases de Exaustão - Água que aciona o <i>chiller</i> de Absorção		8 253,08 €
Custo dos equipamentos utilizados [€]		1 092 343,08 €

Sistema de Trigeração

Custo do Consumo de Fuel

Perfil de Janeiro	Perfil de Maio
Consumo Diário de Fuel [l]	
4230,86	4167,56
Preço de fuel por dia [€/dia]	
4328,17	4263,41

Preço do combustível
diesel por litro em
Singapura [€/l]

1,023

Perfis que são considerados Janeiro em relação ao consumo de fuel	Perfis que são considerados Maio em relação ao consumo de fuel
Fevereiro	Março
Setembro	Abril
Novembro	Junho
Dezembro	Julho
-	Agosto
	Outubro

Sistema de Trigeriação

	nº de dias em cada mês no ano de 2020	Consumo de fuel em cada mês do ano [l/mês]	Custo de fuel em cada mês do ano [€/mês]
Janeiro	31	131156,66	134 173,26 €
Fevereiro	29	122694,94	125 516,92 €
Março	31	129194,36	132 165,83 €
Abril	30	125026,80	127 902,42 €
Mai	31	129194,36	132 165,83 €
Junho	30	125026,80	127 902,42 €
Julho	31	129194,36	132 165,83 €
Agosto	31	129194,36	132 165,83 €
Setembro	30	126925,80	129 845,09 €
Outubro	31	129194,36	132 165,83 €
Novembro	30	126925,80	129 845,09 €
Dezembro	31	131156,66	134 173,26 €
Consumo de fuel por ano [l/ano]	-	1534885,26	-
Custo de fuel por ano [€/ano]	-		1 570 187,62 €

Sistema de Trigeração

Custo de Manutenção dos Equipamentos	

	€/kWh	€/MWh
Custo de Manut. das BCS	0,010	10
Custo de Manut. dos Chillers de	0,006	6
Custo de Manut. dos Chillers de Absorção	0,002	2
Custo de Manut. dos Geradores a Diesel	0,015	10

	Prod. Diária de Ener. Elét. (Geradores a diesel)		Prod. Diária de Ener. de Aquec (BCs)		Prod. Diária de Ener. de Arref (Chillers de Compressão)		Produção Diária de Energia de Arref (Chillers de Absorção)	
	1 de Janeiro	1 de Maio	1 de Janeiro	1 de Maio	1 de Janeiro	1 de Maio	1 de Janeiro	1 de Maio
kWh/dia	17080,00	16800,00	0,00	0,00	12797,30	16320,64	3696,00	3168,00
MWh/dia	17,08	16,80	0,00	0,00	12,80	16,32	3,70	3,17
Custo de Manutenção por dia [€/dia]	170,80 €	168,00 €	0,00 €	0,00 €	76,78 €	97,92 €	7,39 €	6,34 €
Custo (por equipamento) de Manutenção por ano [€/ano]	61 910,80 €		0,00 €		32 647,98 €		2 478,43 €	
Custo Total de Manutenção por ano [€/ano]	97 037,21 €							

Sistema de Trigeriação

Custo dos Funcionários

Funcionários	Tempo de trabalho	Custos de cada operário por ano [€/ano]
1º funcionário	Turno de 8h	15 000,00 €
2º funcionário	Turno de 8h	15 000,00 €
3º funcionário	Turno de 8h	15 000,00 €
4º funcionário	Cobre as férias e os periodos de baixa dos outros operários / periodos que é necessário mais ajuda	15 000,00 €
Custo total dos operários por ano [€/ano]		60 000,00 €

Custo dos Equipamentos Acessórios

Equipamentos Acessórios de:	Nº de equipamentos	Potência Instalada por equipamento [kW]	Potência Total Instalada [kW]	Custo dos Acessórios [€]
Chillers de Comp.	2	502	1004	30 002,40 €
BC	0	196	0	0,00 €
Gerador a Diesel	4	280	1120	662 900,22 €
Chiller de Absorção	1	264	264	20 000,00 €
		Total	2516	

€/kW instalado)	USD/(kW instalado)
591,8752	700

Investimento adicional nos equipamentos do Sist de Trigeração em relação ao Sist. de Armaz. Parcial
457 463,68 €
Investimento adicional nos equipamentos do Sist de Trigeração em relação ao Sist. de Armaz. Total
662 924,74 €

	Custo dos Equipamentos [€]	Custo dos Acessórios dos Geradores a Diesel [€]	Custo dos Acessórios dos <i>Chillers</i> de Compressão a Vapor [€]
Sist. Parcial	649 425,00 €	662 900,22 €	30 002,40 €
Sist. Total	609 689,00 €	497 175,17 €	30 002,40 €
Sist. Trigeração	1 092 343,08 €	662 900,22 €	30 002,40 €

	Custo dos Acessórios das Bombas de Calor [€]	Custo dos Acessórios do <i>Chiller</i> de Absorção [€]	Custo Totais dos Equipamentos Acessórios [€]	Custo de Fuel [€/ano]
Sist. Parcial	5 454,40 €	0,00 €	698 357,02 €	1 689 295,12 €
Sist. Total	5 454,40 €	0,00 €	532 631,97 €	1 689 413,37 €
Sist. Trigeração	0,00 €	20 000,00 €	712 902,62 €	1 570 187,62 €

	Custo de Manut. dos equipamentos [€/ano]	Custo dos operários [€/ano]	Custos por ano [€/ano] (sem equipamentos e Acessórios)
Sist. Parcial	124 944,45 €	60 000,00 €	1 874 239,57 €
Sist. Total	126 052,33 €	60 000,00 €	1 875 465,70 €
Sist. Trigeração	97 037,21 €	60 000,00 €	1 727 224,83 €

Anexo 26 – Cálculo dos Parâmetros Económicos

Em relação ao Sist. Armaz. Parcial

Io	457 463,68 €	
Redução de Custos por ano	147 014,74 €	
Amortização (ao longo de 20 anos)	22 873,18 €	
Taxa de desconto	10,00%	0,10

	Ano em que o investimento realizado já foi pago

Ano	0	1	2	3	4
FCi	-457 463,68 €	169 887,92 €	169 887,92 €	169 887,92 €	169 887,92 €
Redução de Custos	0	147 014,74 €	147 014,74 €	147 014,74 €	147 014,74 €
Amortização		22 873,18 €	22 873,18 €	22 873,18 €	22 873,18 €
FCAi		154 443,56 €	140 403,24 €	127 639,31 €	116 035,74 €
ΣFCAi	-457 463,68 €	-303 020,12 €	-162 616,88 €	-34 977,57 €	81 058,17 €

5	6	7	8	9	10
169 887,92 €	169 887,92 €	169 887,92 €	169 887,92 €	169 887,92 €	169 887,92 €
147 014,74 €	147 014,74 €	147 014,74 €	147 014,74 €	147 014,74 €	147 014,74 €
22 873,18 €	22 873,18 €	22 873,18 €	22 873,18 €	22 873,18 €	22 873,18 €
105 487,03 €	95 897,30 €	87 179,37 €	79 253,97 €	72 049,06 €	65 499,15 €
186 545,20 €	282 442,50 €	369 621,87 €	448 875,84 €	520 924,90 €	586 424,05 €

11	12	13	14	15	16
169 887,92 €	169 887,92 €	169 887,92 €	169 887,92 €	169 887,92 €	169 887,92 €
147 014,74 €	147 014,74 €	147 014,74 €	147 014,74 €	147 014,74 €	147 014,74 €
22 873,18 €	22 873,18 €	22 873,18 €	22 873,18 €	22 873,18 €	22 873,18 €
59 544,68 €	54 131,53 €	49 210,48 €	44 736,80 €	40 669,82 €	36 972,56 €
645 968,73 €	700 100,26 €	749 310,73 €	794 047,53 €	834 717,35 €	871 689,91 €

17	18	19	20
169 887,92 €	169 887,92 €	169 887,92 €	169 887,92 €
147 014,74 €	147 014,74 €	147 014,74 €	147 014,74 €
22 873,18 €	22 873,18 €	22 873,18 €	22 873,18 €
33 611,42 €	30 555,84 €	27 778,03 €	25 252,76 €
905 301,33 €	935 857,17 €	963 635,20 €	988 887,96 €

Em relação ao Sist. Armaz. Parcial

FCi	Fluxo de Caixa inicial no ano i
FCAi	Fluxo de Caixa atualizado no ano i
Io	Investimento Inicial

 Mês em que o investimento realizado já foi pago

Mês	0	1	2	3	4	5
FCA		9 669,64 €	9 669,64 €	9 669,64 €	9 669,64 €	9 669,64 €
ΣFCA	-34 977,57 €	-25 307,92 €	-15 638,28 €	-5 968,63 €	3 701,01 €	13 370,66 €

6	7	8	9	10	11	12
9 669,64 €	9 669,64 €	9 669,64 €	9 669,64 €	9 669,64 €	9 669,64 €	9 669,64 €
23 040,30 €	32 709,95 €	42 379,59 €	52 049,24 €	61 718,88 €	71 388,52 €	81 058,17 €

Tempo de PAYBACK : 3 anos e 4 meses

Valor Atual Líquido depois dos 20 anos - VAL	988 887,96 €
Taxa Interna de Retorno - TIR	37,26%

Em relação ao Sist. Armaz. Total

Io	662 924,74 €	
Redução de Custos por ano	148 240,87 €	
Amortização (ao longo de 20 anos)	33 146,24 €	
Taxa de desconto	10,00%	0,10

	Ano em que o investimento realizado já foi pago

Ano	0	1	2	3	4
FCi	-662 924,74 €	181 387,10 €	181 387,10 €	181 387,10 €	181 387,10 €
Redução de Custos	0	148 240,87 €	148 240,87 €	148 240,87 €	148 240,87 €
Amortização		33 146,24 €	33 146,24 €	33 146,24 €	33 146,24 €
FCAi		164 897,37 €	149 906,70 €	136 278,82 €	123 889,83 €
ΣFCAi	-662 924,74 €	-498 027,37 €	-348 120,67 €	-211 841,86 €	-87 952,02 €

5	6	7	8	9	10
181 387,10 €	181 387,10 €	181 387,10 €	181 387,10 €	181 387,10 €	181 387,10 €
148 240,87 €	148 240,87 €	148 240,87 €	148 240,87 €	148 240,87 €	148 240,87 €
33 146,24 €	33 146,24 €	33 146,24 €	33 146,24 €	33 146,24 €	33 146,24 €
112 627,12 €	102 388,29 €	93 080,26 €	84 618,42 €	76 925,84 €	69 932,58 €
24 675,10 €	127 063,39 €	220 143,65 €	304 762,08 €	381 687,91 €	451 620,49 €

11	12	13	14	15	16
181 387,10 €	181 387,10 €	181 387,10 €	181 387,10 €	181 387,10 €	181 387,10 €
148 240,87 €	148 240,87 €	148 240,87 €	148 240,87 €	148 240,87 €	148 240,87 €
33 146,24 €	33 146,24 €	33 146,24 €	33 146,24 €	33 146,24 €	33 146,24 €
63 575,07 €	57 795,52 €	52 541,38 €	47 764,89 €	43 422,63 €	39 475,12 €
515 195,57 €	572 991,09 €	625 532,47 €	673 297,37 €	716 720,00 €	756 195,11 €

17	18	19	20
181 387,10 €	181 387,10 €	181 387,10 €	181 387,10 €
148 240,87 €	148 240,87 €	148 240,87 €	148 240,87 €
33 146,24 €	33 146,24 €	33 146,24 €	33 146,24 €
35 886,47 €	32 624,06 €	29 658,24 €	26 962,04 €
792 081,59 €	824 705,65 €	854 363,89 €	881 325,93 €

Em relação ao Sist. Armaz. Total

FCi	Fluxo de Caixa inicial no ano i
FCAi	Fluxo de Caixa atualizado no ano i
Io	Investimento Inicial

 Mês em que o investimento realizado já foi pago

Mês	0	1	2	3	4	5
FCA		9 385,59 €	9 385,59 €	9 385,59 €	9 385,59 €	9 385,59 €
ΣFCA	-87 952,02 €	-78 566,43 €	-69 180,84 €	-59 795,24 €	-50 409,65 €	-41 024,06 €

6	7	8	9	10	11	12
9 385,59 €	9 385,59 €	9 385,59 €	9 385,59 €	9 385,59 €	9 385,59 €	9 385,59 €
-31 638,46 €	-22 252,87 €	-12 867,28 €	-3 481,68 €	5 903,91 €	15 289,50 €	24 675,10 €

Tempo de PAYBACK : 4 anos e 10 meses

Valor Atual Líquido depois dos 20 anos - VAL	881 325,93 €
Taxa Interna de Retorno - TIR	27,27%