

Estudo de impacto ambiental de uma solução de climatização ar-água

Rui Santos

Dissertação submetida à Universidade do Porto — Faculdade de Engenharia, como parte dos
requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Supervisores

Professor José Luís Alexandre

Engenheiro João Bernardo Silva

Mestrado em Engenharia Mecânica (M.EM)

Departamento de Engenharia Mecânica (DEMec)

Faculdade de Engenharia (FEUP)

Universidade do Porto (UP)

© Porto, Setembro de 2025

Resumo

Esta dissertação analisa o impacto ambiental e económico da substituição de um sistema de climatização VRF (Variable Refrigerant Flow) por uma solução ar-água num edifício multiusos onde é necessário evitar a presença de fluidos frigorigéneos potencialmente perigosos no seu interior, motivada pelas regulamentações europeias sobre gases fluorados com elevado potencial de aquecimento global (GWP), como o R-410A. O objetivo principal é avaliar a viabilidade ambiental e financeira desta transição, alinhando-se com metas de sustentabilidade, como a redução de emissões de dióxido de carbono e o cumprimento do Regulamento (UE) 2024/573.

O estudo inicia-se com uma revisão bibliográfica sobre regulamentações de fluidos frigorigéneos, sistemas VRF e ar-água, e a metodologia de análise utilizada, *Life Cycle Assessment (LCA)*. Em seguida, é descrito o projeto do edifício, calculando necessidades de ar novo, cargas térmicas via *software CYPETHERM Loads* e dimensionando equipamentos como ventiloconvectores, chillers/bombas de calor, tubagens e bombas de circulação.

A análise ambiental, realizada com apoio do *software OpenLCA* e declarações ambientais (PEP Ecopassport e EPD), compara as fases de produção, operação e manutenção dos sistemas. Os resultados indicam que o sistema ar-água reduz a pegada carbónica total ao longo do tempo de vida considerado para os projetos (98976 kg de CO₂ equivalente comparados com os 205531 do sistema VRF), considerando emissões de produção, consumo energético durante o uso e impactos de fugas de fluido frigorigéneo.

Conclui-se que a solução ar-água é viável e mais sustentável (emissões equivalentes inferiores em cerca de 48 por cento relativamente às do sistema VRF durante o seu tempo de vida), recomendando-se a sua adoção em edifícios semelhantes para mitigar impactos ambientais e para fazer cumprir os regulamentos futuros impostos a nível nacional e europeu. Trabalhos futuros incluem estudos mais completos e alargados dos impactos previstos.

Abstract

This dissertation analyzes the environmental and economic impact of replacing a VRF (Variable Refrigerant Flow) air conditioning system with an air-water solution in a multipurpose building where the presence of potentially hazardous refrigerants inside must be avoided, motivated by European regulations on fluorinated gases with high global warming potential (GWP), such as R-410A. The main objective is to assess the environmental and financial feasibility of this transition, aligning with sustainability goals such as reducing carbon dioxide emissions and complying with Regulation (EU) 2024/573.

The study begins with a literature review on refrigerant regulations, VRF and air-water systems, and the analysis methodology used, Life Cycle Assessment (LCA). It then describes the building project, calculating fresh air requirements, thermal loads using CYPETHERM Loads software, and sizing equipment such as fan coils, chillers/heat pumps, piping, and circulation pumps.

The environmental analysis, carried out with the support of OpenLCA software and environmental declarations (PEP Ecopassport and EPD), compares the production and use phases of the systems. The results indicate that the air-water system reduces the total carbon footprint over the project's considered lifetime, taking into account production emissions, energy consumption during use, and impacts of refrigerant leaks. The economic analysis reveals higher overall costs for the VRF system.

It is concluded that the air-water solution is viable and more sustainable, and its adoption is recommended in similar buildings to mitigate environmental impacts and comply with future regulations imposed at national and European levels. Future work includes more comprehensive and extended studies of the expected impacts.

Agradecimentos

Gostaria de expressar a minha profunda gratidão a todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho.

Em primeiro lugar, agradeço aos meus supervisores, o Professor José Luís Alexandre e o Engenheiro João Bernardo Silva, pela orientação inestimável, pelos conselhos e apoio constante ao longo de todo o processo. A vossa experiência, conhecimento e disponibilidade foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço também à equipa da DTE, onde realizei o meu estágio curricular, pela oportunidade de aplicar conhecimentos práticos e pelo ambiente colaborativo que me permitiu concluir o estudo em questão. Um agradecimento especial aos restantes colegas da empresa que partilharam os seus conhecimentos, nomeadamente à Engenheira Carla Costa pelo acolhimento que me proporcionou na empresa. Aproveito também para agradecer à Engenheira Inês Teixeira pelo apoio prestado durante os períodos em que o Engenheiro João Silva esteve em licença de paternidade.

Não posso deixar de agradecer à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) e ao Departamento de Engenharia Mecânica (DEMec) pelo suporte institucional e pelos recursos disponibilizados, que tornaram possível a concretização do trabalho.

Por fim, um agradecimento muito especial à minha família e amigos, pelo incentivo incondicional, pela paciência e pelo apoio emocional durante os momentos mais desafiantes. Sem o vosso carinho e motivação, esta jornada não teria sido possível.

A todos, o meu sincero obrigado.

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU fornecem um quadro global para alcançar um futuro mais sustentável para todos. Incluem 17 metas que abordam desafios como pobreza, desigualdade, mudança climática, degradação ambiental e paz. Esta dissertação, intitulada “Estudo de impacto ambiental de uma solução de climatização ar-água”, contribui diretamente para vários desses objetivos, promovendo uma transição para sistemas de climatização mais sustentáveis, seguros e economicamente viáveis, com redução de emissões e conformidade com regulamentações europeias. Os impactos específicos abordados por este trabalho estão listados abaixo, com seus respectivos alvos e contribuições:

- **ODS 3: Boa Saúde e Bem-Estar** Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades.
- **ODS 7: Energia Acessível e Limpa** Assegurar o acesso a energia acessível, confiável, sustentável e moderna para todos.
- **ODS 9: Indústria, Inovação e Infraestrutura** Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação.
- **ODS 11: Cidades e Comunidades Sustentáveis** Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.
- **ODS 12: Consumo e Produção Responsáveis** Assegurar padrões de consumo e de produção sustentáveis.
- **ODS 13: Ação Contra a Mudança Global do Clima** Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos.

Esta secção reforça a relevância da dissertação para metas globais de sustentabilidade, destacando sua contribuição prática e teórica.

ODS	Alvo	Contribuição	Indicadores de Desempenho e Métricas
3	3.9	Evita fluidos tóxicos e inflamáveis no interior de edifícios, melhorando a segurança.	Redução de riscos de toxicidade; menção a perigos no interior de edifícios multiusos.
7	7.2	Sistema ar-água reduz consumo energético durante o uso.	Pegada carbónica total menor.
9	9.4	Inovação em AVAC sustentável via LCA e softwares como OpenLCA.	Conformidade com normas (ex.: EN 14825); análise de materiais e produção.
11	11.6	Recomendação para edifícios semelhantes, mitigando impactos urbanos.	Aplicação em edifício de 4756 m ² ; menor risco de vazamentos tóxicos.
12	12.2	Análise de produção responsável, com menor uso de recursos.	Impacto de materiais quantificado (OpenLCA: redução em emissões de produção).
13	13.2	Redução de GWP via substituição de R-410A.	Emissões totais menores (incluindo vazamentos evitados; alinhado ao Regulamento (UE) 2024/573).

Tabela 1: Contribuições para os ODS

Conteúdo

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU	ix
Conteúdo	xi
Lista de Figuras	xiii
Lista de Tabelas	xvii
Nomenclatura	xviii
Nomenclatura	xxi
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos	1
1.3 Estrutura da dissertação	2
2 Estado da arte e revisão bibliográfica	3
2.1 Regulamentação dos fluídos frigorigéneos	3
2.2 Sistemas Variable Refrigerant Flow (VRF) e ar-água	4
2.2.1 Sistemas VRF	4
2.2.2 Sistemas ar-água	7
2.3 Metodologia <i>Life Cycle Assessment</i>	7
2.3.1 <i>OpenLCA</i>	10
2.4 Declarações ambientais	10
2.4.1 <i>Product Environmental Profile (PEP) Ecopassport</i>	10
2.4.2 <i>Environmental Product Declaration (EPD)</i>	11
3 Descrição do projeto	13
4 Condições de Projeto	17
4.1 Caudal Mínimo de Ar Novo	17
4.2 Cálculo das Cargas Térmicas	20
4.2.1 Modelo <i>Building Information Modeling</i> (BIM) - <i>IFC Builder</i>	20
4.2.2 <i>CYPETHERM Loads</i>	20
5 Sistema proposto	25
5.1 Unidades interiores - Ventiloinvectores	25

Conteúdo

5.2	Unidades exteriores - Chillers/Bombas de calor	25
5.3	Tubagens	26
5.4	Sistema de bombagem	26
5.5	Vaso de expansão	27
5.6	Depósito de inércia	28
6	Impacto ambiental	31
6.1	<i>Goal and scope definition</i>	31
6.2	Análise de inventário	32
6.3	Análises de impacto ambiental comparativas	35
6.3.1	Impacto dos materiais na produção	35
6.3.2	Comparação dos relatórios ambientais	38
6.3.3	Impacto durante o uso	43
6.3.3.1	Projeto Original	43
6.3.3.2	Projeto proposto	45
6.3.3.3	Resultados	46
6.3.4	Impacto das fugas de fluido frigorigéneo	46
6.3.5	Discussão dos resultados comparativos finais	46
7	Análise económica	51
8	Conclusões e trabalhos futuros	55
	Referências	57
A		61
B		63
C		65
D		71
E		75
F		85
G		93
H		105
I		111

Lista de Figuras

2.1	Representação de um sistema VRF [7]	5
2.2	Ciclo de vida de um produto	8
2.3	Fases de um Life Cycle Assessment (LCA) [14]	9
3.1	Desenho esquemático da distribuição das tubagens pelos espaços	14
3.2	Rede de tubagens - sistema oeste	15
3.3	Rede de tubagens - sistema este	16
4.1	Modelo IFC (1)	21
4.2	Modelo IFC (2)	22
4.3	Condições interiores	22
5.1	Localização das zonas técnicas	26
6.1	Emissões de CO2 equivalentes por família de equipamentos - Projeto inicial	37
6.2	Emissões de CO2 equivalentes por família de equipamentos - Projeto proposto . .	37
6.3	Impacto ambiental da produção por família de equipamentos - Projeto inicial . . .	40
6.4	Impacto ambiental da produção por família de equipamentos - Projeto proposto .	41
6.5	Pegada carbónica decorrente da produção dos equipamentos de acordo com o projeto e o método de cálculo	47
6.6	Emissões anuais de ambos os sistemas derivadas da utilização dos equipamentos e das fugas de fluido frigorigéneo	48
6.7	Emissões equivalentes durante o tempo de vida dos sistemas em análise	49
7.1	Custo por família de equipamentos - Projeto inicial	52
7.2	Custo por família de equipamentos - Projeto proposto	53
A.1	Perfil de utilização do auditório	61
A.2	Perfil de utilização dos escritórios	61
C.1	Pavimento	65
C.2	Cobertura	66
C.3	Parede Interior	66
C.4	Parede Exterior	66
C.5	Parede de Casa de Banho	67
C.6	Teto falso	67
C.7	Parede do auditório	68
C.8	Parede interior de betão	68
C.9	Configuração das condições para o cálculo das cargas térmicas	69
D.1	Dimensionamento de um vaso de expansão	73

Lista de Figuras

E.1	Peso por comprimento das tubagens de cobre	75
E.2	Catálogo dos vasos de expansão	78
E.3	Catálogo dos depósitos de inércia	79
E.4	Ficha técnica MAGNA3 25-40	80
E.5	Ficha técnica MAGNA3 40-60 F	81
F.1	Distribuição das emissões por material - Tubagens de cobre	85
F.2	Distribuição das emissões por material - LG - ARNU07GTRB4	85
F.3	Distribuição das emissões por material - LG - ARNU09GM1A4	86
F.4	Distribuição das emissões por material - LG - ARNU15GTQB4	86
F.5	Distribuição das emissões por material - LG - ARNU18GTQB4	86
F.6	Distribuição das emissões por material - LG - ARNU18GM1A4	86
F.7	Distribuição das emissões por material - LG - ARNU24GM1A4	86
F.8	Distribuição das emissões por material - LG - ARNU42GM2A4	87
F.9	Distribuição das emissões por material - LG - ARUM080LTE6	87
F.10	Distribuição das emissões por material - LG - ARUM120LTE6	87
F.11	Distribuição das emissões por material - LG - ARUM140LTE6	87
F.12	Distribuição das emissões por material - LG - ARUM160LTE6	87
F.13	Distribuição das emissões por material - LG - ARUM200LTE6	88
F.14	Distribuição das emissões por material - Tubagens de ferro preto	88
F.15	Distribuição das emissões por material - De Dietrich R290 030	88
F.16	Distribuição das emissões por material - Atlantic APTAE 50	88
F.17	Distribuição das emissões por material - Carrier 42EP 029	88
F.18	Distribuição das emissões por material - Carrier 42EP 039	89
F.19	Distribuição das emissões por material - Carrier 42KY10C	89
F.20	Distribuição das emissões por material - Carrier 42KY20C	89
F.21	Distribuição das emissões por material - Carrier 42NH 225	89
F.22	Distribuição das emissões por material - Carrier 42NH 239	89
F.23	Distribuição das emissões por material - Carrier 42NH 325	90
F.24	Distribuição das emissões por material - Carrier 42NH 329	90
F.25	Distribuição das emissões por material - Carrier 42NH 339	90
F.26	Distribuição das emissões por material - Carrier 42NH 425	90
F.27	Distribuição das emissões por material - Carrier 42NH 635	90
F.28	Distribuição das emissões por material - MAGMA3 25-40	90
F.29	Distribuição das emissões por material - MAGMA3 40-60 F	91
F.30	Distribuição das emissões por material - Vasoflex 8	91
F.31	Distribuição das emissões por material - Vasoflex 18	91
F.32	Distribuição das emissões por material - Aquafer 400L	91
F.33	Distribuição das emissões por material - Aquafer 500L	91
H.1	Eletricidade consumida anualmente pelas unidades exteriores do sistema VRF . .	105
H.2	Ficha técnica ARUM080LTE6	106
H.3	Ficha técnica ARUM120LTE6	107
H.4	Ficha técnica ARUM140LTE6	108
H.5	Ficha técnica ARUM160LTE6	109
H.6	Ficha técnica ARUM200LTE6	110
I.1	Ficha técnica ARUM080LTE6	111
I.2	Ficha técnica ARUM120LTE6	112

I.3	Ficha técnica ARUM140LTE6	113
I.4	Ficha técnica ARUM160LTE6	114
I.5	Ficha técnica ARUM200LTE6	115
I.6	Ficha técnica ARNU05GTRB4 e ARNU07GTRB4	116
I.7	Ficha técnica ARNU07GM1A4 e ARNU09GM1A4	117
I.8	Ficha técnica ARNU07GM1A4 e ARNU09GM1A4	118
I.9	Ficha técnica ARNU15GTQB4 e ARNU18GTQB4	119
I.10	Ficha técnica ARNU18GM1A4 e ARNU24GM1A4	120
I.11	Ficha técnica ARNU42GM2A4	121
I.12	SCOP e SEER Atlantic APTAE 50 - Norma EN 14825	122
I.13	SCOP e SEER De Dietrich - MHTC R290 030 - Norma EN 14825	123
I.14	Ficha técnica Carrier 42EP	124
I.15	Ficha técnica Carrier 42KY	125
I.16	Ficha técnica Carrier 42NH	125
I.17	Ficha técnica Carrier 42NH	126
I.18	Ficha técnica Carrier 42NH	126
I.19	Ficha técnica Carrier 42NH	127
I.20	Dados do dimensionamento da Bomba CR 5-8 A-A-E-HQQE	127
I.21	Dados do dimensionamento da Bomba MAGNA3 25-100	128

Lista de Tabelas

1	Contribuições para os ODS	x
4.1	<i>Eficácia de Remoção de Poluentes</i> (ε_v) [21]	18
4.2	Caudal de ar novo por ocupante, consoante o tipo de espaço [21]	19
4.3	Caudal de ar novo por unidade de área, em função da carga poluente [21]	19
4.4	Cargas térmicas	23
5.1	Seleção de equipamentos	27
5.2	Chillers/Bombas de calor	27
5.3	Dimensionamento dos vasos de expansão	28
5.4	Depósitos de Inércia e respetiva caracterização	29
6.1	Inventário em análise e respetivos materiais constituintes do projeto original	32
6.2	Tabela de equipamentos e quantidades por categoria	33
6.3	Cálculo do peso final das tubagens de cobre	33
6.4	Cálculo do peso final das tubagens de ferro preto	34
6.5	Distribuição dos materiais constituintes das unidades interiores	34
6.6	Distribuição dos materiais constituintes das unidades exteriores	34
6.7	Pegada carbónica dos equipamentos	36
6.8	Pegada carbónica dos equipamentos	36
6.9	Comparação entre equipamentos originais e alternativos e respetiva pegada carbónica	39
6.10	Equipamentos e respetiva pegada carbónica (Climate Change)	40
6.11	Comparação de peso entre equipamentos originais e alternativos Daikin	41
6.12	Comparação da pegada carbónica entre equipamentos originais e alternativos (kg CO ₂ eq) (figuras G.20, G.21 e G.22)	42
6.13	Eletricidade consumida nas Unidades Exteriores do sistema inicial	43
6.14	Eletricidade consumida nas Unidades Interiores do sistema inicial	44
6.15	Horas de utilização e standby	44
6.16	Distribuição do uso de ventiladores em unidades internas VRF por modo de operação	44
6.17	Eletricidade consumida nas Bombas de Calor do sistema proposto	45
6.18	Eletricidade consumida pelos ventiloconvectores do sistema proposto	45
6.19	Eletricidade consumida pelas bombas de circulação de água do sistema proposto	46
6.20	Comparação de consumo elétrico e emissões de CO ₂ entre os cenários	46
6.21	Comparação entre Projeto Fornecido (VRF) e Projeto Proposto (Ar-Água)	47
6.22	Comparativo de emissões de carbono entre projeto inicial e projeto proposto	49
7.1	Custo dos equipamentos - Projeto inicial (agrupado por fornecedor)	52
7.2	Custo dos equipamentos – Sistema Proposto	53
7.3	Comparação do custo anual da eletricidade consumida	53
7.4	Comparação Económica entre Projeto Inicial e Projeto Proposto - Estudo	54

Nomenclatura

7.5	Comparação Económica entre Projeto Inicial e Projeto Proposto - Dados da empresa	54
B.1	Cálculos de ar novo	63
B.2	Cálculos de ar novo	63
C.1	Cálculo do caudal de ar novo para a sala batismal	65
C.2	Cálculo do caudal de ar novo para a sala batismal	65
D.1	Cálculo das perdas de carga nas tubagens	71
D.2	Cálculo das perdas de carga nas tubagens	71
D.3	Perdas de carga totais nas tubagens	72
E.1	Peso por comprimento das tubagens de ferro preto	76
E.2	Peso por comprimento das tubagens de ferro preto	76
E.3	Peso por comprimento das tubagens de ferro preto	77
E.4	Peso por comprimento das tubagens de ferro preto	77
E.5	Ficha técnica Carrier 42NH	78
E.6	Ficha técnica Carrier 42EP	82
E.7	Ficha técnica Carrier 42KY	82
E.8	Materiais constituintes da Bomba de calor Atlantic APTAE 50	82
E.9	Materiais constituintes da Bomba de calor De Dietrich R290 030	83
E.10	Materiais constituintes da família de ventiloconvectores Carrier EP	83
E.11	Materiais constituintes da família de ventiloconvectores Carrier KY	83
E.12	Materiais constituintes da família de ventiloconvectores Carrier NH	84
E.13	Materiais constituintes da família de bombas de circulação MAGNA3	84
G.1	Declaração ambiental - Tubagens de cobre	93
G.2	Declaração ambiental - Daikin FXFQ	94
G.3	Declaração ambiental - Daikin FXFQ (coeficientes de extrapolação)	94
G.4	Declaração ambiental - Daikin FXSQ	95
G.5	Declaração ambiental - Daikin FXSQ (coeficientes de extrapolação)	95
G.6	Declaração ambiental - Daikin RXYQ	96
G.7	Declaração ambiental - Daikin RXYQ (coeficientes de extrapolação)	96
G.8	Declaração ambiental - Tubagens de ferro preto	97
G.9	Declaração ambiental - Carrier 42EP	98
G.10	Declaração ambiental - Carrier 42EP (coeficientes de extrapolação)	98
G.11	Declaração ambiental - Carrier 42KY	99
G.12	Declaração ambiental - Carrier 42KY (coeficientes de extrapolação)	99
G.13	Declaração ambiental - Carrier 42NH	100
G.14	Declaração ambiental - Carrier 42NH (coeficientes de extrapolação)	101
G.15	Declaração ambiental - De Dietrich R290 030	101
G.16	Declaração ambiental - De Dietrich R290 030 (coeficientes de extrapolação)	102
G.17	Declaração ambiental - Atlantic APTAE 50	102
G.18	Declaração ambiental - Bombas de circulação MAGNA3	103
G.19	Declaração ambiental - Vasos de expansão	103
G.20	Catálogo Daikin - Massa do modelo FXFQ	104
G.21	Catálogo Daikin - Massa do modelo FXSQ	104
G.22	Catálogo Daikin - Massa do modelo RXYQ	104

Nomenclatura

- $A_{\text{espaço}}$ Área de cada espaço [m^2]. xix, 19
- P_a Pressão absoluta no vaso à temperatura máxima da água [bar]. xix, 28
- P_e Pressão absoluta de enchimento do sistema [bar]. xix, 28
- Q_{AN} Caudal de ar novo [m^3/h]. xix, 17
- Q_{ANF} Caudal de ar novo corrigido [m^3/h]. xix, 18
- $Q_{AN_{\min}}$ Caudal de ar novo mínimo [m^3/h]. xix, 17
- $Q_{AN,Mmet}$ *Caudal de Ar Novo por Ocupante*. xix, 19
- V_a Volume total da água na instalação [L]. xix, 28
- V_n Volume necessário no vaso de expansão [L]. xix, 28
- V_v Volume adicional de reserva, destinado a compensar perdas, margens de segurança ou variações de volume não associadas diretamente à temperatura [L]. xix, 28
- ΔT Gradiente térmico [K]. xix, 27, 29
- $\dot{Q}$ Potência [kW]. xix, 27, 29
- $\dot{V}$ Caudal de água nas tubagens [m^3/h]. xix, 27
- ρ Massa volúmica [kg/m^3]. xix, 27
- ε_v *Eficácia de Remoção de Poluentes*. xvii, xix, 18
- c_p Calor específico [$J/(kg.K)$]. xix, 27
- e Coeficiente de dilatação volumétrica da água. xix, 28
- n *Número de Ocupantes*. xix, 19
- t Tempo mínimo de funcionamento das bombas de calor [min]. xix, 29
- AVAC** Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado. xix, 1, 2, 4, 10, 20, 38
- BIM** *Building Information Modeling*. xi, xix, 20
- COP** *Coefficient Of Performance*. xix, 26, 43
- DGEG** Direção Geral de Energia e Geologia. xix, 46

Nomenclatura

EER *Energy Efficiency Ratio*. xix, 26, 43

ELCD European Life Cycle Database. xix, 10, 35

EPD *Environmental Product Declaration*. xi, xix, 10, 11, 34

ILCD International Reference Life Cycle Data System. xix, 10, 35

JRC *Joint Research Center*. xix, 35

LCA Life Cycle Assessment. xiii, xix, 7–11, 32

LCCA *Life-Cycle Cost Analysis*. xix, 51

PAG Potencial de Aquecimento Global. xix, 3, 4, 48

PEF *Product Environmental Footprint*. xix, 32

PEP *Product Environmental Profile*. xi, xix, 10, 11, 31, 32, 34, 38, 44, 48

PNEC Plano Nacional de Energia e Clima. xix, 4

SCOP *Seasonal Coefficient of Performance*. xix, 43, 45, 48

SEER *Seasonal Energy Efficiency Ratio*. xix, 43, 45, 48

TRACI Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and other Environmental Impacts.
xix, 10

UTA Unidade de Tratamento de Ar. xix, 7

VRF Variable Refrigerant Flow. xi, xiii, xvii, xix, 1, 3–7, 31, 34, 36, 38–40, 43, 45–49

Capítulo 1

Introdução

1.1 Enquadramento

No âmbito da presente dissertação de mestrado, foi proposto um estudo para avaliar o impacto ambiental e económico da implementação de um sistema de climatização totalmente baseado em água num edifício de utilização mista em comparação com um sistema VRF previamente projetado.

Este estudo foi realizado de acordo com os regulamentos definidos pela União Europeia relativos aos gases com efeito de estufa fluorados [1], com o objetivo de substituir os sistemas Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado (AVAC) de larga escala que dependem fortemente destes fluídos por uma solução alternativa. Pretendeu-se verificar se a pegada ecológica do novo sistema projetado seria inferior, alinhando-se com os objetivos definidos pelos regulamentos em vigor.

O estudo teve por base o sistema previamente concebido pela equipa de engenharia da empresa DTE, onde foi realizado o estágio curricular.

O sistema alternativo foi desenvolvido no âmbito dos trabalhos realizados durante a dissertação, incluindo todos os cálculos necessários para um projeto desta natureza. Estes cálculos incluíram as cargas térmicas, necessidades de ar novo e o dimensionamento de todos os equipamentos requeridos.

1.2 Objetivos

Os principais objetivos dos trabalhos realizados durante o desenvolvimento da dissertação foram os seguintes:

- Identificar as vantagens e desvantagens tanto da solução existente como da alternativa proposta.
- Avaliar a viabilidade económica da implementação de sistemas Ar-Água em substituição dos sistemas Variable Refrigerant Flow (VRF) em edifícios de grande dimensão e uso misto (aquecimento e arrefecimento).
- Avaliar a viabilidade global de tais transformações, considerando a viabilidade económica, o impacto ambiental e a complexidade técnica de ambas as soluções.
- Comparar o impacto ambiental e económico das duas soluções apresentadas.

- Estudar o impacto que a solução proposta pode ter na pegada de carbono do sistema de climatização do edifício.
- Apresentar uma análise crítica da solução implementada e da proposta otimizada, destacando as principais restrições e desafios associados às especialidades e à estrutura.

1.3 Estrutura da dissertação

A presente dissertação foi estruturada de acordo com o fluxo de trabalho seguido ao longo do semestre.

Inicialmente, é apresentada uma breve revisão da literatura, abordando temas como a legislação nacional e europeia relativa à utilização de fluidos frigorigéneos em sistemas AVAC de edifícios, os tipos de sistemas AVAC relevantes para o estudo e os métodos utilizados para analisar o impacto ambiental dessas instalações.

No terceiro capítulo, é feita uma descrição do edifício em estudo.

Seguidamente, no quarto capítulo, é detalhado todo o processo de conceção do sistema AVAC alternativo proposto. O processo iniciou-se com o cálculo das necessidades de ar novo para os espaços analisados, seguido do cálculo das cargas térmicas de cada zona através de software de simulação.

Após a apresentação das condições de projeto do edifício de utilização mista, no quinto capítulo é descrito o processo de conceção do sistema de climatização, bem como a escolha dos equipamentos.

No sexto capítulo, é apresentado o estudo de impacto ambiental. Este estudo compara aspetos como a pegada de carbónica dos dois sistemas em análise, salientando a proveniência do impacto criado, nomeadamente no que toca à produção dos equipamentos, aos consumos energéticos durante a operação dos sistemas e ainda às fugas de fluido frigorigéneo.

No sétimo capítulo, é realizada uma análise do potencial impacto económico da instalação do sistema proposto em comparação com o sistema existente e no capítulo final são apresentadas as conclusões finais do trabalho e os possíveis trabalhos futuros que seriam relevantes apresentar.

Capítulo 2

Estado da arte e revisão bibliográfica

2.1 Regulamentação dos fluidos frigorigéneos

Como mencionado anteriormente, na introdução, um dos principais objetivos deste estudo é avaliar o verdadeiro impacto ambiental da substituição de sistemas de climatização que utilizam fluidos frigorigéneos com elevado efeito de estufa por sistemas que utilizam água como fluido de trabalho. A justificação para testar a implementação de um sistema que não recorre a este tipo de fluídos, cuja libertação para a atmosfera possa contribuir em grande escala para o efeito de estufa, está diretamente relacionada com os regulamentos impostos pelo Parlamento Europeu e Conselho relativamente ao uso desses fluidos. Estes novos regulamentos estão presentes no documento "REGULATION (EU) 2024/573 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of February 7, 2024" [1].

Entre as várias normas e regras que podem ser identificadas no documento citado, destacam-se as proibições e regulamentações referidas no Artigo 11(1). Este artigo estabelece a proibição de comercialização de todos os equipamentos mencionados no Anexo IV do mesmo documento. Considerando o objetivo do sistema abordado neste trabalho, a secção mais relevante do Anexo IV, neste contexto, é a intitulada 'STATIONARY AIR-CONDITIONING EQUIPMENT AND STATIONARY HEAT PUMPS', mais especificamente a secção 8 (*'Self-contained air-conditioning equipment and heat pumps, except chillers'*).

Numa perspetiva de médio a longo prazo no dimensionamento do sistema de climatização, destacou-se uma cláusula específica do anexo acima referido, a alínea e), que afirma que equipamentos de ar condicionado autónomos e bombas de calor, do tipo implementado pela DTE no projeto oficial, que utilizem fluidos frigorigéneos com Potencial de Aquecimento Global (PAG) superior a 150, estarão proibidos de ser colocados no mercado a partir de 2030 [1]. Uma vez que o sistema inicialmente proposto apresenta um sistema VRF projetado para utilizar o refrigerante R-410A (mistura azeotrópica de difluorometano e pentafluorometano), cujo PAG é de 2088 [2], e dada a crescente restrição à comercialização e utilização de fluidos frigorigéneos com PAG tão elevado, foi realizada uma análise para avaliar o impacto ambiental de uma solução de climatização que utiliza água como fluido de trabalho. Este tipo de solução, além de garantir o cumprimento dos requisitos legislativos e regulamentares, poderá também apresentar benefícios ambientais, sendo esse o resultado esperado com a conclusão desta dissertação.

A substituição dos sistemas por alternativas que não necessitem deste tipo de fluidos torna-se ainda mais relevante devido à ausência de alternativas igualmente credíveis e seguras que estejam prontas para instalação imediata. Assim, testar a viabilidade destas soluções, tanto em termos de sustentabilidade ambiental, como de viabilidade económica, constitui um exercício de análise extremamente relevante para o futuro do AVAC em edifícios de grande dimensão, como é o caso do edifício multiusos utilizado nesta análise.

No que toca à legislação nacional referente a estes temas, no dia 10 de julho de 2020, foi emitida uma resolução do Conselho de Ministros que visava a aprovação do Plano Nacional de Energia e Clima (PNEC) 2030 [3]. Este plano já sofreu uma revisão, cuja versão final foi emitida em 2024 [4]. Neste documento, foram definidos objetivos ambiciosos, como antecipar a neutralidade carbónica para 2045, em vez de 2050, conforme proposto pela União Europeia, ou reduzir as emissões de gases com efeito de estufa em 55% até 2030 em comparação com os níveis de 2005.

Considerando estas metas ambiciosas definidas pela União Europeia e, em particular, pelo governo português, no que diz respeito à redução da emissão de gases com efeito de estufa para a atmosfera, torna-se essencial procurar soluções mais sustentáveis para a climatização dos nossos edifícios, tendo sempre em conta a segurança e a sustentabilidade financeira dos projetos. Assim, a procura de soluções que evitem a utilização de fluidos frigorigéneos no interior dos edifícios (premissa praticamente obrigatória neste projeto e em muitos outros) torna-se extremamente relevante e de grande interesse para o futuro do setor. A retirada de fluidos frigorigéneos do interior dos edifícios torna-se ainda mais relevante porque a maioria dos fluidos que apresentam um baixo PAG mostram problemas como a elevada inflamabilidade (Propano ou R32) ou a toxicidade (Amónia) [5]. Este tipo de constrangimentos é particularmente relevante em casos como o multiusos a ser analisado, já que implica a passagem das tubagens que abastecem as unidades interiores por zonas adjacentes às zonas de ocupação. Nestes casos, torna-se crítica a utilização de fluidos com elevado grau de inflamabilidade ou toxicidade.

2.2 Sistemas VRF e ar-água

Como já mencionado, este estudo irá comparar o projeto atualmente desenhado pela DTE com um sistema alternativo desenvolvido ao longo do trabalho. O principal objetivo é avaliar se os sistemas AVAC que utilizam água como fluido de trabalho podem ser competitivos, tanto em termos de sustentabilidade ambiental como de viabilidade económica, em comparação com os amplamente utilizados sistemas VRF. Assim, é fundamental compreender as principais diferenças entre estes tipos de sistemas, como funcionam, quais as suas principais vantagens, desvantagens e quais os resultados esperados da análise.

2.2.1 Sistemas VRF

Os sistemas VRF, ou sistemas de Fluxo de Fluido Frigorigéneo Variável (*Variable Refrigerant Flow*), são sistemas que utilizam exclusivamente fluidos frigorigéneos para transferir calor para o ar que climatiza os espaços de um edifício. Ao contrário de outros tipos de sistemas, os sistemas VRF não utilizam água como fluido intermédio. Em resumo, um sistema VRF, como mostrado na Figura 2.1, é composto por conjuntos de várias unidades interiores de climatização ligadas a uma única unidade exterior. Estes sistemas, através da utilização de sensores de temperatura, permitem a regulação individual das condições de cada divisão de um edifício, variando o fluxo de fluido frigorigéneo que chega a cada unidade interior a partir das unidades exteriores [6].

Como já referido e pode ser observado na Figura 2.1, um sistema VRF é essencialmente com-

posto por uma unidade exterior, um conjunto de unidades interiores e a rede de tubagens que os conecta. Estes sistemas são constituídos, de forma simplificada, por um compressor, um evaporador, um condensador e uma válvula de expansão. O compressor encontra-se sempre localizado na unidade exterior do sistema, enquanto a posição do evaporador e do condensador depende da função que o sistema está a desempenhar: o evaporador encontra-se na unidade interior quando o sistema está a arrefecer o edifício, com o condensador na unidade exterior, e inverte quando o sistema está em modo de aquecimento. É também importante referir que este tipo de sistema pode estar ligado a uma rede de condutas de ar, onde o ar novo e recirculado é condicionado pelas unidades interiores.

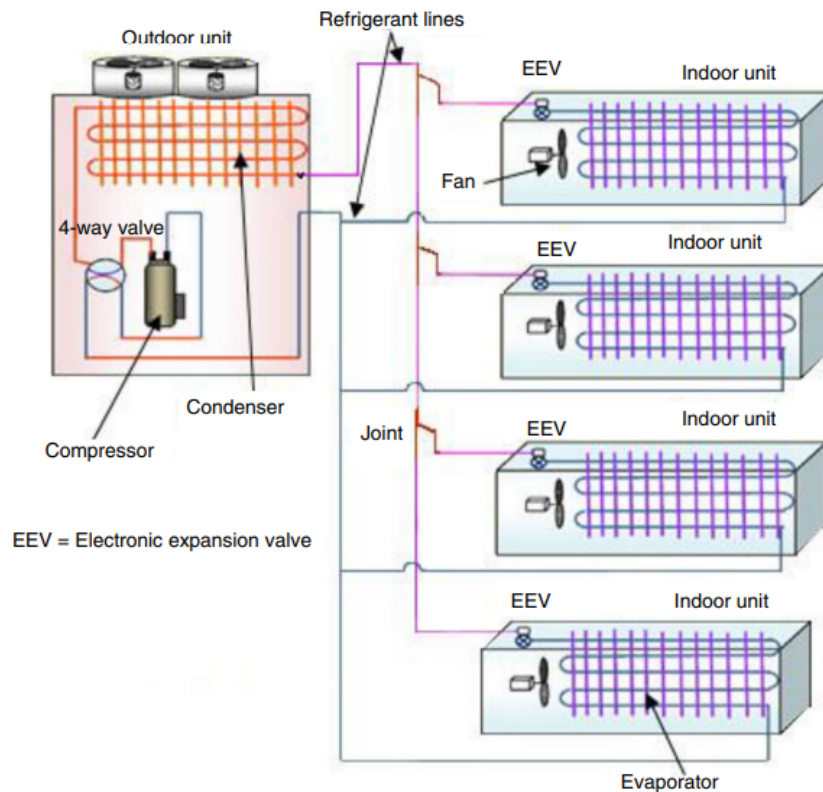


Figura 2.1: Representação de um sistema VRF [7]

Os principais componentes de um sistema VRF e as suas funções estão listados abaixo:

- **Compressor**

Responsável por comprimir o fluido frigorigéneo, aumentando a sua pressão e temperatura, permitindo a sua circulação pelo sistema. Nos sistemas VRF, são utilizados compressores de velocidade variável, permitindo ajustes dinâmicos da capacidade de aquecimento/arrefecimento conforme a carga térmica real [8].

- **Evaporador**

Realiza a troca térmica entre o fluido e o ar ambiente. Em modo de arrefecimento, o fluido evapora ao absorver calor do ambiente interior, arrefecendo o espaço. Em modo de aquecimento, funciona como condensador, libertando calor para o ambiente [9].

- **Condensador**

Dissipa o calor absorvido pelo fluido frigorigéneo. Em modo de arrefecimento, liberta o calor para o ambiente exterior. Em modo de aquecimento, inverte o papel com o evaporador,

ficando no interior para fornecer calor ao ambiente [9].

- **Válvula de Expansão Eletrônica**

Regula a quantidade de fluido de trabalho que entra no evaporador, reduzindo a sua pressão e temperatura. Isto permite que o fluido absorva calor na unidade interior durante o modo de arrefecimento. Nos sistemas VRF, a válvula de expansão é eletrônica, garantindo um controlo mais preciso do fluxo de fluido [9].

- **Unidade Exterior**

Contém o compressor, o condensador e a válvula de expansão principal. A sua função principal é gerir o fluxo de fluido e dissipar calor para o ambiente exterior.

- **Unidades Interiores**

Dispositivos responsáveis por climatizar os espaços interiores. Contêm o evaporador, ventiladores e sensores que monitorizam a temperatura e humidade da sala. Cada unidade pode funcionar de forma independente, garantindo zonas de climatização personalizadas.

- **Rede de Tubagens de Refrigerante**

Transporta o fluido frigorigéneo entre a unidade exterior e as unidades interiores. Como os sistemas VRF utilizam diretamente o fluido frigorigéneo sem água como intermediário, a eficiência da rede de tubagens é crucial para o desempenho do sistema.

- **Sensores de Temperatura e Humidade**

Permitem que o sistema VRF ajuste automaticamente o fluxo de fluido de acordo com a necessidade térmica do ambiente. Estes sensores enviam informações para o controlador central, que regula o funcionamento do sistema para maximizar a eficiência energética e o conforto térmico.

Ao falar de sistemas VRF, é possível identificar diferentes variantes deste tipo de sistema de climatização. Destacam-se três tipos principais [10]:

- ***VRF Air Conditioning (Cooling-Only):***

- Sistema projetado apenas para efeitos de arrefecimento. Não possui capacidade de aquecimento.
- O fluido frigorigéneo circula entre a unidade exterior e as unidades interiores, absorvendo calor no interior e libertando-o no exterior.
- Utilizado em regiões onde o aquecimento não é necessário ou o clima é sempre quente.

- ***VRF Heat Pump (VRFHP):***

- Sistema que pode operar em modo de arrefecimento ou aquecimento, mas não ambos simultaneamente. A mudança é feita com válvulas de quatro vias.
- Em arrefecimento, o fluido é refrigerado na unidade exterior e absorve calor no interior.
- Em aquecimento, o processo inverte-se, absorvendo calor do exterior e libertando-o no interior.
- Ideal para ambientes que necessitam apenas de um modo de climatização de cada vez.

- ***VRF Heat Recovery (VRFHR):***

- Permite o arrefecimento e o aquecimento simultâneos em diferentes unidades interiores, transferindo calor entre elas.

- Utiliza uma unidade de recuperação de calor para gerir o fluxo do fluido frigorigéneo.
- Opera em múltiplos modos: apenas arrefecimento, apenas aquecimento, dominância de arrefecimento/aquecimento e modo de descongelação.
- Ideal para edifícios grandes com necessidades térmicas variadas.

O sistema inicialmente projetado pela empresa era do tipo *VRF Heat Pump*, com apenas 2 tubos, ou seja, só podia aquecer ou arrefecer, mas nunca ambos em simultâneo em divisões diferentes.

2.2.2 Sistemas ar-água

O sistema de climatização considerado como alternativa ao existente é um sistema de bomba de calor, que pode funcionar como chiller consoante o objetivo, integrado numa rede de tubagens de água. Essa água atua como fluido de trabalho, permitindo a transferência de calor entre o ar exterior e o ar de cada uma das divisões.

Neste tipo de sistema, são utilizados simultaneamente ar e água como fluidos térmicos. Na prática, o funcionamento é feito pela injeção de ar previamente aquecido ou arrefecido, conforme o objetivo, através do circuito de água para as divisões [11]. Este pré-condicionamento do ar pode ser feito num sistema centralizado, ou seja, numa Unidade de Tratamento de Ar (UTA), onde a água quente ou fria transfere calor para o ar nos permutadores da UTA. A climatização também pode ser feita através da distribuição de água quente/fria para unidades ventiloconvectoras (*fancoils*), que funcionam como unidades interiores deste sistema, aquecendo ou arrefecendo o ar a ser insuflado no espaço. Estes dispositivos têm a grande vantagem de não necessitarem de um fluxo contínuo de água a altas temperaturas para serem eficientes, funcionando bem com água a temperaturas relativamente baixas (cerca de 35 °C), ajustando a distribuição de ar pela ação das *fancoils* [12].

O equipamento comum aos dois tipos de sistemas ar-água é a bomba de calor/chiller. Estes equipamentos podem funcionar tanto para aquecimento direto do ar como para aquecimento da água. Quando as necessidades térmicas são de grande dimensão, é comum utilizar bombas de calor com circulação de água no evaporador, permitindo assim aproveitar simultaneamente a produção de água refrigerada no evaporador e água quente no condensador.

2.3 Metodologia *Life Cycle Assessment*

Com o objetivo de comparar de forma rigorosa os dois projetos, foi escolhida a metodologia de análise de impacto ambiental denominada de *Life Cycle Assessment*. Um Life Cycle Assessment (LCA) tem como objetivo principal avaliar o impacto que um objeto, um processo ou uma organização têm a nível ambiental, analisando alguns indicadores como, por exemplo, o nível de emissões de gases de efeito de estufa, o consumo de água, ou o uso de recursos naturais [13].

Um LCA é baseado num conceito de ciclo de vida do produto semelhante ao que pode ser visualizado na figura 2.2. Este conceito de *Product Life Cycle* implica o acompanhamento do produto desde a sua origem ("*cradle*"), correspondente aos recursos naturais utilizados ("*Raw materials*"), até ao fim de vida do produto ("*grave*") [14].

Este ciclo de vida do produto implica ainda etapas cruciais como a produção e manufatura do produto final, o transporte dos recursos e posteriormente do produto para o local de utilização e o uso durante o tempo de vida do produto.

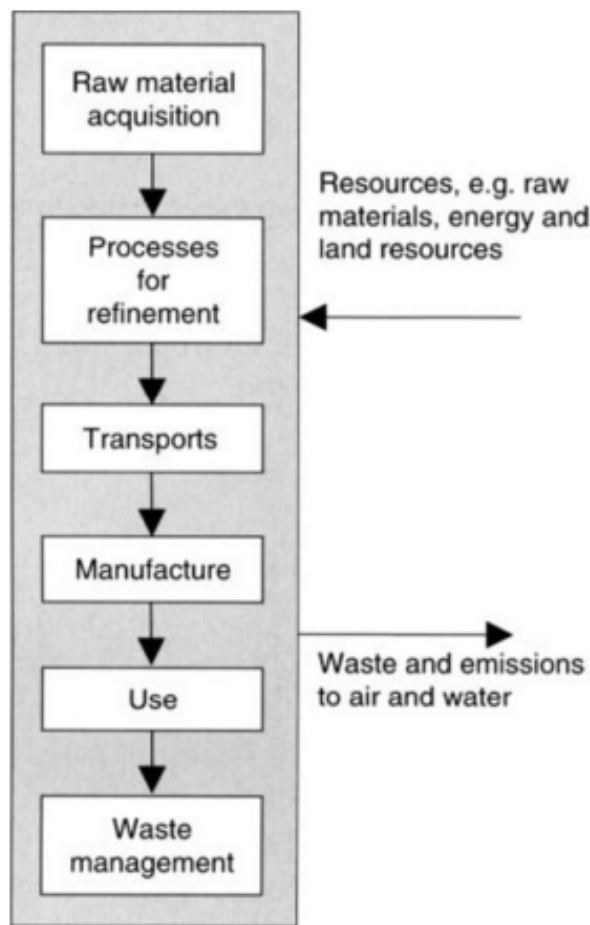


Figura 2.2: Ciclo de vida de um produto

Todo este percurso do produto é, num LCA, documentado num inventário de ciclo de vida ("Life Cycle Inventory"), que quantifica os recursos materiais e energéticos utilizados, os resíduos produzidos, e ainda, as emissões associadas ao ciclo do produto [14].

Tendo em conta as etapas de um *Life Cycle Assessment* já enumeradas, os LCA podem ser classificados essencialmente de 4 formas distintas: *Cradle-to-grave*, *Cradle-to-gate*, *Cradle-to-cradle* e *Gate-to-gate* [15].

O primeiro modelo de *Life Cycle Assessment* mencionado, o *Cradle-to-grave*, baseia-se numa análise completa ao ciclo de vida do produto. Ou seja, desde o seu estado inicial, na forma dos recursos naturais que são retirados ao meio ambiente, até ao seu fim de vida (quer seja este na forma de reciclagem, inseneração ou colocação num aterro). [15]

O modelo *Cradle-to-gate* apenas avalia o impacto do ciclo de vida de um produto até ao momento em que sai da fábrica onde é produzido. Este tipo de modelo é particularmente interessante para os fabricantes dos produtos poderem fazer as devidas análises e conseguirem otimizar processos. [15]

O terceiro modelo, o *Cradle-to-cradle* ou *closed-loop recycling*, é um modelo que considera um ciclo fechado, onde o fim de vida do produto consiste na produção, através de processos de reciclagem, de novos produtos. É um modelo vastamente associado aos estudos enquadrados no tema da economia circular. [15]

Por fim, o modelo *Gate-to-gate* é especialmente útil para as situações em que apenas se pretende analisar o impacto ambiental de um dos processos do ciclo de vida de um produto. Ou seja, serve para fazer análises individuais a determinadas etapas específicas do ciclo de vida de um produto. [15]

No caso específico do estudo que foi realizado no âmbito desta tese de mestrado, foi utilizada uma conjugação de modelos intermédios de *Gate-to-gate*, de forma a ser possível fazer uma análise intercalada conforme a fase que se pretendia analisar.

Um LCA, para além de poder ser classificado pelas categorias já mencionadas, deve ainda seguir um conjunto de fases, tal como é possível visualizar na figura 2.3.

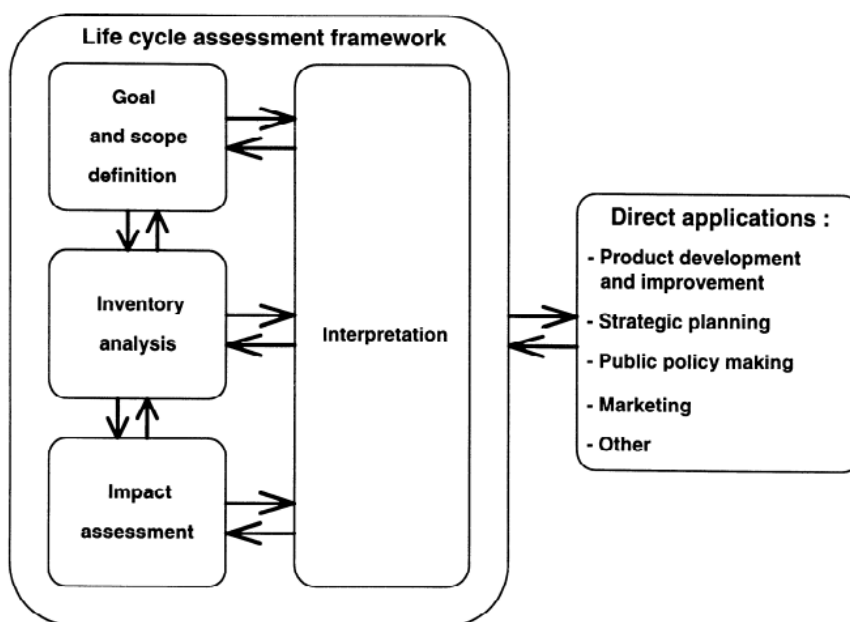


Figura 2.3: Fases de um LCA [14]

A primeira fase, denominada de *Goal and Scope Definition*, é caracterizada por ser uma fase de planeamento onde são definidos os objetivos do estudo a ser efetuado, de forma a facilitar a análise. É também nesta fase que é definido o tipo de LCA a ser feito e ainda a unidade de referência a ser utilizada [14, 16].

A segunda fase é a análise de inventário (*Inventory Analysis*). Aqui são referenciados todos os fluxos de entrada e de saída de cada um dos processos pertencentes ao ciclo de vida do produto. Estes fluxos podem ser tanto matérias primas e recursos consumidos, como emissões, produtos e lixo produzido no decorrer do ciclo. Devem ser recolhidas informações quer quantitativas, ou seja relativamente aos valores dos fluxos selecionados, quer informações qualitativas, como por exemplo os locais de produção e de origem dos materiais, a descrição das tecnologias associadas aos processos envolvidos no ciclo de vida do produto ou a forma de medição das emissões [14, 16].

A fase conhecida como *Impact assessment* tem como finalidade a quantificação dos efeitos provocados pelos fluxos introduzidos na fase anterior. Isto é conseguido através da identificação e seleção das categorias de quantificação do impacto ambiental que melhor se enquadram com a análise que é pretendida [14, 16].

A última fase que é necessária a uma análise de impacto ambiental deste género é a interpretação dos resultados. Este processo envolve uma análise quer aos parâmetros de impacto ambiental

selecionados, como a todos os fluxos introduzidos. A interpretação dos resultados obtidos tende a levar às conclusões que se pretendiam obter inicialmente com o estudo [14, 16].

2.3.1 *OpenLCA*

Para a realização deste tipo de estudo, foi escolhida uma plataforma computacional *opensource* denominada *openLCA*.

O *openLCA* é um *software* desenvolvido pela empresa alemã *GreenDelta* com o objetivo específico de permitir o seu uso livre e gratuito para a realização de análises de ciclo de vida (LCA), conforme definido pelas normas ISO 14040 e ISO 14044. Estas normas internacionais estabelecem os princípios e estrutura para a realização de um LCA e fornecem diretrizes que permitem avaliar os impactos ambientais de produtos e serviços ao longo de todo o seu ciclo de vida [17].

O *openLCA* permite aos utilizadores modelar sistemas complexos de produção e consumo, integrando fluxos de materiais, energia e emissões, e avaliando os seus impactos com base em métodos reconhecidos, como o ReCiPe, International Reference Life Cycle Data System (ILCD), Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and other Environmental Impacts (TRACI), entre outros. A ferramenta suporta a utilização de bases de dados LCA como a *ecoinvent*, *Agribalyse* ou European Life Cycle Database (ELCD), o que facilita a obtenção de inventários consistentes e comparáveis [18].

Este *software*, para além das avaliações de impacto ambiental, permite ainda a realização de outros tipos de estudo complementares, tais como as avaliações sociais ou avaliações de custo de ciclo de vida. Esta conjugação de diferentes análises aplicáveis a diversos ramos da ciência, permitem ao programa ser usado nos mais distintos contextos.

2.4 Declarações ambientais

Para além da análise prática realizada neste trabalho, feita com recurso ao programa *openLCA*, foi ainda feita uma análise com dados já existentes. Esta análise teve por base os dados retirados das declarações ambientais fornecidas pelos produtores dos equipamentos utilizados. Os relatórios de impacto ambiental que foram fornecidos foram essencialmente de dois tipos: *Product Environmental Profile* (PEP) *Ecopassport* e *Environmental Product Declaration*. Estes dois géneros de relatório ambiental são muito semelhantes, divergindo na associação que os regulamenta, sendo uma mais focada em equipamentos mais específicos (*PEP association*) e a outra mais abrangente.

2.4.1 *PEP Ecopassport*

O PEP Ecopassport é um programa internacional de *Environmental Product Declaration* (EPD). Este programa, tal como já referido, foi desenvolvido para produtos de setores específicos, tais como o setor elétrico, da eletrónica ou da climatização (AVAC). Este programa baseia-se nas já mencionadas normas ISO 14040 e ISO 14044, para além das normas ISO 14025 e EN 15804. A norma ISO 14025 estabelece regras para criar declarações ambientais do tipo III, declarações estas que apresentam dados verificados sobre os impactos ambientais de produtos com base no seu ciclo de vida. A norma EN 15804 estabelece regras de categoria de produto comuns para declarações ambientais tipo III aplicadas a produtos de construção [19, 20].

As declarações ambientais de tipo III consistem em documentos normalizados que apresentam informações quantitativas e comparáveis, verificadas por entidades externas, baseando-se em

análises de ciclos de vida dos produtos em questão. As declarações de tipo I e II baseam-se em normas diferentes (neste caso, ISO 14024 e ISO 14021, respetivamente).

Cada PEP é baseada numa avaliação do ciclo de vida do produto (LCA), considerando todas as fases do ciclo de vida: produção, transporte, utilização e fim de vida. A metodologia usada deve seguir obrigatoriamente a norma EN 50693, dedicada aos produtos eletrotécnicos, garantindo a harmonização das regras de categoria de produto.

As declarações PEP são ferramentas essenciais para a comunicação ambiental transparente e para a integração em esquemas de construção sustentável, contribuindo para o desenvolvimento sustentável dos mercados em questão e para o cumprimento de regulamentações aplicadas a nível internacional, europeu e nacional. [19]

2.4.2 EPD

Uma *Environmental Product Declaration* ou EPD é, tal como o *PEP ecopassport*, um documento oficial, redigido pelos produtores segundo regulamentos e normas específicas e verificado por entidades externas (a *EPD international* por exemplo), que apresenta informações quantitativas sobre os impactos ambientais de um produto ao longo do seu ciclo de vida. Baseia-se também nas normas ISO 14040, ISO 14044 e ISO14025.

Estas declarações ambientais permitem a comparação direta de produtos a nível de impacto ambiental, fornecendo dados como as emissões de gases com efeito de estufa, o consumo de recursos ou a geração de resíduos.

EPDs são amplamente utilizadas em processos de certificação ambiental de edifícios, compras sustentáveis e conformidade regulamentar, como por exemplo a regulamentação europeia sobre construção.

Capítulo 3

Descrição do projeto

O estudo que se fez nesta tese tinha como objetivo comparar dois tipos diferentes de sistemas de climatização. Para tal, foi necessário projetarem-se os dois sistemas num edifício real. Este edifício está ligado a um projeto a ser realizado na empresa que acolheu o estágio curricular e que me permitiu usar os dados já existentes para realizar o estudo.

Este edifício corresponde a um pavilhão multiusos na zona do Carregado, concelho de Alenquer, que funcionará principalmente como centro de conferências. No entanto, não se espera que seja um centro de conferências regular, mas sim um auditório preparado para receber reuniões religiosas. Estas reuniões religiosas aconteceriam na maioria das vezes durante o fim-de-semana.

O edifício tem uma área útil de cerca de 4756 m², uma lotação de 2450 pessoas e pode ser dividido em 34 divisões distintas, sendo apenas 16 das quais climatizadas pelos sistemas abordados neste trabalho. Existe ainda outra divisão climatizada no projeto inicial, o auditório principal, que não foi analisada neste trabalho, uma vez que no projeto inicial já utiliza um sistema de climatização a água e, portanto, não seria possível haver comparação de sistemas.

Como se pode ver pelas figuras 3.1, 3.2 e 3.3, os espaços do edifício foram divididos em 2 zonas, a zona Oeste e a zona Este. Esta divisão deveu-se à localização das duas bombas de calor que foram escolhidas, permitindo uma maior proximidade entre as respetivas unidades exteriores e interiores e, consequentemente, um menor comprimento de tubagens.

Para além da divisão em zonas para melhor alocação das bombas de calor, foi também feita uma divisão a nível de padrões de utilização. Todas as divisões da zona oeste e este exceto os escritórios seguiram um padrão de utilização personalizado de acordo com a utilização prevista do auditório. Esta utilização foi considerada para os casos extremos, ou seja, nos fins de semana com atividade intensa no auditório e segue o perfil horário da figura A.1 (anexo A).

Os 4 escritórios, utilizados diariamente, seguiram um perfil horário ligeiramente diferente (figura A.2 - anexo A), representando aquela que se espera que seja a sua utilização, tendo em conta a utilização individual destes espaços.

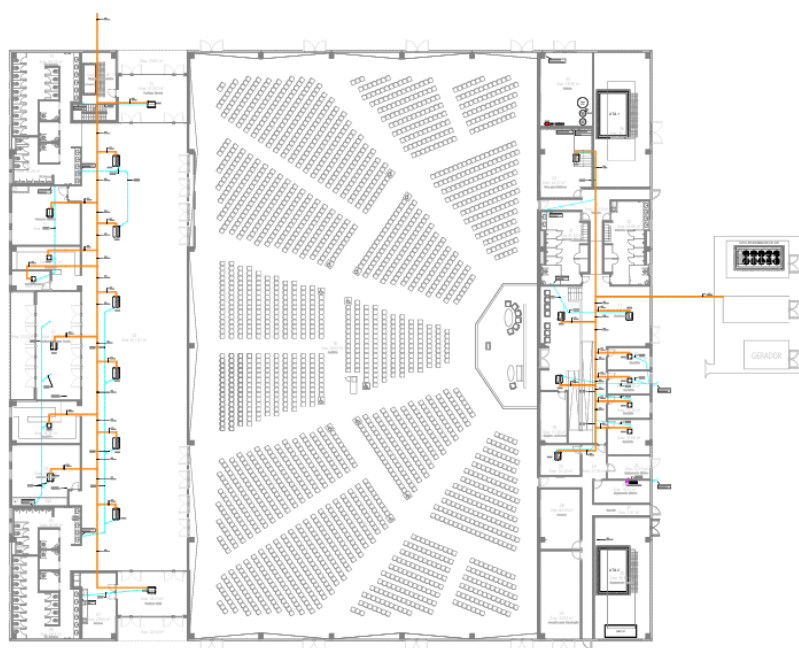


Figura 3.1: Desenho esquemático da distribuição das tubagens pelos espaços

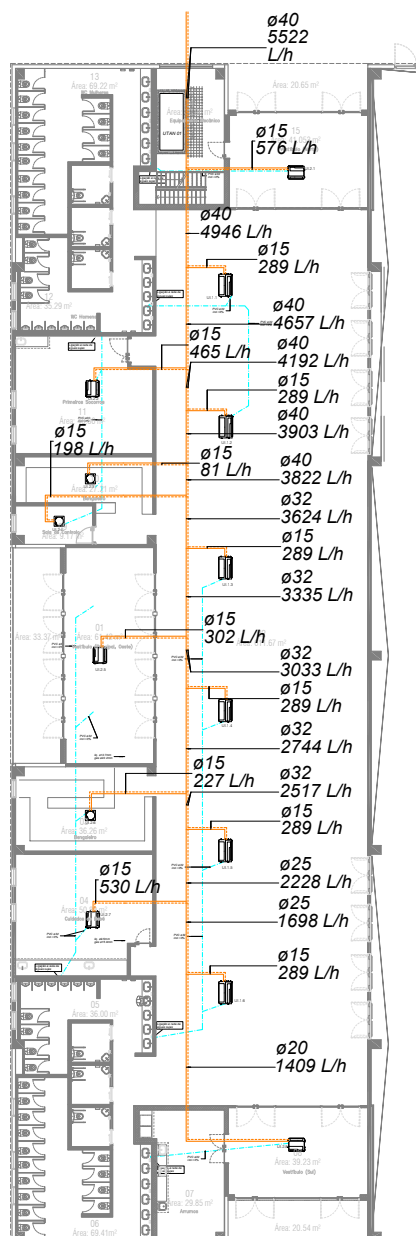


Figura 3.2: Rede de tubagens - sistema oeste

Capítulo 4

Condições de Projeto

Antes de considerar qualquer solução potencial como alternativa ao que já havia sido proposto pela empresa, foi necessário realizar todos os cálculos que antecedem este processo de seleção. Neste sentido, foram analisados aspetos como o caudal mínimo de ar novo necessário em cada compartimento do edifício e as cargas térmicas para aquecimento e arrefecimento do edifício. Para a realização destas análises, foram utilizados diferentes softwares e ferramentas de cálculo que auxiliaram o processo. Entre estes, destacou-se o software *CypeTHERM Loads*, que permitiu simular as cargas térmicas presentes no edifício ao longo do ano.

Foram realizados diferentes tipos de análises e cálculos para dimensionar toda a rede de distribuição de ar, incluindo as unidades de tratamento de ar, bem como a rede de tubagens de água que permitirá a climatização de todos os espaços onde tal é essencial, segundo a legislação. Para além de toda a rede de tubagens, estes cálculos também permitiram uma seleção fundamentada de todos os equipamentos de climatização e bombagem, bem como de equipamentos auxiliares, tais como válvulas, vasos de expansão, entre outros.

4.1 Caudal Mínimo de Ar Novo

Os primeiros cálculos realizados foram relativos às necessidades mínimas de ar novo a ser introduzido em cada um dos compartimentos. Estes dados são importantes para o posterior cálculo das necessidades térmicas de cada divisão.

Todos estes cálculos foram realizados de acordo com as normas apresentadas no *Manual Técnico para a Avaliação do Desempenho Energético dos Edifícios* de 2021, da *Direção-Geral de Energia e Geologia* [21]. Os métodos de cálculo para este caso específico foram retirados da secção 9.2.2 deste documento, nomeadamente da secção "Caudais mínimos de ar novo", mais especificamente na subsecção correspondente a edifícios de comércio e serviços.

Segundo o documento referido, cada compartimento deve ter um Caudal de ar novo $[m^3/h]$ (Q_{AN}) igual ou superior ao Caudal de ar novo mínimo $[m^3/h]$ ($Q_{AN_{\min}}$). Este caudal mínimo de ar insuflado é dado pela Equação 4.1.

$$Q_{AN_{\min}} = \max \left(Q_{\text{critério ocupação } AN}, Q_{\text{critério edifício } AN} \right) \quad [m^3/h] \quad (4.1)$$

Conhecido o caudal mínimo de ar novo requerido, é também necessário considerar a eficácia

de remoção de poluentes dos sistemas de ventilação mecânica, *Eficácia de Remoção de Poluentes* (ε_v). De acordo com o REHVA Guide (2003) Guidebook No. 2, Mundt et al. [22, 23], conclui-se a partir da Tabela 4.1 que a eficácia de remoção mais adequada para o modelo em questão é de 0.8. Isto porque se assumiu que tanto a insuflação como a extração seriam sempre realizadas através do teto, quer para ar quente quer para ar frio.

Tabela 4.1: ε_v [21]

Tabela 68 – Eficácia da remoção de poluentes

Configuração da distribuição de ar na zona	ε_v
Insuflação pelo teto, ar frio	1
Insuflação pelo teto e extração junto ao pavimento, ar quente	1
Insuflação pelo teto, de ar quente pelo menos 8 °C acima da temperatura do local e extração/retorno pelo teto	0,8
Insuflação pelo teto, de ar quente pelo menos 8 °C acima da temperatura do local e extração/retorno pelo teto, desde que o jato de ar de insuflação, tenha velocidade superior a 0,8 m/s e alcance até 1,4 m do pavimento	1 ⁽¹⁾
Insuflação de ar frio junto ao pavimento e extração/retorno junto ao teto, desde que o jato de ar de insuflação com uma velocidade de 0,8 m/s, tenha um alcance de 1,4 m ou mais, em relação ao pavimento	1
Insuflação de ar frio a baixa velocidade junto ao pavimento e extração junto ao teto, numa estratégia de ventilação do tipo deslocamento, proporcione um fluxo unidirecional e estratificação térmica	1,2
Insuflação de ar quente junto ao pavimento e extração junto ao pavimento, no lado oposto do compartimento	1
Insuflação de ar quente junto ao pavimento e extração/retorno junto ao teto	0,7

Manual SCE

Pág. 105

Configuração da distribuição de ar na zona	ε_v
Admissão natural de ar no lado oposto do compartimento em relação ao ponto de extração/retorno mecânica	0,8
Admissão natural de ar junto ao ponto de extração/retorno mecânica	0,5
Insuflação de ar quente junto ao pavimento e extração/retorno junto ao teto, no mesmo lado do compartimento ou em localização próxima	0,5
Insuflação de ar frio junto ao teto e extração/retorno junto ao pavimento, do mesmo lado do compartimento ou em localização próxima	0,5

(1) Para velocidades mais baixas, $\varepsilon_v = 0,8$

Conhecendo este valor, foi possível calcular o Caudal de ar novo corrigido [m^3/h] (Q_{ANF}) de ar novo a ser introduzido em cada compartimento com base na Equação 4.2.

$$Q_{ANF} = \frac{Q_{ANmin}}{\varepsilon_v} \quad [m^3/h] \quad (4.2)$$

O caudal mínimo de ar novo a ser introduzido pode ser determinado com base em dois critérios diferentes: o critério de ocupação ou o critério do edifício. Para cada compartimento que requer a insuflação de ar novo, é necessário calcular o caudal mínimo segundo cada critério e selecionar o valor mais elevado.

$$Q_{AN} = n \cdot Q_{AN,Mmet} \quad (4.3)$$

O primeiro dos critérios mencionados, o critério de ocupação, é dado pela Equação 4.3, onde *Número de Ocupantes* (n) corresponde ao número de ocupantes previsto na sala, e *Caudal de Ar Novo por Ocupante* ($Q_{AN, Mmet}$) representa o caudal de ar novo por ocupante. Para determinar este valor, é utilizada a Tabela 4.2.

Tabela 4.2: Caudal de ar novo por ocupante, consoante o tipo de espaço [21]

Tipo de espaço	Tipo de atividade	Caudal de ar novo [m ³ /(h.ocupante)]
Quartos, dormitórios e similares	Sono	16
Salas de repouso, salas de espera, salas de conferências, auditórios e similares, bibliotecas	Descanso	20
Escritórios, gabinetes, secretarias, salas de aula, cinemas, salas de espetáculo, salas de refeições, lojas e similares, museus e galerias, salas de convívio, salas de atividade de estabelecimentos de geriatria e similares	Sedentária	24
Salas de jardim de infância e pré-escolar e salas de creche		28
Laboratórios, <i>ateliers</i> , salas de desenho e trabalhos oficiais, cafés, bares, salas de jogos e similares	Moderada	35
Pista de dança, salas de ginásios, salas de <i>ballet</i> e similares	Ligeiramente alta	49
Salas de musculação, salas em ginásios e pavilhões desportivos e similares	Alta	98

Com base nas descrições de cada categoria, determinou-se que todos os espaços climatizados do edifício correspondem à terceira categoria, com um caudal de $24 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{ocupante})$, exceto a sala de cuidados de bebés, que se enquadra na quarta categoria, "Salas de jardim de infância e pré-escolar e salas de creche", para a qual o caudal de ar novo por ocupante é de $28 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{ocupante})$.

Relativamente ao segundo critério, o critério do edifício, este é o utilizado para avaliar o caudal necessário à remoção de poluentes nesse espaço. Esse caudal é dado pela Equação 4.4.

$$Q_{AN} = A_{\text{espaço}} \cdot Q_{AN, \text{área}} \quad (4.4)$$

Nesta expressão, Área de cada espaço [m^2] ($A_{\text{espaço}}$) corresponde à área do espaço para o qual se pretende calcular o caudal de ar novo a ser insuflado, e $Q_{AN, \text{área}}$ representa o caudal de ar novo por unidade de área, obtido a partir da tabela presente na Tabela 4.3.

Tabela 4.3: Caudal de ar novo por unidade de área, em função da carga poluente [21]

Situação do edifício	Caudal de ar novo [m ³ /(h.m ²)]
Sem atividades que envolvam a emissão de poluentes específicos	3
Com atividades que envolvam a emissão de poluentes específicos ⁽¹⁾	5
Com espaços em que a existência predominante (superior a 75%) de materiais de baixa emissão poluente ⁽²⁾	2
Piscinas (em que a área de referência é a área do plano de água)	20

Neste caso, uma vez que não existe uma atividade específica que envolva a emissão substancial de poluentes, selecionou-se um caudal de ar novo por unidade de área de $3 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$.

Para o cálculo do caudal final de ar novo a ser introduzido em cada uma das salas do edifício, foi criada uma folha de Excel, visível no Anexo B, onde são calculados os caudais efetivos (considerando a taxa de eficácia do sistema de ventilação mecânica) para cada critério. Após a seleção do valor mais elevado dos caudais mínimos, consideram-se perdas de 3 por cento no sistema de ventilação, e seleciona-se um caudal de projeto superior a esse valor.

4.2 Cálculo das Cargas Térmicas

Um dos cálculos mais relevantes para o dimensionamento dos sistemas AVAC do edifício é o cálculo das cargas térmicas. Para este fim, foi utilizado o software de simulação de cargas térmicas *CYPETHERM Loads*. Este programa de simulação permite o cálculo da potência necessária de aquecimento e arrefecimento para manter condições ideais de conforto térmico num espaço definido pelo utilizador, com base no método de cálculo ASHRAE (*Radiant Time Series Method*). O software permite o cálculo das cargas sensíveis e latentes, tendo em conta os perfis horários de utilização definidos para cada espaço.

Estes cálculos consideram fatores-chave como ganhos internos (ocupação, iluminação, equipamentos, infiltração e renovação de ar), dados climáticos locais (através da ligação à base de dados climáticos da ASHRAE) e o envelope térmico definido segundo a informação fornecida pela arquitetura.

Para definir os materiais que compõem cada um dos elementos de envolvente do edifício, foi necessário importar um modelo *Building Information Modeling* (BIM) do edifício previamente elaborado no software *IFC Builder*.

4.2.1 Modelo BIM - *IFC Builder*

No software de modelação 3D *IFC Builder*, é necessário definir quantos pisos serão criados e, em seguida, proceder à definição do pavimento, paredes, tetos e coberturas. Uma vez definidas as dimensões e estrutura do edifício, devem ser inseridas as aberturas existentes. Entre as aberturas, foram incluídas todas as janelas com acesso ao exterior, todas as áreas envidraçadas, bem como portas exteriores e interiores.

A representação final do edifício produzida ao longo do trabalho de dissertação pode ser vista nas Figuras 4.1 e 4.2.

4.2.2 *CYPETHERM Loads*

Após exportar o ficheiro contendo o modelo completo do edifício do *IFC Builder* para o *CYPETHERM Loads*, os compartimentos foram agrupados em cinco tipos: salas técnicas, sala de batismos, balneários, gabinetes e áreas comuns.

Posteriormente, todos os elementos da envolvente definidos anteriormente foram personalizados. Desta forma, foram criados vários tipos de paredes, coberturas, tetos e pavimentos, com base nas informações fornecidas pela documentação arquitetónica. Os principais elementos de envolvente criados são os seguintes:

- Pavimento
- Cobertura
- Parede interior

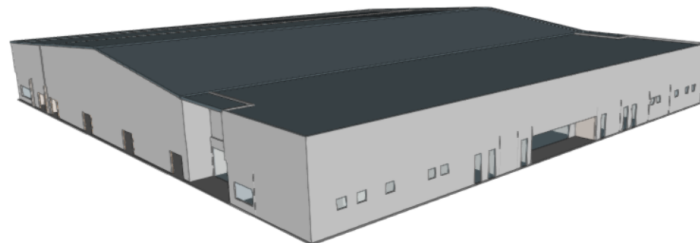


Figura 4.1: Modelo IFC (1)

- Parede exterior
- Parede de casa de banho
- Teto falso
- Parede do auditório
- Parede interior em betão

A constituição de cada um destes elementos da envolvente pode ser visualizada nas imagens presentes no anexo C.

Depois, definiram-se as aberturas do edifício, nomeadamente as portas e as janelas. Foi considerado um coeficiente de transmissão térmica para o vidro das janelas de $2,7 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$.

De seguida, foi configurado o perfil de cargas térmicas para cada um dos compartimentos individualmente, assim como as condições finais de conforto térmico às quais se pretende chegar. Para todos os compartimentos, com exceção à sala de batismos, as condições definidas para os espaços interiores são as presentes na figura 4.3.

As restantes condições, quer a nível de ganhos internos quer a nível de ventilação, podem ser visualizadas nas Tabelas do anexo B. Nessa secção do *software CypeTHERM*, foi possível, para cada compartimento, configurar de acordo com os cálculos feitos anteriormente ou com as suas características aspetos como a ventilação e a eficiência desta mesma ventilação (tendo sido adotado o valor mínimo por lei de 73 por cento [24]), o número de pessoas que habitualmente ocupará simultaneamente aquele local, o calor emitido por cada uma delas de acordo com o tipo de atividade que estejam a exercer, o tipo de equipamentos que levem a ganhos internos e a iluminação do espaço (que também libertará calor). A imagem referida apresenta os dados relativos a apenas uma das salas do edifício, sendo a configuração de cada uma delas diferente.

O cálculo do caudal de ar mínimo para a sala batismal teve de ser feito de forma ligeiramente diferente, dado o pequeno tanque existente na sala. Nas tabelas C.1 e C.2 está explícitos os valores usados para calcular o caudal de ar novo usado para a sala batismal.

No final, obtiveram-se os valores visíveis na Tabela 4.4 para as cargas térmicas de cada uma das divisões.

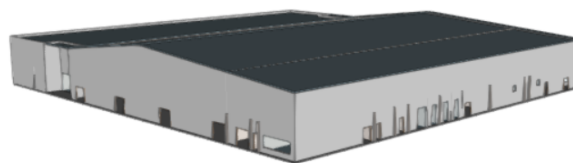


Figura 4.2: Modelo IFC (2)

Arrefecimento		Aquecimento	
Temperatura interior de dimensionamento	25.0 °C	Temperatura interior de dimensionamento	20.0 °C
Humidade relativa de dimensionamento	50.00 %	Humidade relativa de dimensionamento	40.00 %

Figura 4.3: Condições interiores

Tabela 4.4: Cargas térmicas

Compartimento	Caudal Ar Novo (m3/h)	Carga arrefecimento (kW)	Carga aquecimento (kW)
Sala de batismos	230	0,425	1,977
Escritório 1	70	0,943	0,459
Escritório 2	70	0,946	0,465
Escritório 3	70	0,946	0,465
Escritório 4	100	1,839	0,820
Audiovisual	70	0,713	0,274
Vestíbulo Norte	160	3,341	1,791
Vestíbulo Sul	160	8,199	1,739
Vestíbulo Principal	250	1,750	0,854
Cuidados bebé	290	3,072	1,385
Bengaleiro 1	150	1,316	0,759
Sala de controlo	40	1,149	0,423
Bengaleiro 2	110	0,470	0,467
Primeiros Socorros	190	2,700	1,258
Átrio Principal	2370	10,058	6,327
Corredor	910	6,448	6,844

Capítulo 5

Sistema proposto

Neste capítulo, são expostos todos os equipamentos de maior relevância selecionados para o sistema projetado, tendo em conta os cálculos efetuados e apresentados no capítulo anterior. Para além disso, é também explicado o processo de dimensionamento de alguns dos componentes.

5.1 Unidades interiores - Ventiloconvectores

Os primeiros equipamentos a serem dimensionados foram os ventiloconvectores, ou seja, as unidades de climatização internas do sistema ar-água. Este dimensionamento teve por base sobretudo as potências de aquecimento e arrefecimento necessárias a cada um dos espaços e a disposição espacial de cada um dos equipamentos, de forma a que fosse possível ser feita uma correta distribuição do ar insuflado e extraído.

Para começar este dimensionamento e as escolhas das máquinas, foi necessário então efetuar a seleção do tipo de equipamento para cada divisão, ou seja, se seria um ventilo-convector de conduta, de cassete ou de outro tipo.

A distribuição dos equipamentos pode ser visualizada na figura 3.1. Aqui, é possível observar, para além do posicionamento de cada uma das unidades interiores de climatização, toda a rede de abastecimento de água (linha contínua cor de laranja) e a rede de retorno para o Chiller (a traço interrompido cor de laranja). São também identificadas as localizações das duas bombas de calor, neste caso localizadas no final das linhas de tubagens. Uma delas foi posicionada na sala técnica previamente definida, na zona este do edifício, enquanto a outra foi colocada numa zona que estaria a ser pensada para ser um jardim, do outro lado da rua junto à habitação adjacente ao multiusos. Ambas as zonas técnicas estão identificadas por retângulos vermelhos na figura 5.1.

Tendo em conta as potências requeridas e os caudais de ar necessários, foram escolhidas máquinas como as visíveis na Tabela 5.1. As máquinas indicadas apenas remetem para as características pretendidas, não sendo obrigatório o uso das máquinas especificadas na tabela.

5.2 Unidades exteriores - Chillers/Bombas de calor

Depois de dimensionadas e posicionadas todas as unidades interiores, foram selecionadas as unidades exteriores tendo em conta as potências de arrefecimento e aquecimento requeridas pelos ventilo-convectores escolhidos. Este dimensionamento está explícito na tabela presente na Tabela 5.2, onde é possível já ver informações relevantes das máquinas selecionadas, tais como as perdas de



carga associadas à passagem da água no seu interior, as potências de arrefecimento e aquecimento de cada uma delas, o fluido frigorigéneo com o qual vão trabalhar ou ainda os seus *Coefficient Of Performance* (COP) e os *Energy Efficiency Ratio* (EER).

5.3 Tubagens

As tubagens escolhidas foram tubagens de ferro preto uma vez que têm boas características de resistência mecânica e, ao contrário do cobre (alternativa que melhores características teria), apresenta-se como uma alternativa de baixo custo, fator importante para este tipo de projeto.

Durante o processo de dimensionamento das tubagens de interligação entre os equipamentos exteriores e interiores foram considerados 2 limitadores principais para delinear o diâmetro adequado das tubagens. Primeiro, foi considerado como o mínimo um diâmetro normalizado DN15, já que, por norma, este diâmetro aproxima-se mais do que é pedido nas entradas das máquinas e diâmetros inferiores são menos comuns para este tipo de tubagens. Por outro lado, definiu-se, com base no capítulo 22 do livro *ASHRAE Fundamentals* [25], que a perda de carga máxima por unidade de comprimento seria de 400 Pa/m. Neste sentido, definiram-se os diâmetros que podem ser observados nas tabelas do anexo D, onde se encontram numeradas as tubagens desde a unidade exterior do bloco oeste até à última unidade interior abastecida, seguindo-se da mesma situação para o bloco este do edifício. Na Tabela D.3, podem-se ver os valores finais das pressões manométricas de projeto calculadas com o objetivo de se definirem as bombas de circulação finais.

5.4 Sistema de bombagem

Para calcular as bombas mais indicadas para os dois sistemas de bombagem necessários para a realização do estudo de comparação, usei o dimensionador da marca *Grundfos* para escolher a melhor solução para as necessidades dos sistemas. Para tal, foi necessário primeiro calcular o volume que atravessaria cada uma das tubagens numeradas. Neste sentido, foi considerado o

Tabela 5.1: Seleção de equipamentos

Compartimento	Caudal Ar Novo (m ³ /h)	Carga arrefecimento (kW)	Carga aquecimento (kW)	Equipamento	Tipo	Quantidade	Caudal (m ³ /h)	Arrefecimento (kW)	Aquecimento (kW)
Piscina	230	0,425	1,977	Carrier 42NH 225	Conduta	1	272	1,47	2,07
Escritório 1	70	0,943	0,459	Carrier 42KY10C	Cassete	1	440	1,7	2
Escritório 2	70	0,946	0,465	Carrier 42KY10C	Cassete	1	440	1,7	2
Escritório 3	70	0,946	0,465	Carrier 42KY10C	Cassete	1	440	1,7	2
Escritório 4	100	1,839	0,82	Carrier 42KY20C	Cassete	1	420	2,6	2,7
Audiovisual	70	0,713	0,274	Carrier 42EP 029	Conduta	1	324	1,3	1,9
Vestibulo Norte	160	3,341	1,791	Carrier 42NH 425	Conduta	1	739	3,5	5,23
Vestibulo Sul	160	8,199	1,739	Carrier 42NH 635	Conduta	1	1796	8,77	13,4
Vestibulo Principal	250	1,75	0,854	Carrier 42NH 239	Conduta	1	623	1,82	2,46
Quilados bebé	290	3,072	1,365	Carrier 42NH 339	Conduta	1	709	3,68	5,21
Bengaleiro 1	150	1,316	0,759	Carrier 42KY10C	Cassete	1	440	1,7	2
Sala de controlo	40	1,149	0,423	Carrier 42KY10C	Cassete	1	440	1,7	2
Bengaleiro 2	110	0,47	0,467	Carrier 42KY10C	Cassete	1	440	1,7	2
Primeiros Socorros	190	2,7	1,258	Carrier 42NH 329	Conduta	1	714	2,7	4,09
Átrio Principal	2370	10,058	6,327	Carrier 42EP 039	Conduta	6	379	1,8	2,5
Corredor	910	6,448	6,844	Carrier 42NH 325	Conduta	3	577	2,35	3,61

Tabela 5.2: Chillers/Bombas de calor

Equipamentos	Pot. Arrefecimento (kW)	SEER	Pot. Aquecimento (kW)	SCOP	Fluido Frigorígeno	Carga de arrefecimento (kW)	Carga de aquecimento (kW)
Atlantic APTAE 50	34,1	4,81	44	3,36	R290	32,055	15,003
De Dietrich - MHTC R290 030	23,3	4,55	30	3,96	R290	12,26	11,304

caudal máximo de água fria que poderia ter de atravessar aquela tubagem, tendo em consideração as potências de arrefecimento (que tinham mais impacto neste caso do que as de aquecimento) de cada um dos compartimentos. Para isso foi usada a seguinte equação:

$$\dot{V} = \frac{\dot{Q}}{\rho \cdot c_p \cdot \Delta T} \quad (5.1)$$

Nesta equação, são usadas as seguintes incógnitas: Caudal de água nas tubagens [m^3/h] ($\dot{V}$), Potência [kW] ($\dot{Q}$), Massa volúmica [kg/m^3] (ρ), Calor específico [$J/(kg.K)$] (c_p) e Gradiente térmico [K] (ΔT). O passo seguinte efetuado foi o cálculo das perdas de carga limite que a bombagem teria de superar. Estas correspondem aos caminhos diretos da unidade exterior respetiva até à última unidade interior. Neste caso, as últimas unidades interiores seriam a presente no vestíbulo sul, no caso da ala oeste do edifício, e a que faz a climatização da sala de equipamentos de audiovisual na ala este. As perdas de carga calculadas tiveram em conta as perdas de carga lineares, que foram as mais relevantes devido ao grande comprimento de tubagens projetado, e as perdas de carga locais, nas quais se incluem as provocadas por cotovelos, T's, reduções ou ampliações e equipamentos como os Chillers ou os Ventiladores-convectores. Todos estes cálculos podem ser visualizados nas tabelas do Anexo D. No final, dando uma margem de segurança de 10 por cento às perdas de carga de 100 e 34,6 kPa para a rede tubagens oeste e este, respetivamente, foram escolhidas as bombas MAGNA3 40-60 F (duas bombas) e MAGNA3 25-40 da Grundfos.

5.5 Vaso de expansão

Para dimensionar os vasos de expansão, foi usada a metodologia apresentada pela *Caleffi* visível no anexo D.

Essencialmente, foi usada a seguinte expressão:

$$V_n = \frac{e \cdot (V_a + V_v)}{1 - \frac{P_a}{P_e}} \quad (5.2)$$

Nesta equação, as incógnitas presentes significam o seguinte:

- Volume necessário no vaso de expansão [L] (V_n).
- Coeficiente de dilatação volumétrica da água (e).
- Volume total da água na instalação [L] (V_a).
- Volume adicional de reserva, destinado a compensar perdas, margens de segurança ou variações de volume não associadas diretamente à temperatura [L] (V_v).
- Pressão absoluta no vaso à temperatura máxima da água [bar] (P_a).
- Pressão absoluta de enchimento do sistema [bar] (P_e).

Considerando um valor da temperatura máxima de utilização da água no circuito de 110 °C, n toma um valor de 5,029. V_a é calculado tendo em conta o os comprimentos e diâmetro das tubagens definidas aquando do cálculo das perdas de carga. Todos os outros valores necessários para a realização dos cálculos, assim como o modelo dos vasos de expansão selecionados, estão visíveis na Tabela 5.3.

Tabela 5.3: Dimensionamento dos vasos de expansão

c	Sistema Oeste	Sistema Este	
Va	130,483	29,426	l
Vv	0,652	0,147	l
n	5,029	5,029	
e	0,050	0,050	
Pst	0,392	0,392	bar
Pvs	3,000	3,000	bar
P0	0,692	0,692	bar
Per	2,500	2,500	bar
Pa	1,692	1,692	
Pe	3,500	3,500	
Vn	13,969	3,150	l
	Baxi Vasoflex 18	Baxi Vasoflex 8	

5.6 Depósito de inércia

Para calcular os volumes indicados para os depósitos de inércia, foi usada a expressão 5.3 tendo em vista o cálculo do volume de água necessário ter em acumulação no sistema. Depois deste cálculo foi ainda retirado o volume de água nas tubagens para se obter o volume final dos depósitos de inércia.

$$V_{\text{requerido}} = \frac{60 \cdot t \cdot \dot{Q} \cdot 10^6}{\rho \cdot c_p \cdot \Delta T} \quad (5.3)$$

Na equação 5.3, a variável Tempo mínimo de funcionamento das bombas de calor [min] (t) é considerada 5 minutos para este caso específico. A variável $\dot{Q}$ corresponde à potência das bombas de calor (em kW) e ΔT à diferença de temperatura entre a entrada e a saída da bomba de calor. Este valor foi considerado 5°C, uma vez que é o valor de funcionamento indicado na norma EN 14825 usada para produzir os certificados das bombas de calor em causa e é o valor para o qual é obtido o funcionamento mais eficiente [26].

Os resultados obtidos estão visíveis na tabela 5.4. Para os volumes mínimos calculados para os depósitos de inércia, foram escolhidos dois depósitos da Aquafer, um de 500 litros e outro de 400. Para se obterem estes resultados, foram usadas as condições limite, ou seja, quando a potência corresponde à máxima da bomba de calor.

Tabela 5.4: Depósitos de Inércia e respetiva caracterização

Depósitos de Inércia	Oeste	Este
Aquecimento (kW)	44	30
Arrefecimento (kW)	34,1	23,3
t (min)	5	5
DeltaT (°C)	5	5
Volume requerido (l)	631,6	430,6
Volume tubagens (l)	130,5	29,5
Volume depósito (l)	501,1	401,1

Capítulo 6

Impacto ambiental

6.1 *Goal and scope definition*

Tal como na revisão de literatura, a análise realizada nesta dissertação consistiu no estudo do impacto individual de alguns dos passos intermediários do ciclo de vida dos equipamentos. Sendo o principal objetivo deste estudo de impacto ambiental a comparação do impacto no meio ambiente de um sistema de climatização ar-água com o impacto causado pela instalação de um sistema VRF, foi feita uma análise comparativa dos dois projetos abordados ao longo do trabalho. O foco da análise prendeu-se essencialmente com a comparação da produção dos equipamentos e da sua utilização durante o tempo de vida do edifício multiusos, de forma a se perceber qual a sustentabilidade da aplicação de sistemas que evitem a utilização de fluidos frigorigéneos com elevado Potencial de Aquecimento Global, principalmente no interior dos edifícios. Para facilitar os termos de comparação, foram apenas considerados os equipamentos em que os dois sistemas mais diferiam e aqueles que representavam um maior impacto. Foram claro considerados apenas elementos do sistema de climatização. No caso do sistema inicialmente proposto pela empresa, são consideradas as unidades interiores e exteriores do sistema VRF e as tubagens de cobre que fazem a sua interligação. No sistema proposto, foram considerados os ventiloconvectores, as bombas de calor, as tubagens de ferro preto, as bombas de circulação, os depósitos de inércia e os vasos de expansão.

A primeira análise foi feita com recurso ao *software opensource openLCA* e consistiu no estudo do impacto ambiental que a extração e produção dos materiais constituintes dos equipamentos de cada um dos projetos teria na produção do equipamento final. Esta análise não teve em conta os processos de produção do equipamento em si, considerando apenas os materiais indicados pelos fabricantes de forma individual. Deste modo, os valores obtidos não correspondem aos fornecidos nos *PEP ecopassports* de alguns dos fabricantes. Esta análise apenas foi realizada porque não foi possível obter informações oficiais junto de alguns dos fornecedores relacionadas com o impacto da produção dos equipamentos. Assim sendo, foi feita uma comparação tendo por base as mesmas bases de dados e métodos de análise existentes no *openLCA*.

A análise que se fez depois teve em vista uma comparação do processo de produção geral, tendo para isso recorrido a equipamentos semelhantes aos utilizados originalmente, mas de outras marcas que fornecessem as informações pretendidas. Esta análise, embora não seja totalmente fidedigna, permitiu uma percepção mais direta do real impacto de toda a produção dos equipamentos.

O terceiro tipo de análise feito foi ao impacto da utilização, nomeadamente a nível de gastos

energéticos, de cada um dos sistemas. Este terceiro estudo foi considerado chave para as conclusões finais devido ao elevado impacto relativo desta fase do ciclo de vida.

Antes da necessária comparação geral entre os dois projetos, foi considerado ainda o impacto das fugas de fluido frigorigéneo de cada um dos sistemas.

Em todos estes processos diferentes de análise e comparação foram utilizados apenas um dos 16 indicadores de impacto ambiental utilizados no método de LCA da união europeia, o *Product Environmental Footprint* (PEF). O indicador utilizado foram as emissões equivalentes de dióxido de carbono, que é normalmente considerado o indicador mais adequado quando se pretende analisar o impacto ambiental de um modo mais abrangente.

6.2 Análise de inventário

Nesta análise, tal como já referido, vão ser comparados dois projetos de sistemas de climatização. Sendo estes dois sistemas de diferente tipo de funcionamento, os equipamentos a serem analisados em cada um dos casos será diferente. Neste caso, o sistema proposto terá uma maior variedade de equipamentos, já que funciona com circuitos a água, que necessitam de alguns equipamentos específicos para o seu correto funcionamento (bombas de circulação, depósitos de inércia e vasos de expansão). Nas tabelas 6.1 e 6.2 é possível ver, respetivamente, uma lista dos equipamentos considerados durante a análise de impacto ambiental pretendida a estes dois projetos, assim como uma indicação sobre a fonte usada individualmente para quantificar a massa de cada material existente em cada um dos equipamentos. Esta análise à massa dos equipamentos foi crucial na fase seguinte da análise, correspondente à quantificação, através do *software openLCA*, do impacto ambiental atribuído à produção dos materiais existentes nos equipamentos (sem a sua manufatura).

Tabela 6.1: Inventário em análise e respetivos materiais constituintes do projeto original

Categoria	Equipamentos	Quantidade	Massa Unt.(kg)	Materiais (referência)
Tubagens	Tubagens de cobre (6.35 mm)	81 m	167	518,27 kg (Tabela 6.3)
	Tubagens de cobre (9.53 mm)	147 m	2	
	Tubagens de cobre (12.7 mm)	161 m	7	
	Tubagens de cobre (15.9 mm)	125 m	12	
	Tubagens de cobre (19.1 mm)	35 m	51	
	Tubagens de cobre (22.2 mm)	25 m	98	
	Tubagens de cobre (25.4 mm)	10 m	116	
	Tubagens de cobre (28.6 mm)	82 m	66	
Sistema VRF	UI (ARNU07GTRB4.ENWBLEU)	5	13	Tabela 6.5
	UI (ARNU15GTQB4.ENWBLEU)	1	15	
	UI (ARNU18GTQB4.ENWBLEU)	1	15	
	UI (ARNU09GM1A4.ENCTLEU)	1	25	
	UI (ARNU18GM1A4.ENCTLEU)	5	25	
	UI (ARNU24GM1A4.ENCTLEU)	5	26	
	UI (ARNU42GM2A4.ENCTLEU)	6	37	
	UE (ARUM080LTE6.EWGBLEU)	1	215	Tabela 6.6
	UE (ARUM120LTE6.EWGBLEU)	1	215	
	UE (ARUM140LTE6.EWGBLEU)	1	255	
	UE (ARUM160LTE6.EWGBLEU)	1	255	
	UE (ARUM200LTE6.EWGBLEU)	1	300	

De entre os equipamentos listados nas duas tabelas, apenas para os casos dos ventiloconvec-tores, das bombas de calor e das bombas de circulação foram retiradas informações relativas à composição mássica dos equipamentos dos *Environmental Product Declaration* ou *PEP Ecopass-port*. As massas totais destes equipamentos, assim como de todos os outros, foram retiradas das

Tabela 6.2: Tabela de equipamentos e quantidades por categoria

Categoria	Equipamentos	Quantidade	Massa Unt.(kg)	Materiais (referência)
Ventiloconvectores	Carrier 42NH 225	1	15	Figura E.12
	Carrier 42NH 239	1	15	
	Carrier 42NH 325	3	18	
	Carrier 42NH 329	1	18	
	Carrier 42NH 339	1	18	
	Carrier 42NH 425	1	23	
	Carrier 42NH 635	1	30	
	Carrier 42KY10C	6	19	Figura E.11
	Carrier 42KY20C	1	20	
	Carrier 42EP 029	1	12	Figura E.10
	Carrier 42EP 039	6	12	
Chillers/Bombas de calor	De Dietrich - MHTC R290 030	1	380	Figura E.9
	Atlantic APTAE 50	1	575	Figura E.8
Vaso de expansão	Baxi Vasoflex 8	1	2	
	Baxi Vasoflex 18	1	4	
Bombas	Grundfos MAGNA3 40-60 F	2	10	Figura E.13
	Grundfos MAGNA3 25-40	1	5	
Tubagens de ferro preto	DN40	133 m	71	554,46 kg (Tabela 6.4)
	DN32	38 m	26	
	DN25	74 m	64	
	DN20	39 m	44	
	DN15	245 m	349	
Depósitos de inércia	Aquafer 400 L	1	92	
	Aquafer 500 L	1	99	

fichas técnicas.

Quanto à massa das tubagens, foi necessário proceder ao cálculo do peso total de cobre e ferro preto que estas continham. Na tabela 6.3 é possível observar os cálculos efetuadas para cada uma das tubagens de diferentes diâmetros. Foram tidos em conta os valores de peso por metro retirados de um catálogo da marca de tubagens *Plusfroid*, visível no anexo E. O valor final do peso destas tubagens foi de cerca de 518 kg.

Tabela 6.3: Cálculo do peso final das tubagens de cobre

Diâmetro (mm)	Peso (kg/m)	Comprimento (m)	Comprimento arredondado (m)	Peso total (kg)
6,35	1,860	81	90	167
9,53	0,196	147	150	29
12,7	0,266	161	165	44
15,9	0,338	125	125	42
19,1	0,408	35	35	14
22,2	0,594	25	25	155
25,4	0,772	10	15	12
28,6	0,772	82	85	66
Peso total das tubagens de cobre				389,27

Para as tubagens de ferro preto foi feito um cálculo muito semelhante ao feito para as tubagens de cobre do sistema original. Estes cálculos estão presentes na tabela 6.4 e resultaram num peso total de aproximadamente 554 kg deste material. O peso por metro de tubagens foi retirado do

catálogo do fabricante presente nas figuras do anexo E.

Tabela 6.4: Cálculo do peso final das tubagens de ferro preto

Diâmetro normalizado	Comprimento (m)	Peso (kg/m)	Peso total (kg)
DN15	133	0,536	719
DN20	38	0,684	26
DN25	74	0,869	64
DN32	39	1,128	44
DN40	245	1,424	349
Total			554,46

Para saber qual a percentagem de cada um dos materiais que normalmente compõem as unidades exteriores e interiores do sistema VRF, recorreu-se a *softwares* de inteligência artificial para fazer uma estimativa. Isto apenas foi feito já que não foram encontradas informações relativas às máquinas já definidas no projeto inicial. Para isto, foi então usado o Grok [27] e foram obtidos os resultados visíveis nas tabelas 6.5 e 6.6. As massas de cada unidade foram retiradas das fichas técnicas presentes no anexo H.

Tabela 6.5: Distribuição dos materiais constituintes das unidades interiores

Componente	Material	Percentagem mássica
Unidades interiores	Aço galvanizado	49%
	Cobre	19,5%
	Alumínio	10%
	Plásticos	10%
	Componentes eletrónicos	6,5%
	Poliestireno	5%

Tabela 6.6: Distribuição dos materiais constituintes das unidades exteriores

Componente	Material	Percentagem mássica
Unidades exteriores	Aço galvanizado	60%
	Cobre	15%
	Alumínio	15%
	Plásticos	6%
	Componentes eletrónicos	2%
	Outros	2%

A composição dos vasos de expansão e dos depósitos de inércia era, mais uma vez desconhecida. Apenas se tinha conhecimento através dos catálogos dos produtos, presentes nas imagens do anexo E, das massas dos equipamentos e de alguns dos materiais que o constituíam (por norma o material do corpo e o isolamento). Assim sendo, foi usado o mesmo método aplicado nas unidades do sistema VRF: a estimativa com apoio de inteligência artificial. Para os vasos de expansão, foi considerada uma composição mássica de 90 por cento de aço inoxidável e 10 por cento de borracha [28]. Para os depósitos de inércia, foram considerados 90,5 por cento de aço, 3 por cento de isolamento de poliuretano e 4,5 por cento de revestimento de polipropileno texturizado.

Por fim, para os elementos cujas informações foram retiradas dos relatórios ambientais (EPD ou *PEP ecopassport*) bastou identificar a massa de cada um dos equipamentos nas respetivas fichas técnicas (anexo E) e conjugar com os valores percentuais da composição mássica dos materiais constituintes presentes nos relatórios em causa (Anexo E).

6.3 Análises de impacto ambiental comparativas

Neste sub-capítulo, é feita a comparação dos resultados obtidos, segundo todos os critérios já mencionados. A análise feita inicialmente, ou seja a comparação do impacto dos materiais de produção, foi limitada pelo uso de um *software open source*, o *openLCA*, e pelo uso de bases de dados também gratuitas. As limitações do segundo tipo de análise comparativa prenderam-se principalmente com a ausência dos relatórios ambientais de alguns dos equipamentos escolhidos. Esta análise foi, portanto, condicionada, sendo em alguns dos casos possível a substituição pelos relatórios de outro equipamento semelhante a nível de características. Desta forma, foi igualmente possível retirarem-se conclusões com alguma validade acerca do impacto da produção dos equipamentos no bolo final do impacto ambiental dos projetos.

6.3.1 Impacto dos materiais na produção

Numa primeira fase, devido ao facto de não estarem disponíveis todos os dados de impacto ambiental necessários para a análise completa e rigorosa do impacto ambiental da produção dos equipamentos, decidiu-se que seria interessante a realização de uma análise ao impacto que os materiais que compunham os equipamentos teriam. Deste modo, esta análise foi feita excluindo a contabilização da energia utilizado durante os processos de manufatura destes materiais até serem produzidos os equipamentos no seu estado final.

Como já foi referido anteriormente, o programa utilizado para realizar este estudo foi o *openLCA*. Dentro deste *software*, utilizaram-se diferentes bases de dados gratuitas, já que nenhuma delas continha, por si só, todos os materiais existentes em todos os equipamentos. Foi, portanto, feita uma conjugação das seguintes bases de dados: *worldsteel LCI data 2020 (EF 3.0 method-compatible)*; *ELCD 3.2*; *Australian National Life Cycle Inventory Database (OzLCI 2019)*; *worldsteel LCI Data 2020 (EF 3.0 method-compatible)*. Dentro das bases de dados mencionadas, para além da base de dados criada pela união europeia e, portanto, a mais fiável para o contexto do estudo, foram também utilizadas bases de dados australianas e internacionais. Apesar de se basearem num mix energético diferente, o que poderia resultar em valores discrepantes, houve o cuidado de usar, para o mesmo material, sempre a mesma base de dados para todos os equipamentos. Desta forma, a análise comparativa entre os dois sistemas continua a ser válida, podendo ser mais questionável a integração dos dados obtidos numa análise mais global do impacto ambiental dos dois sistemas de climatização.

Para a análise dos resultados, foi usado o método de avaliação de impacto ambiental *ILCD 2.0 2018 midpoint* [29], criado pelo *Joint Research Center (JRC)* da comissão europeia em 2018 para ter um método utilizado dentro da união europeia para estudos de política e rotulagem ambiental. Este método pareceu o mais indicado, tendo em conta os objetivos pretendidos, sendo nele analisadas as 16 possíveis categorias de indicadores ambientais, de entre as quais foram escolhidas as que pareceram mais relevantes para a análise que era pretendida.

Depois de feito o cálculo do impacto de cada equipamento com recurso a este programa, foram retirados os gráficos de emissão de CO₂ por material para cada um dos equipamentos. Estes gráficos são visíveis no anexo F. Nas tabelas 6.7 e 6.8, é possível ver a quantificação das emissões equivalentes contabilizadas durante a análise realizada no *openLCA* por equipamento para o projeto inicial e para o projeto proposto, respetivamente.

No final de cada uma das tabelas, é possível ver o valor total das emissões carbónicas para cada um dos sistemas. Comparando os dois valores, 10442 e 8116 kg CO₂ equivalentes, é possível constatar que, segundo os resultados obtidos neste estudo inicial, os materiais usados para a produção do

Tabela 6.7: Pegada carbónica dos equipamentos

Equipamento	Quantidade	Pegada carbónica (kg CO ₂ eq)
Tubagens de cobre	1	1388
UI (ARNU07GTRB4.ENWBLEU)	5	282,15
UI (ARNU15GTQB4.ENWBLEU)	1	63,32
UI (ARNU18GTQB4.ENWBLEU)	1	63,32
UI (ARNU09GM1A4.ENCTLEU)	1	103,84
UI (ARNU18GM1A4.ENCTLEU)	5	547,42
UI (ARNU24GM1A4.ENCTLEU)	5	547,42
UI (ARNU42GM2A4.ENCTLEU)	6	942,49
UE (ARUM080LTE6.EWGBLEU)	1	1026,48
UE (ARUM120LTE6.EWGBLEU)	1	1026,48
UE (ARUM140LTE6.EWGBLEU)	1	1229,91
UE (ARUM160LTE6.EWGBLEU)	1	1229,91
UE (ARUM200LTE6.EWGBLEU)	1	1495,13
Total		10441,95

Tabela 6.8: Pegada carbónica dos equipamentos

Equipamento	Quantidade	Pegada carbónica (kg CO ₂ eq)
Tubagens de ferro preto	1	1416,38
Carrier 42NH 225	1	63,56
Carrier 42NH 239	1	63,56
Carrier 42NH 325	3	228,22
Carrier 42NH 329	1	76,07
Carrier 42NH 339	1	76,07
Carrier 42NH 425	1	100,01
Carrier 42NH 635	1	118,60
Carrier 42KY10C	6	417,89
Carrier 42KY20C	1	62,33
Carrier 42EP 029	1	48,28
Carrier 42EP 039	6	289,70
De Dietrich – MHTC R290 030	1	2061,61
Atlantic APTAE 50	1	2723,53
Baxi Vasoflex 8	1	10,72
Baxi Vasoflex 18	1	18,02
Grundfos MAGNA3 40-60 F	2	57,26
Grundfos MAGNA3 25-40	1	15,16
Aquafer 400 L	1	200,78
Aquafer 500 L	1	220,09
Total		8267,85

sistema VRF deste caso têm um impacto ambiental (para este indicador) superior aos do sistema ar-água.

Outra análise que se achou relevante fazer foi tentar perceber quais os equipamentos que mais impacto tinham dentro de cada um dos sistemas. No sistema do projeto proposto pela empresa, tal como é possível ver no gráfico da imagem 6.1, são as unidades exteriores que têm maior peso nas emissões de dióxido de carbono equivalentes.

Para sistema de climatização proposto neste trabalho, a família de equipamentos que maior impacto ambiental causa, tendo em conta o tipo de análise a ser feito e o indicador utilizado,

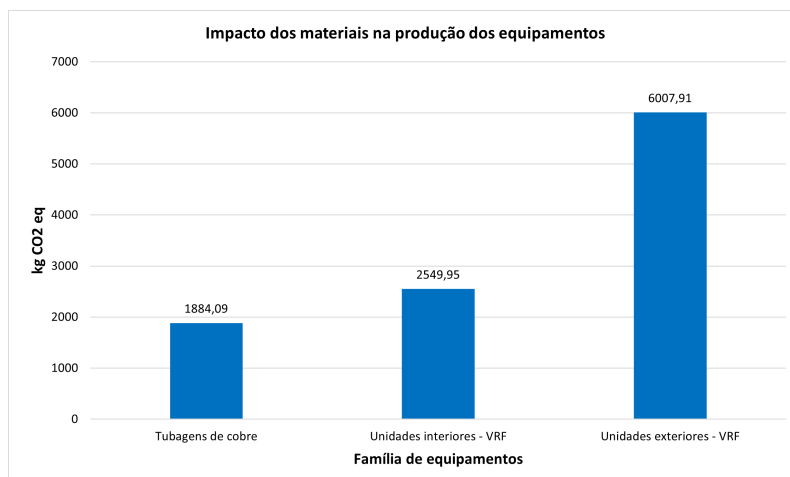


Figura 6.1: Emissões de CO2 equivalentes por família de equipamentos - Projeto inicial

é, claramente, a família das bombas de calor/chillers. Apesar de apenas ser composta por 2 equipamentos, contribui para mais de metade das emissões equivalentes, o que se percebe face ao peso e dimensão destes dois equipamentos.

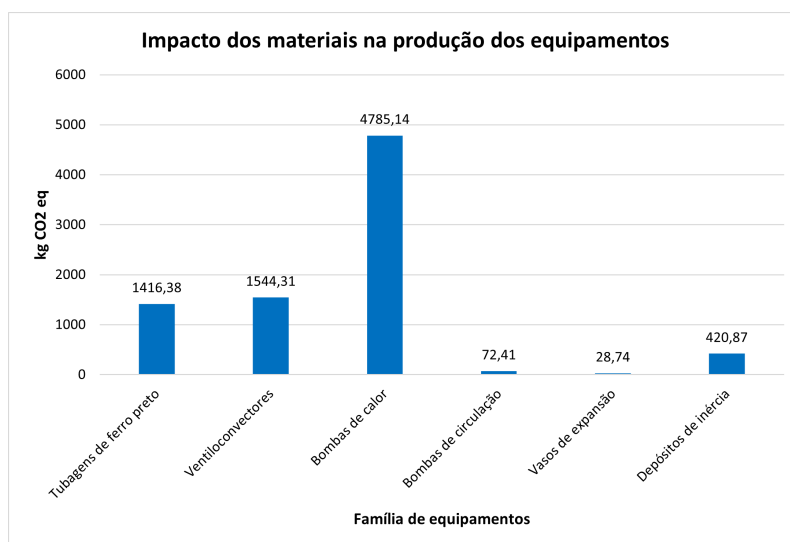


Figura 6.2: Emissões de CO2 equivalentes por família de equipamentos - Projeto proposto

Comparando os resultados obtidos para os dois sistemas, uma das principais diferenças que é possível observar é a dos valores das unidades exteriores de climatização de um e do outro sistema. As unidades exteriores representam mais de 1200 kg de CO2 emitido do que as bombas de calor. Esta diferença tão significativa deve-se à maior centralização do sistema ar-água, ou seja, o número de máquinas exteriores é substancialmente inferior no caso deste sistema (apenas 2 máquinas quando comparado com o projeto inicial, que necessitava de 5).

Outras das importantes constatações que é possível fazer com os dados obtidos, é a diferença do impacto dos dois tipos de tubagens. Como é possível ver pelas tabelas 6.3 e 6.4, o peso das tubagens de cobre é substancialmente inferior ao das tubagens de ferro preto. Esta diferença de peso deve-se em grande medida à diferença de peso por metro dos dois tipos de tubagem, que é maioritariamente provocada pelos diâmetros de maior dimensão aplicados na rede de tubagens do sistema de climatização proposto, já que é aí usada água como fluido de circulação. Ainda assim,

a diferença de emissões equivalentes de dióxido de carbono provocada por um e outro sistema é amenizada devido ao menor impacto que a extração e produção das tubagens de ferro tem relativamente às de cobre (2,6 kg CO₂ eq/kg para as tubagens de ferro preto e 3,6 kg CO₂ eq/kg para as tubagens de cobre).

Uma das grandes diferenças que se poderia esperar do primeiro sistema para o segundo era a influência que os acessórios essenciais ao funcionamento do sistema a água poderiam ter. Esta acabou por se revelar pouco relevante, já que as bombas de circulação, os vasos de expansão e os depósitos de inércia apenas contribuíram para cerca de 6,3 por cento das emissões equivalentes de dióxido de carbono do sistema proposto.

Importa também clarificar que seriam de esperar algumas diferenças entre os dois sistemas no que toca a equipamentos de menor dimensão como válvulas e sensores. No entanto, o possível impacto que estes elementos teriam foi excluído por uma questão de praticidade da análise.

6.3.2 Comparação dos relatórios ambientais

Nesta secção de análise, foram comparados os dados ambientais referentes à produção dos equipamentos incluídos na análise. Para serem obtidos estes dados recorreu-se ao contacto direto com os fornecedores, tendo sido este amplamente facilitado pela empresa, ou aos dados já disponibilizados publicamente por algumas das marcas. Hoje em dia, cada vez mais produtores no ramo da climatização disponibilizam este tipo de dados, dada a sua relevância para provar a sustentabilidade ambiental do seu produto, assim como para comprovar o cumprimento com determinadas exigências regulamentares impostas a nível nacional, europeu e até internacional. Dada esta disponibilidade dos relatórios ambientais na área do AVAC, apenas para o caso dos depósitos de inércia é que não foram usados valores retirados deste tipo de relatórios oficiais, tendo sido usada a aproximação calculada no programa *openLCA*. Para além destes equipamentos, no caso do projeto já existente, como a marca usada para os equipamentos do sistema VRF não tinha ainda disponível os relatórios para as máquinas em causa, foi necessário recorrer à escolha de equipamentos homólogos de uma marca concorrente. Desta forma, foi possível fazer uma aproximação suficientemente fidedigna, uma vez que as máquinas apresentavam potências iguais e pesos relativamente semelhantes.

Os dados adquiridos foram retirados de dois tipos de relatórios ambientais: *PEP Ecopassport* e *epd*. Usaram-se os *PEP Ecopassport* para todos os equipamentos, exceto para os depósitos de inércia, tal como já havia sido referido, e para as bombas de circulação, os dois tipos de tubagens e para os vasos de expansão. Para estes elementos, foram usados os dados retirados das respetivas *Environmental Product Declarations*.

Os dados retirados das declarações ambientais presentes no anexo G foram algomerados nas tabelas 6.9 e 6.10. Na primeira estão expostos os valores para o sistema de climatização previamente dimensionado pela empresa e na segunda os dados relativos aos equipamentos selecionados no decorrer deste trabalho para o sistema de climatização com funcionamento a água proposto.

A primeira conclusão que é possível retirar ao visualizar os resultados obtidos é que o valor total de emissões equivalentes durante a produção dos equipamentos do segundo sistema é substancialmente inferior ao do sistema VRF, cerca de 13000 kg de CO₂ equivalentes comparativamente aos cerca de 29000 do primeiro sistema. Estes dados globais permitem ainda fazer outra constatação: o valor das emissões equivalentes de dióxido de carbono é bastante superior usando os dados retirados dos relatórios fornecidos pelas empresas que produzem os equipamentos (devidamente certificados pelas entidades competentes) quando comparados com os valores calculados através do *software*

Tabela 6.9: Comparação entre equipamentos originais e alternativos e respetiva pegada carbónica

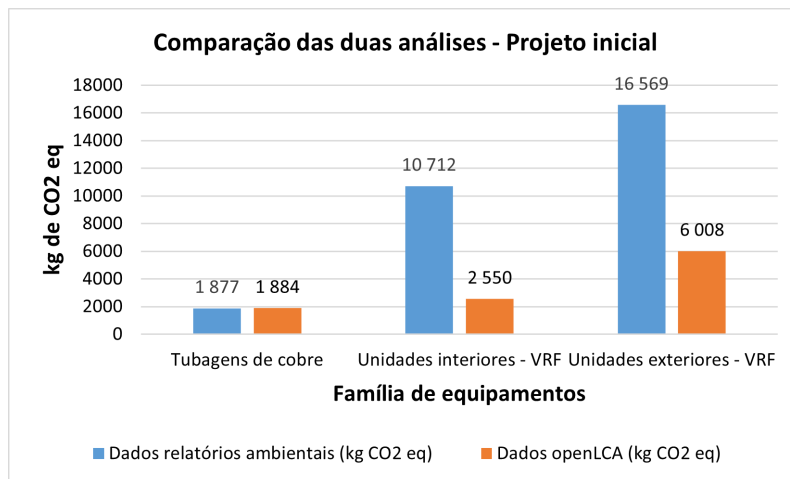
Equipamento original	Equipamento alternativo	Quantidade	Pegada carbónica (kg CO ₂ eq)
Tubagens de cobre (6.35 mm)	Tubagens de cobre (6.35 mm)	90	244,80
Tubagens de cobre (9.53 mm)	Tubagens de cobre (9.53 mm)	150	408,00
Tubagens de cobre (12.7 mm)	Tubagens de cobre (12.7 mm)	165	448,80
Tubagens de cobre (15.9 mm)	Tubagens de cobre (15.9 mm)	125	340,00
Tubagens de cobre (19.1 mm)	Tubagens de cobre (19.1 mm)	35	95,20
Tubagens de cobre (22.2 mm)	Tubagens de cobre (22.2 mm)	25	68,00
Tubagens de cobre (25.4 mm)	Tubagens de cobre (25.4 mm)	15	40,80
Tubagens de cobre (28.6 mm)	Tubagens de cobre (28.6 mm)	85	231,20
UI (ARNU07GTRB4.ENWBLEU)	Daikin FXFQ20B	5	1896,40
UI (ARNU15GTQB4.ENWBLEU)	Daikin FXFQ40B	1	396,52
UI (ARNU18GTQB4.ENWBLEU)	Daikin FXFQ50B	1	431,00
UI (ARNU09GM1A4.ENCTLEU)	Daikin FXSQ25	1	302,82
UI (ARNU18GM1A4.ENCTLEU)	Daikin FXSQ50	5	1854,00
UI (ARNU24GM1A4.ENCTLEU)	Daikin FXSQ63	5	2271,15
UI (ARNU42GM2A4.ENCTLEU)	Daikin FXSQ125	6	3559,68
UE (ARUM080LTE6.EWGBLEU)	Daikin RXYQ8U	1	2630,00
UE (ARUM120LTE6.EWGBLEU)	Daikin RXYQ12U	1	2630,00
UE (ARUM140LTE6.EWGBLEU)	Daikin RXYQ14U	1	3629,40
UE (ARUM160LTE6.EWGBLEU)	Daikin RXYQ16U	1	3629,40
UE (ARUM200LTE6.EWGBLEU)	Daikin RXYQ20U	1	4050,20
Total			29157,37

openLCA. Esta diferença tão significativa deve-se principalmente à não contabilização dos gastos energéticos derivados da manufatura dos materiais para a conglomeração final dos equipamentos. Ou seja, na análise feita no sub-capítulo 6.3.1, foram apenas contabilizados os efeitos, a nível de impacto ambiental, dos materiais envolvidos na produção dos equipamentos, enquanto que na análise feita neste capítulo foi contabilizado o impacto de todo o processo de produção, tendo em conta todos os processos como a extração dos materiais, o seu transporte até à fábrica e ainda a manufatura em ambiente industrial destes materiais, tendo em vista a obtenção do produto final. Desta forma, é natural que os valores sejam superiores de uma forma tão extrema, uma vez que a energia utilizada durante este último processo referenciado por norma tem um grande impacto no valor das emissões equivalentes. De qualquer modo, tendo em conta que a primeira análise foi realizada principalmente para se conseguir comparar os dois sistemas segundo os mesmos critérios e a mesma base de dados, algo que não seria possível usando os relatórios ambientais fornecidos pelas empresas, a comparação dos dados obtidos no capítulo anterior e neste capítulo acaba por não ser muito relevante, já que na análise anterior foram utilizados materiais genéricos e não exatamente os que seriam utilizados na produção dos respetivos equipamentos (informação impossível de obter).

Nas figuras 6.3 e 6.4, é possível ver uma comparação entre os valores obtidos nos relatórios ambientais e os valores obtidos no *openLCA* por família de equipamentos. Nestes dois gráficos, é possível concluir que as famílias de equipamentos onde a diferença é maior de um estudo para o outro são as unidades interiores e exteriores de climatização de cada um dos sistemas. Esta diferença pode ser explicada pela maior complexidade dos equipamentos, o que levaria a uma maior influência dos gastos energéticos durante o processo de produção. Para além disso, a ainda maior discrepância nos resultados para o sistema VRF pode dever-se ao uso, no primeiro estudo, de valores de distribuição de massa por material estimados e não oficiais e ainda ao uso de equipamentos

Tabela 6.10: Equipamentos e respetiva pegada carbónica (Climate Change)

Equipamentos	Quantidade	Climate Change (kg CO ₂ eq)
Carrier 42NH 225	1	210,86
Carrier 42NH 239	1	210,75
Carrier 42NH 325	3	776,31
Carrier 42NH 329	1	258,98
Carrier 42NH 339	1	258,86
Carrier 42NH 425	1	326,01
Carrier 42NH 635	1	431,58
Carrier 42KY10C	6	1117,30
Carrier 42KY20C	1	200,01
Carrier 42EP 029	1	166,43
Carrier 42EP 039	6	1018,24
De Dietrich - MHTC R290 030	1	2698,50
Atlantic APTAE 50	1	3830,00
Baxi Vasoflex 8	1	4,22
Baxi Vasoflex 18	1	9,49
Grundfos MAGNA3 40-60 F	2	93,05
Grundfos MAGNA3 25-40	1	46,52
DN40	133	
DN32	38	
DN25	74	
DN20	39	
DN15	245	
Total	529	998,02
Aquafer 400 L	1	200,78
Aquafer 500 L	1	220,09
Total		13076

**Figura 6.3:** Impacto ambiental da produção por família de equipamentos - Projeto inicial

equivalentes de maior massa para as unidades interiores e exteriores do VRF, no caso do segundo estudo.

Para se ter uma melhor percepção acerca das diferenças de massa dos equipamentos equivalentes aos originais usados para se obter os dados ambientais necessários à análise, é possível observar na tabela 6.11 os pesos dos equipamentos equiparáveis.

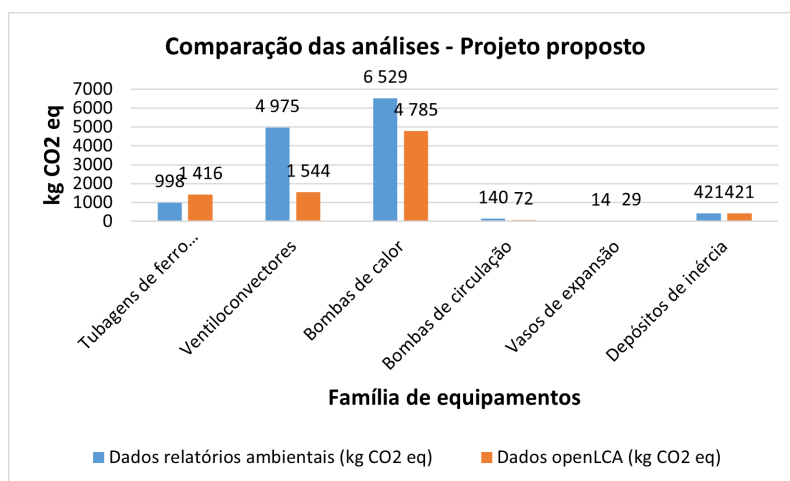


Figura 6.4: Impacto ambiental da produção por família de equipamentos - Projeto proposto

Tabela 6.11: Comparação de peso entre equipamentos originais e alternativos Daikin

Equipamento original	Massa (kg)	Equipamento alternativo	Massa (kg)
UI (ARNU07GTRB4.ENWBLEU)	13	Daikin FXFQ20B	18
UI (ARNU15GTQB4.ENWBLEU)	15	Daikin FXFQ40B	19
UI (ARNU18GTQB4.ENWBLEU)	15	Daikin FXFQ50B	21
UI (ARNU09GM1A4.ENCTLEU)	25	Daikin FXSQ25	24
UI (ARNU18GM1A4.ENCTLEU)	25	Daikin FXSQ50	29
UI (ARNU24GM1A4.ENCTLEU)	26	Daikin FXSQ63	36
UI (ARNU42GM2A4.ENCTLEU)	37	Daikin FXSQ125	47
UE (ARUM080LTE6.EWGBLEU)	215	Daikin RXYQ8U	198
UE (ARUM120LTE6.EWGBLEU)	215	Daikin RXYQ12U	198
UE (ARUM140LTE6.EWGBLEU)	255	Daikin RXYQ14U	275
UE (ARUM160LTE6.EWGBLEU)	255	Daikin RXYQ16U	275
UE (ARUM200LTE6.EWGBLEU)	300	Daikin RXYQ20U	308

Como se pode ver nesta tabela, as massas, na maioria dos casos, são relativamente semelhantes. No entanto, se quisermos fazer uma extrapolação dos valores obtidos relativos às máquinas alternativas da Daikin para as máquinas originais, tendo unicamente em conta a massa de ambas e não as possíveis diferenças na composição, os valores de emissões equivalentes que se iriam obter para as máquinas originais seriam os presentes na tabela 6.12. Como se pode ver pelos valores totais, a diferença de massas pode efetivamente ser relevante (significando, neste caso, uma diferença total de cerca de 2500 kg de dióxido de carbono equivalentes).

Este estudo corrobora também a hipótese já colocada no capítulo anterior acerca da diferença do impacto das tubagens de cobre e de ferro preto. Os dados colecionados fornecidos pelos fabricantes demonstram uma diferença ainda maior entre as emissões equivalentes das tubagens de ferro preto e de cobre, sendo neste caso a diferença de 879 kg e no estudo anterior de apenas 468 kg.

Outra hipótese que é confirmada nesta segunda análise é a questão do baixo impacto dos equipamentos acessórios ao sistema proposto, ou seja, as bombas de circulação, os depósitos de inércia e os vasos de expansão. Apesar de o impacto efetivo ser também ligeiramente superior, tal como expectável, continua a ser pouco relevante no contexto geral do sistema.

Tabela 6.12: Comparação da pegada carbónica entre equipamentos originais e alternativos (kg CO₂ eq) (figuras G.20, G.21 e G.22)

Equipamento original	kg CO ₂ eq	Equipamento alternativo	kg CO ₂ eq
UI (ARNU07GTRB4.ENWBLEU)	1327,48	Daikin FXFQ20B	1896,40
UI (ARNU15GTQB4.ENWBLEU)	313,04	Daikin FXFQ40B	396,52
UI (ARNU18GTQB4.ENWBLEU)	307,86	Daikin FXFQ50B	431,00
UI (ARNU09GM1A4.ENCTLEU)	322,15	Daikin FXSQ25	302,82
UI (ARNU18GM1A4.ENCTLEU)	1598,28	Daikin FXSQ50	1854,00
UI (ARNU24GM1A4.ENCTLEU)	1656,98	Daikin FXSQ63	2271,15
UI (ARNU42GM2A4.ENCTLEU)	2817,45	Daikin FXSQ125	3559,68
UE (ARUM080LTE6.EWGBLEU)	2855,81	Daikin RXYQ8U	2630,00
UE (ARUM120LTE6.EWGBLEU)	2855,81	Daikin RXYQ12U	2630,00
UE (ARUM140LTE6.EWGBLEU)	3365,44	Daikin RXYQ14U	3629,40
UE (ARUM160LTE6.EWGBLEU)	3365,44	Daikin RXYQ16U	3629,40
UE (ARUM200LTE6.EWGBLEU)	3945,00	Daikin RXYQ20U	4050,20
Total	24730,74	Total	27280,57

6.3.3 Impacto durante o uso

Um dos aspetos mais relevantes na análise de impacto ambiental a médio e longo prazo de um sistema de climatização é o consumo de eletricidade que está implícito ao seu funcionamento. Para verificar qual o impacto dos dois sistemas em análise a nível de consumos energéticos, foi necessário, inicialmente, identificar quais dos equipamentos iriam consumir eletricidade, com impacto relevante, para que o seu funcionamento dentro do sistema de climatização em que estava inserido fosse o necessário às necessidades de aquecimento e arrefecimento dos espaços em análise. No sistema incluído no projeto proposto pela empresa, foram consideradas apenas as unidades exteriores e interiores do sistema de VRF como principais consumidoras de eletricidade da rede. Foram, portanto, excluídos elementos como as tubagens de cobre ou as válvulas que, só por si, não representam qualquer tipo de consumo energético durante a fase de utilização do sistema. No que toca ao sistema de climatização proposto, para além da eletricidade consumida pelas bombas de calor e pelos ventiloconectores, foi também considerado o gasto de eletricidade das bombas de circulação que permitem a afluência do caudal de água necessário em cada momento aos ventiloconectores espalhados pelo edifício.

6.3.3.1 Projeto Original

Os primeiros cálculos a serem feitos foram os relativos ao consumo elétrico dos equipamentos diretamente responsáveis pela climatização, ou seja, as unidades exteriores do sistema VRF, no caso do projeto fornecido, e as bombas de calor escolhidas para o sistema proposto. Para o sistema VRF foi apenas necessário consultar o certificado energético fornecido pela empresa visível no Anexo G (realizado aquando da concepção do projeto). A partir desse documento, foram retirados os valores do consumo elétrico anual de cada uma das 5 unidades exteriores (Tabela 6.13).

Tabela 6.13: Eletricidade consumida nas Unidades Exteriores do sistema inicial

Equipamento	Eletricidade arrefecimento (kWh/ano)	Eletricidade aquecimento (kWh/ano)	SEER	SCOP	Energia térmica arrefecimento (kWh/ano)	Energia térmica aquecimento (kWh/ano)
UE (ARUM080LTER.EWGBLEU)	1129.11	20.24	8.28	4.45	9349.03	90.07
UE (ARUM120LTER.EWGBLEU)	1209.24	0.25	7.94	4.39	9601.37	1.25
UE (ARUM160LTER.EWGBLEU)	2660.17	181.30	8.55	5.17	22744.45	937.32
UE (ARUM160LTER.EWGBLEU)	1622.17	5.76	7.97	5.46	12928.69	31.45
UE (ARUM200LTER.EWGBLEU)	1080.27	1.28	8.42	5.13	9095.87	6.57

Sabendo que os indicadores de eficiência sazonal, o *Seasonal Coefficient of Performance* (SCOP) para o caso do aquecimento e o *Seasonal Energy Efficiency Ratio* (SEER) para o arrefecimento, são coeficientes de eficiência que refletem um consumo energético por parte das bombas de calor mais realista e que, ao contrário do COP e do EER, têm em conta as flutuações de temperatura no local considerado e os períodos de *standby* das máquinas, é possível calcular, através das equações 6.1 e 6.2, a energia térmica de aquecimento e arrefecimento proporcionada por cada uma das máquinas anualmente. Estes valores serão cruciais para a estimativa da eletricidade consumida no sistema de bombas de calor proposto e foram retirados das fichas técnicas dos equipamentos, visíveis no Anexo H.

$$SCOP = \frac{\text{Energia térmica sazonal fornecida (aquecimento, kWh)}}{\text{Energia elétrica sazonal consumida (aquecimento, kWh)}} \quad (6.1)$$

$$SEER = \frac{\text{Energia térmica sazonal fornecida (arrefecimento, kWh)}}{\text{Energia elétrica sazonal consumida (arrefecimento, kWh)}} \quad (6.2)$$

O passo seguinte que foi efetuado no processo de cálculo da eletricidade consumida pelo sistema inicialmente proposto foram os consumos elétricos das unidades interiores do sistema VRF. O consumo individual destas máquinas prende-se, essencialmente, com o gasto energético associado à ventilação. Em cada uma destas unidades interiores existe um ventilador que permite a circulação

de um determinado caudal de ar, que depende das necessidades térmicas momentâneas. Este ar será aquecido ou arrefecido pelo fluido frigorigéneo presente no circuito de tubagens de cobre que interliga todas as unidades interiores.

Para realizar o cálculo dos kWh consumidos anualmente pelos ventiladores associados a cada uma das unidades interiores, foi necessário identificar em cada uma das fichas técnicas correspondentes às unidades interiores em causa as potências elétricas para as 3 velocidades de funcionamento dos ventiladores (Anexo H). Por norma, os ventiladores destas unidades interiores têm um regime de *High Speed*, outro de *Medium Speed* e um de *Low Speed*. Os valores destas potências, visíveis na Tabela 6.14, permitem o cálculo da eletricidade consumida anualmente pelo equipamento através da equação 6.3. Esta equação foi retirada do documento de regras específicas para unidades terminais do *PEP Ecopassport Program* [30]. Apesar deste documento ser destinado a ventiloconvectores, foi considerado o mesmo método de cálculo e o mesmo padrão de utilização dos ventiladores.

Tabela 6.14: Eletricidade consumida nas Unidades Interiores do sistema inicial

Equipamento	Quantidade	Ventilador HS (W)	Ventilador MS (W)	Ventilador LS (W)	Consumo energético (kWh/ano)
UI (ARNU07GTRB4.ENWBLEU)	5	13	12	11	181,25
UI (ARNU15GTQB4.ENWBLEU)	1	24	21	18	51,71
UI (ARNU18GTQB4.ENWBLEU)	1	25	22	19	53,71
UI (ARNU09GM1A4.ENCTLEU)	1	40	32	26	70,1
UI (ARNU18GM1A4.ENCTLEU)	5	85	63	65	722,3
UI (ARNU24GM1A4.ENCTLEU)	5	91	74	58	706,5
UI(ARNU42GM2A4.ENCTLEU)	6	231	162	111	1647,3

$$\begin{aligned}
C \text{ (kWh)} &= (C_{\text{hot}} + C_{\text{cold}} + C_{\text{standby}}) \\
&= \left[t_{\text{HOT}} \times (0.05 \cdot \text{PelecHS} + 0.25 \cdot \text{PelecMS} + 0.70 \cdot \text{PelecLS}) \right. \\
&\quad + t_{\text{COLD}} \times (0.05 \cdot \text{PelecHS} + 0.30 \cdot \text{PelecMS} + 0.65 \cdot \text{PelecLS}) \\
&\quad \left. + C_{\text{standby}} \right] \tag{6.3}
\end{aligned}$$

Nesta expressão são consideradas as horas de aquecimento (t_{HOT}), arrefecimento (t_{COLD}) e *Standby* indicadas no documento como referência para o cálculo dos indicadores de impacto ambiental de utilização para este tipo de equipamentos nos *PEP Ecopassport* (6.15).

Tabela 6.15: Horas de utilização e standby

Descrição	Horas
Horas de utilização Inverno	1400
Horas de utilização Verão	600
Horas de standby	6760

Para além das considerações feitas acerca no número de horas em cada regime de funcionamento, foi considerada também a seguinte distribuição do uso dos ventiladores por modo de operação:

Tabela 6.16: Distribuição do uso de ventiladores em unidades internas VRF por modo de operação

Modo	High Speed (HS)	Medium Speed (MS)	Low Speed (LS)
Aquecimento	5%	25%	70%
Arrefecimento	5%	30%	65%

Por fim, foi ainda considerada uma potência de 2 W para o funcionamento das unidades interiores em modo de *Standby*. tal como sugerido no documento referido.

6.3.3.2 Projeto proposto

Tal como já referido, o cálculo do consumo de eletricidade das duas bombas de calor existentes no sistema de climatização proposto foi efetuado a partir dos valores de energia térmica calculados na tabela da figura 6.13. Tendo estes valores calculados, foi necessário agrupá-los tendo em conta a zona do edifício onde atuaria. Deste modo, conclui-se que as unidades exteriores do sistema inicial que atuariam do lado oeste do edifício seriam as ARUM140LTE6, ARUM160LTE6 e ARUM200LTE6, enquanto do lado este funcionariam as unidades ARUM080LTE6 e ARUM120LTE6. Uma vez que, no sistema proposto, a bomba de calor Atlantic APTAE 50 ficaria encarregue da climatização da zona oeste do multiusos e a bomba de calor De Dietrich - MHTC R290 030 pelo lado este, foi possível calcular a eletricidade consumida anualmente por ambos os equipamentos através, utilizando os valores de SCOP e SEER fornecidos pelos certificados *KEYMARK* (anexo H), que seguem a norma EN 14825 [31]. Foram considerados os valores de SCOP para baixa temperatura da água de aquecimento, consideração habitual para sistemas que utilizem *fancoils* ou piso radiante.

Tabela 6.17: Eletricidade consumida nas Bombas de Calor do sistema proposto

Equipamento	Energia térmica arrefecimento (kWh/ano)	Energia térmica aquecimento (kWh/ano)	SEER	SCOP	Eletricidade arrefecimento (kWh/ano)	Eletricidade aquecimento (kWh/ano)
Atlantic APTAE 50	44769,02	975,34	4,81	4,2	9307,49	232,22
De Dietrich - MHTC R290 030	18950,40	91,32	4,55	5,17	4164,92	17,66

Os valores finais de eletricidade anual necessária para o funcionamento destes dois equipamentos são os presentes na Tabela 6.17.

O cálculo para as necessidades de energia elétrica dos ventiladores associados aos ventiloconvectores foi feito de forma análoga ao que foi feito para as unidades interiores do sistema VRF. As considerações feitas a nível de horas e regimes de utilização foram exatamente as mesmas, tendo sido os valores das potências elétricas presentes na Tabela 6.18 retirados das fichas técnicas de cada equipamento (anexo H).

Tabela 6.18: Eletricidade consumida pelos ventiloconvectores do sistema proposto

Equipamento	Compartmento	Quantidade	Ventilador HS (W)	Ventilador MS (W)	Ventilador LS (W)	Consumo energético (kWh/ano)
Carrier 42NH 225	Piscina	1	44	39	13	54,58
Carrier 42KY10C	Escritório 1	1	45	41	34	85,84
Carrier 42KY10C	Escritório 2	1	45	41	34	85,84
Carrier 42KY10C	Escritório 3	1	45	41	34	85,84
Carrier 42KY20C	Escritório 4	1	45	41	34	85,84
Carrier 42EP 029	Audiovisual	1	59	13	4	31,16
Carrier 42NH 425	Vestíbulo Norte	1	97	91	83	184,6
Carrier 42NH 635	Vestíbulo Sul	1	242	225	217	453,7
Carrier 42NH 239	Vestíbulo Principal	1	22	18	3	28,32
Carrier 42NH 339	Cuidados bebé	1	89	46	10	57,98
Carrier 42KY10C	Bengaleiro 1	1	45	41	34	85,84
Carrier 42KY10C	Sala de controlo	1	45	41	34	85,84
Carrier 42KY10C	Bengaleiro 2	1	45	41	34	85,84
Carrier 42NH 329	Primeiros Socorros	1	89	46	10	57,98
Carrier 42EP 039	Átrio Principal	6	53	21	4	205,44
Carrier 42NH 325	Corredor	3	168	146	126	836,76

Os últimos elementos para os quais foram contabilizadas as necessidades de eletricidade para o seu funcionamento foram as bombas de circulação da água que compõe o sistema de interligação dos ventiloconvectores e das bombas de calor. O cálculo para estas bombas foi feito tendo em conta os valores fornecidos nas fichas técnicas dos equipamentos relativos ao seu dimensionamento específico para os circuitos indicados (anexo H). Foram consideradas 2400 horas de funcionamento

anuais para ambas as bombas e as potências indicadas na Tabela 6.19.

Tabela 6.19: Eletricidade consumida pelas bombas de circulação de água do sistema proposto

Equipamento	Potência (kW)	Consumo eletricidade (kWh/ano)
2*MAGNA3 40-60 F	0,349	449
MAGNA3 25-40	0,048	62

6.3.3.3 Resultados

Juntando os valores de todos os equipamentos de cada um dos projetos, pode-se concluir, pela estimativa realizada, que o sistema proposto iria consumir cerca de 6400 kWh anuais relativamente ao sistema indicado pela empresa. Tendo em conta o valor previsto para 2030 no relatório da Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG) para as emissões de dióxido de carbono equivalentes ao consumo de 1 kWh de eletricidade da rede de 0,287 kgCO₂eq/kWh [32], foram calculados os valores finais para as emissões anuais equivalentes, visíveis na tabela 6.20.

Tabela 6.20: Comparação de consumo elétrico e emissões de CO₂ entre os cenários

Cenário	Eletricidade consumida (kWh/ano)	Emissões de CO ₂ (kgCO ₂ eq)
Projeto Inicial	11342,66	3255,34
Projeto Proposto	16744,70	4805,73

6.3.4 Impacto das fugas de fluido frigorigéneo

Um dos aspetos no qual à partida os dois sistemas a serem comparados iriam mostrar diferenças substanciais a nível de sustentabilidade ambiental é a questão do efeito de estufa provocado pelas fugas dos fluidos frigorigéneos existentes em ambos os sistemas. Enquanto que no caso do projeto já existente é usado sistema VRF que utiliza o fluido R410A no interior do edifício ao longo de todas as tubagens que ligam as unidades interiores e exteriores, no projeto proposto o fluido frigorigéneo, neste caso o propano (R290), apenas é utilizado nas bombas de calor colocadas nas salas técnicas projetadas (exteriores ao edifício principal). Este novo sistema, para além de impossibilitar as fugas de fluidos potencialmente tóxicos ou inflamáveis para zonas com presença regular de pessoas, permite ainda uma redução drástica da massa de fluido frigorigéneo utilizada.

De forma a quantificar os potenciais efeitos da alteração de sistema de climatização a nível das emissões com potencial de aquecimento global, foram calculadas as massas equivalentes de CO₂ produzidas pelas fugas de gás esperadas em cada um dos sistemas. Inicialmente, foram contabilizadas as massas de fluido que cada um dos sistemas continha. Conclui-se que a massa de R410A presente no projeto inicial era de cerca de 97,9 kg, sendo 30 destes destinados às tubagens que interconectam as máquinas e os restantes correspondentes à quantidade de fluido que cada máquina necessita. No caso do sistema proposto, apenas é contabilizado o fluido das duas bombas de calor, o que dá um total de 8,2 kg de propano. Todos estes valores de massa de fluido frigorigéneo de cada uma das máquinas foram retirados das fichas técnicas dos equipamentos (Anexo I). No que toca às percentagens anuais de fuga de fluido frigorigéneo consideradas, foram considerados os valores de 3,8 por cento para o sistema de VRF e de 2 por cento para o sistema proposto[33]. Para efeitos de cálculo, foram também considerados os valores de Potencial de Aquecimento Global de 3 para o R290 e 2088 para o R410A. [34, 35]

6.3.5 Discussão dos resultados comparativos finais

Os dados obtidos no decorrer dos diferentes tipos de estudo realizados na fase de análise de impacto ambiental dos projetos em comparação permitem retirar diversas conclusões e olhar para

Tabela 6.21: Comparação entre Projeto Fornecido (VRF) e Projeto Proposto (Ar-Água)

Parâmetro	Projeto Fornecido (VRF)	Projeto Proposto (Ar-Água)
Fluido Refrigerante	R410A	R290
Massa de fluido	97,9 kg	8,2 kg
Porcentagem de fugas anual	3,8 %	2 %
Potencial de Aquecimento Global	2088	3
Emissões equivalentes	7768 kg CO ₂ eq/ano	0,492 kg CO ₂ eq/ano

a solução proposta de diferentes pontos de vista.

A primeira conclusão a que se chega, através dos cálculos feitos nos sub-capítulos referentes às emissões equivalentes durante o processo de produção, é a de que o projeto realizado pela empresa implicaria um maior nível de impacto ambiental do que o projeto proposto nesta dissertação. Estamos a falar, neste caso, da comparação entre o sistema VRF inserido no projeto efetivo que está a ser implementado no multiusos e o sistema proposto nos capítulos iniciais da tese que consiste num sistema ar-água com bombas de calor e ventiloconvectores. Como se pode ver pelo gráfico da Figura 6.5, ambos os estudos, o efetuado no openLCA apenas contabilizando o impacto dos materiais dos equipamentos e o realizado com recurso às declarações ambientais disponibilizadas pelos fornecedores, mostram que o impacto ambiental é superior no caso do sistema a ser atualmente aplicado.

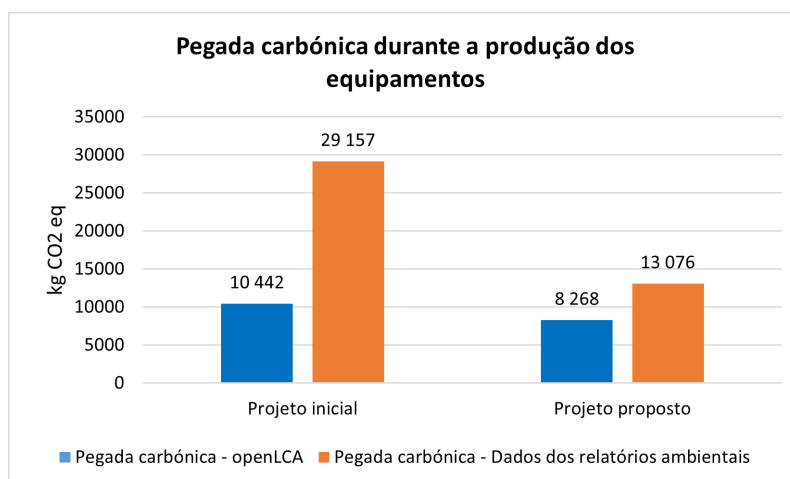


Figura 6.5: Pegada carbónica decorrente da produção dos equipamentos de acordo com o projeto e o método de cálculo

Outra análise muito importante a ser feita é comparar o impacto que o uso regular dos sistemas pode ter a nível de emissões anuais. Para analisar este capítulo, foram estudadas as emissões anuais decorrentes do consumo de eletricidade para colocar todo o sistema em funcionamento ao longo do ano e o efeito das fugas de fluido refrigerante, quer nas redes de tubagens, quer no interior dos equipamentos.

Começando pelo valor de emissões relativo ao consumo de eletricidade para a utilização dos sistemas de climatização, é possível constatar pela figura 6.6 que o sistema proposto neste estudo implica um nível de emissões anuais cerca de 50 por cento superior ao do sistema já existente. Isto, como é óbvio, é uma clara desvantagem do sistema proposto, nomeadamente quando a sua aplicação e utilização é pretendida a longo prazo.

Por outro lado, no que toca às emissões equivalentes de dióxido de carbono provocadas pela

fuga de fluido frigorigéneo, o sistema VRF apresenta um valor imensamente superior. Isto acontece por dois fatores: a necessidade de uma quantidade muito superior de fluido frigorigéneo a ser usado no sistema (mais de 10 vezes) e o elevado PAG do fluido usado no sistema inicial (R410A - PAG igual a 2088) quando comparado com o do sistema proposto nesta tese (R290 - PAG igual a 3). Se a diferença de quantidade de fluido frigorigéneo presente nos dois sistemas é completamente natural dado o tipo de sistemas em causa (um usa o fluido ao longo de todo o sistema enquanto o outro apenas nas máquinas exteriores), o tipo de fluido utilizado no sistema proposto foi uma escolha realizada durante o processo de seleção de equipamentos. Esta escolha teve em conta o PAG do fluido e as metas dos regulamentos europeus para 2030, assim como o tipo de equipamentos que começam a ser mais explorados no mercado das bombas de calor. Deste modo, a análise feita às fugas de fluido frigorigéneo ficam muito condicionadas pelo tipo de fluido. Ainda assim, através desta análise é possível perceber também o efeito provocado nas emissões globais deste tipo de sistemas apenas pelo uso de fluidos com números mais reduzidos de Potencial de Aquecimento Global.

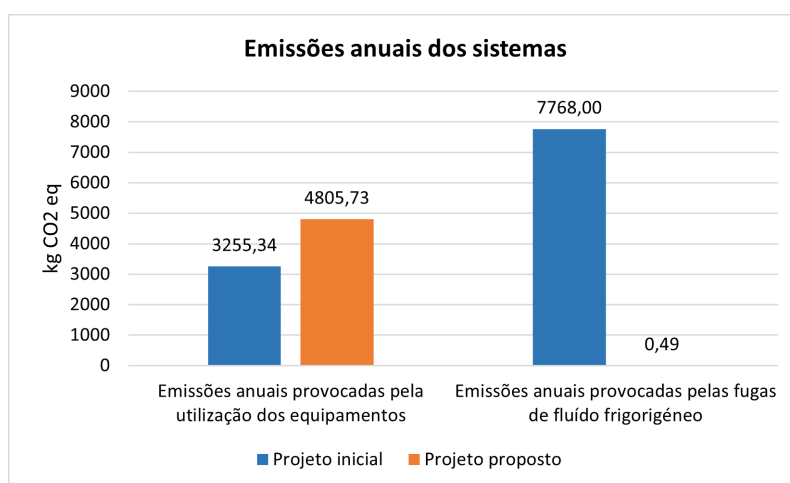


Figura 6.6: Emissões anuais de ambos os sistemas derivadas da utilização dos equipamentos e das fugas de fluido frigorigéneo

Uma última análise que foi efetuada foi a projeção das emissões totais ao longo do tempo de vida previsto para os equipamentos integrados nos sistemas em questão. Para isto, foi considerado um tempo de vida de 16 anos para ambos os sistemas. Este número advém do tempo de vida mínimo dos equipamentos em questão, sendo neste caso o valor relativo ao tempo de vida considerado no *PEP ecopassport* dos ventiloconvectores.

Pelo que podemos ver na figura 6.7, tanto no projeto inicial como no projeto proposto, os valores finais de emissões derivadas da utilização dos equipamentos são substancialmente superiores aos da produção dos mesmos. Os valores, sendo já expectáveis, demonstram a importância da escolha de equipamentos eficientes. Neste caso, ficou provado pela grande disparidade de valores de emissões na utilização entre os dois projetos que, num espaço temporal de médio/longo prazo estas eficiências têm um grande peso no impacto ambiental. Esta diferença de cerca de 26000 kg de dióxido de carbono equivalentes está, em grande medida, relacionada com a diferença de eficiências das unidades exteriores dos dois sistemas. Enquanto que o sistema VRF tem uma média de SEER de 8,23 e de SCOP de 5,04, o sistema proposto contém bombas de calor com um SEER de 4,72 e um SCOP de 4,03.

Observando os dados finais presentes na tabela 6.22, podemos concluir que, no final de contas, o impacto ambiental causado pelo sistema inicialmente proposto é muito superior ao do sistema

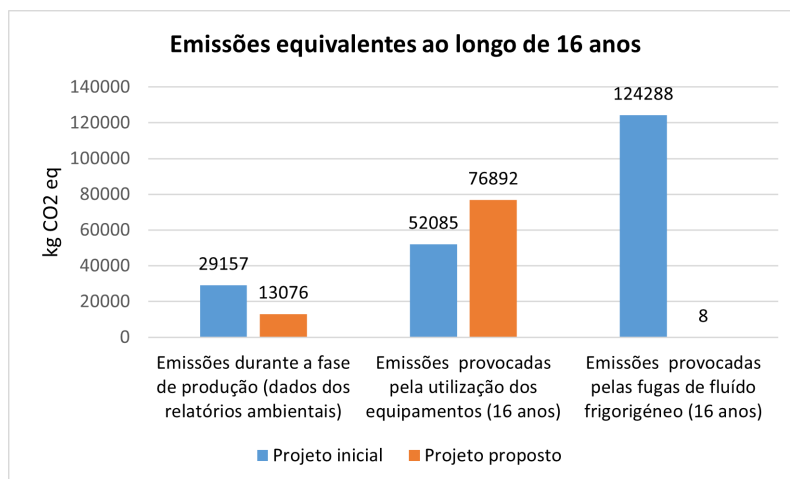


Figura 6.7: Emissões equivalentes durante o tempo de vida dos sistemas em análise

proposto neste trabalho. No entanto, esta diferença de valores deve-se maioritariamente à grande influência que as fugas de fluido frigorigéneo têm nas emissões equivalentes do sistema VRF (figura 6.7). Se ignorássemos este fator, veríamos que o valor do impacto do sistema inicial seria até ligeiramente inferior. Isto demonstra também que, caso fosse possível inserir um fluido frigorigéneo mais sustentável como o R290 no interior do edifício tendo em conta todas as medidas de segurança e questões logísticas associadas, o sistema VRF seria, muito provavelmente, mais eficiente e sustentável que o sistema com funcionamento a água.

Tabela 6.22: Comparativo de emissões de carbono entre projeto inicial e projeto proposto

Projeto	Projeto inicial	Projeto proposto
Emissões durante a fase de produção (dados dos relatórios ambientais)	29157	13076
Emissões provocadas pela utilização dos equipamentos (16 anos)	52085	76892
Emissões provocadas pelas fugas de fluido frigorigéneo (16 anos)	124288	8
Total (excluindo fugas de fluido frigorigéneo)	81243	89968
Total	205531	89976

Capítulo 7

Análise económica

Outra análise complementar que se achou importante realizar foi aquela que foi feita, neste capítulo, ao impacto que cada um dos projetos teria em termos económicos. Idealmente, teria sido feita uma análise completa de acordo com o método *Life-Cycle Cost Analysis* (LCCA). Este método consiste em identificar todos os custos associados ao ciclo de vida de um determinado equipamento (ou conjunto de equipamentos) e perceber qual o valor atual desses custos ao dia em que é feita o estudo. Este método é utilizado pelo *Federal Energy Management Program*. [36]

Dadas as limitações no que toca à obtenção de informação precisa relativa aos custos implícitos ao nível da manutenção, instalação, substituição e muitos outros, foi feita uma análise mais simplista, partindo do método referido. Para esta análise foram contabilizados essencialmente dois tipos de custos, os custos de instalação (custos iniciais) e os custos operacionais. Dentro dos custos de operação, apenas foram contabilizados os custos associados ao consumo energético (de mais fácil contabilização), tendo-se excluído da análise outro tipo de custos com um impacto relevante, tais como os de manutenção, dada a imprecisão ou ausência de informação.

Inicialmente, tentou-se obter todos os preços dos equipamentos utilizados em cada um dos projetos (apenas os que foram usados para o estudo de impacto ambiental). Para alguns dos equipamentos, não foi possível obter-se o custo. Para estes casos, devidamente identificados nas tabelas 7.1 e 7.2, foram encontradas alternativas semelhantes a nível de características e aplicação para que o estudo pudesse ser feito da maneira mais fiável possível.

Nas tabelas indicadas, estão explícitas as quantidades de cada equipamento utilizado, os respetivos preços e ainda a fonte utilizada para a definição dos preços identificados. Analisando os investimentos iniciais necessários em cada um dos projetos em análise (apenas contabilizando os custos com equipamentos), é possível concluir que o projeto inicialmente proposto pela empresa teria um investimento inicial consideravelmente superior ao do projeto proposto nesta tese. Esta diferença tão significativa de valores deveu-se principalmente ao custo das máquinas de climatização escolhidas, que foi muito inferior no caso do projeto proposto. Estes valores seriam sempre suscetíveis a variações consoante os equipamentos e marcas escolhidas para os dois projetos.

À semelhança da análise feita para o impacto ambiental, neste caso foi também efetuada uma análise de custos iniciais por família de equipamentos. Pela informação visível nos gráficos das figuras 7.1 e 7.2, é possível verificar que as unidades exteriores, em ambos os projetos, são a tipologia de equipamento que apresenta um maior peso no investimento inicial. Verifica-se também que as tubagens não apresentam um custo assim tão elevado como o expectado e os elementos adicionais do projeto proposto (bombas de circulação, vasos de expansão e depósitos de inércia) têm um

Tabela 7.1: Custo dos equipamentos - Projeto inicial (agrupado por fornecedor)

Equipamentos	Alternativas	Un.	Preço (€)	Fornecedor
Tubagens de cobre (6.35 mm)		90 m	380,16	Waternor - Klima
Tubagens de cobre (9.53 mm)		150 m	967,80	
Tubagens de cobre (12.7 mm)		165 m	1 550,34	
Tubagens de cobre (15.9 mm)		125 m	1 578,75	
Tubagens de cobre (19.1 mm)		35 m	661,08	
Tubagens de cobre (22.2 mm)		25 m	674,65	
Tubagens de cobre (25.4 mm)		15 m	392,10	Pinto & Cruz
Tubagens de cobre (28.6 mm)		85 m	2 305,20	
UI (ARNU07GTRB4.ENWBLEU)	Daikin FXFQ20B	5	10 505,00	Daikin
UI (ARNU15GTQB4.ENWBLEU)	Daikin FXFQ40B	1	2 338,00	
UI (ARNU18GTQB4.ENWBLEU)	Daikin FXFQ50B	1	2 434,00	
UI (ARNU09GM1A4.ENCTLEU)	Daikin FXSQ25	1	2 016,58	
UI (ARNU18GM1A4.ENCTLEU)	Daikin FXSQ50	5	11 042,90	
UI (ARNU24GM1A4.ENCTLEU)	Daikin FXSQ63	5	11 357,90	
UI (ARNU42GM2A4.ENCTLEU)	Daikin FXSQ125	6	17 817,48	
UE (ARUM080LTE6.EWGBLEU)	Daikin RXYQ8U	1	15 108,00	
UE (ARUM120LTE6.EWGBLEU)	Daikin RXYQ12U	1	22 481,00	
UE (ARUM140LTE6.EWGBLEU)	Daikin RXYQ14U	1	29 016,00	
UE (ARUM160LTE6.EWGBLEU)	Daikin RXYQ16U	1	30 348,00	
UE (ARUM200LTE6.EWGBLEU)	Daikin RXYQ20U	1	41 243,00	
		Total	204 217,94	

maior impacto a nível de custos do que a nível de impacto ambiental (cerca de 9,3 por cento neste caso).

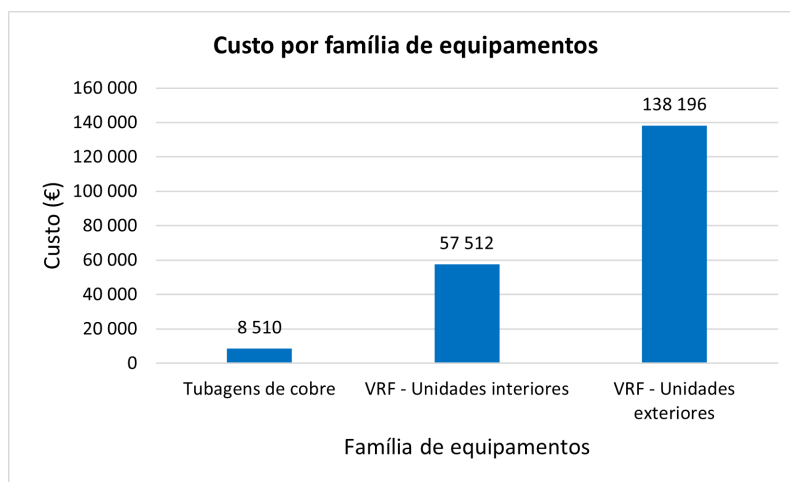


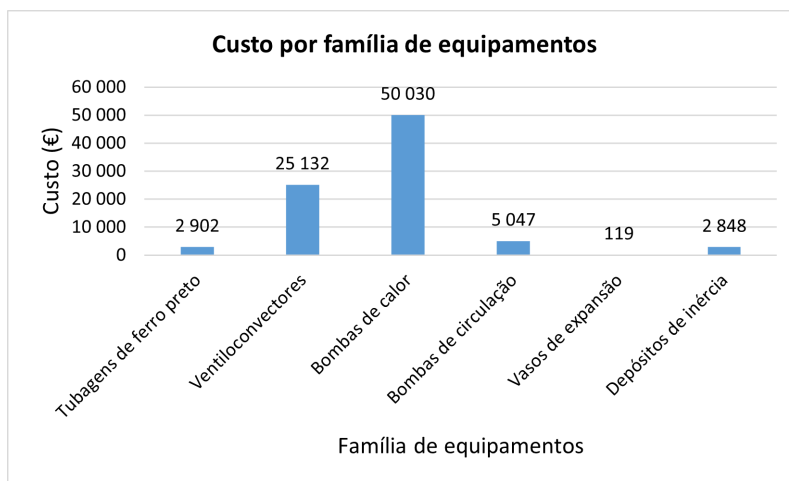
Figura 7.1: Custo por família de equipamentos - Projeto inicial

Na tabela 7.3, é feito o cálculo para o custo da eletricidade que é expectável que seja consumida. Como se pode ver, espera-se que o custo anual da eletricidade a ser consumida pelo projeto proposto seja superior ao do projeto inicial.

Na tabela 7.4, são comparados os custos totais nos dois projetos. Ao contrário do expetado, segundo a análise feita, o projeto com funcionamento a água apresenta um custo mais reduzido ao longo do tempo de vida considerado, 16 anos. Isto acontece uma vez que os custos iniciais, relativos

Tabela 7.2: Custo dos equipamentos – Sistema Proposto

Equipamentos	Alternativas	Un.	Preço	Fornecedor
Tubagem - DN40		133	1 215,78 €	Pinto & Cruz
Tubagem - DN32		38	322,56 €	
Tubagem - DN25		74	465,66 €	
Tubagem - DN20		39	162,12 €	
Tubagem - DN15		245	735,54 €	
Carrier 42NH 225		1	1 074,00 €	ShopClima
Carrier 42NH 239		1	1 312,00 €	
Carrier 42NH 325		3	3 441,00 €	
Carrier 42NH 329		1	1 379,00 €	
Carrier 42NH 339		1	1 400,00 €	
Carrier 42NH 425		1	1 270,00 €	
Carrier 42NH 635		1	1 583,00 €	
Carrier 42KY10C	Daikin FWS06ATN	6	3 747,66 €	KeroClima
Carrier 42KY20C	Daikin FWR06ATV	1	979,39 €	
Carrier 42EP 029	Carrier 42NH 225	1	1 074,00 €	ShopClima
Carrier 42EP 039	Carrier 42NH 239	6	7 872,00 €	
De Dietrich – MHTC R290 030		1	20 510,00 €	Catálogo ACAE
Atlantic APTAE 50		1	29 520,00 €	Catálogo APATE
Baxi Vasoflex 8		1	51,41 €	Nicolau & Rosa
Baxi Vasoflex 18		1	67,31 €	
Grundfos MAGNA3 40-60 F		2	3 966,00 €	Grundfos
Grundfos MAGNA3 25-40		1	1 081,00 €	
Aquafer 400 L		1	1 289,00 €	Smartfire
Aquafer 500 L		1	1 559,00 €	
Total			86 077,43 €	

**Figura 7.2:** Custo por família de equipamentos - Projeto proposto**Tabela 7.3:** Comparação do custo anual da eletricidade consumida

Sistema	Eletricidade Consumida (kWh/ano)	Custo Anual (€)
Projeto Inicial	11 342,66	1 814,83
Projeto Proposto	16 744,70	2 679,15

à compra dos equipamentos, representam uma fatia bastante superior ao custo da eletricidade consumida para a utilização dos equipamentos e o investimento inicial do projeto apresentado pela empresa, segundo os cálculos realizados, é superior ao do sistema proposto. No entanto, este valor deve-se, em larga margem, à utilização dos equipamentos alternativos na análise de custos do sistema inicial. Tendo em conta os valores de custo efetivo fornecidos pela empresa para o projeto inicial, que quantificam os custos dos materiais em análise em cerca de 82205 euros, o investimento inicial deste projeto seria até mais reduzido do que o do projeto proposto. Os valores finais, tendo em conta estes dados fornecidos pela empresa, são apresentados na tabela 7.5.

Tabela 7.4: Comparação Económica entre Projeto Inicial e Projeto Proposto - Estudo

Projeto	Projeto Inicial	Projeto Proposto
Investimento inicial (equipamentos)	204 218 €	86 077 €
Custo de utilização (eletricidade) - 16 anos	29 037 €	42 866 €
Total	233 255 €	128 944 €

Tabela 7.5: Comparação Económica entre Projeto Inicial e Projeto Proposto - Dados da empresa

Projeto	Projeto Inicial	Projeto Proposto
Investimento inicial (equipamentos)	82 205 €	86 077 €
Custo de utilização (eletricidade) - 16 anos	29 037 €	42 866 €
Total	111 242 €	128 944 €

Capítulo 8

Conclusões e trabalhos futuros

Como já foi referido na introdução e ao longo de todo o trabalho, o principal objetivo dos estudos realizados no decorrer desta dissertação era perceber quais os efeitos a nível económico e ambiental da alternativa proposta, na fase inicial do trabalho, ao projeto realizado na DTE para o sistema de climatização do multiusos do Carregado. Tendo em conta este principal objetivo, conclui-se nos dois capítulos que precedem a conclusão que, quer a nível ambiental como a nível económico, o projeto proposto seria globalmente melhor que o apresentado pela empresa. A nível de impacto ambiental já seria esperado que fosse um projeto mais sustentável a nível de emissões equivalentes, principalmente pela diferença de previsíveis fugas de fluido frigorigéneo. Se excluíssemos este dado, seriam sistemas com impactos ambientais a médio/longo prazo semelhantes.

O resultado mais surpreendente obtido nesta análise foi mesmo o do impacto económico comparativo. Neste campo de estudo, concluiu-se que, ao longo do tempo de vida considerado para o sistema, o custo do sistema proposto seria substancialmente inferior, contrariamente ao expectável. Era previsível que os custos de utilização tivessem uma maior relevância no valor final, fazendo assim com que o custo final do projeto proposto fosse superior. No entanto, isto não se verificou, concluindo-se que o impacto do investimento inicial seria muito superior ao esperado. Como, neste caso, os equipamentos escolhidos para o projeto inicial apresentavam valores superiores aos do projeto proposto e foram desconsiderados vários aspetos possivelmente relevantes dada a falta de informação (como custos de manutenção ou substituição), o valor final obtido na análise realizada mostrou que o custo do projeto inicial seria superior ao do projeto proposto nesta tese (233255 euros comparados com os 128944 do projeto proposto). No entanto, se fossem utilizados os valores oficiais, fornecidos pela empresa, verificar-se-ia que o valor final do sistema inicial seria inferior ao do sistema proposto, tal como esperado (111242 euros comparados com os 128944 do projeto proposto).

Todas as análises realizadas nesta dissertação podiam ter sido feitas de forma mais elaborada e pormenorizada se o tempo de realização fosse mais alargado e as informações disponibilizadas pelos fabricantes fossem mais homogênea. É natural que tal não acontecesse, uma vez que a realização de relatórios ambientais sobre os produtos ainda não é um hábito de todas as empresas e não é ainda uma obrigatoriedade. Neste contexto, seria possível, com mais tempo de trabalho, fazer-se um estudo mais completo a nível ambiental, tendo em conta até os projetos completos e não só as zonas onde mais diferem. Seria também útil utilizar outros indicadores ambientais para se fazer a comparação dos dois projetos, assim como contabilizar todas as fases do ciclo de vida dos equipamentos, ou seja, o transporte, a instalação e o fim de vida. No que toca ao

estudo do impacto económico dos dois projetos, seria também possível ser feita uma análise mais completa, nomeadamente através da contabilização de custos mais específicos, como os custos de manutenção, de substituição, de instalação, de licenciamento e projeto. No caso de se fazer um estudo mais completo, seria também necessário elaborar mais o projeto proposto, detalhando todos os pormenores e os restantes equipamentos.

Referências

- [1] Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia . Regulamento (UE) 2024/573 do Parlamento Europeu e do Conselho de 7 de fevereiro de 2024 relativo aos gases fluorados com efeito de estufa, que altera a Diretiva (UE) 2019/1937 e que revoga o Regulamento (UE) n.o 517/2014. 2024. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32024R0573>; Texto relevante para efeitos do EEE.
- [2] Liu H, Wu Z, Yuan C, Li H, Li H, Peng J, et al. Experimental study of r410a and its low gwp alternative r452b flow boiling in a multiport microchannel tube. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 2024;230:125732. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0017931024005635>. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2024.125732>.
- [3] Presidência do Conselho de Ministros . Plano nacional energia e clima 2030 (pnec 2030). Resolução do Conselho de Ministros 53/2020; República Portuguesa; Portugal; 2020. Publicado no Diário da República, 1.ª série, N.º 133, 10 de julho de 2020.
- [4] República Portuguesa . Revisão do pnec 2030: Plano nacional energia e clima 2021-2030 (pnec 2030). Atualização/Revisão; República Portuguesa; Portugal; 2024. De acordo com o definido no artigo 14º do Regulamento (UE) 2018/1999, de 11 de dezembro. Versão final.
- [5] Therma . Low-gwp refrigerants and how it is affecting the hvac industry. 2018. Disponível em: <https://www.therma.com/low-gwp-refrigerants-and-how-it-is-affecting-the-hvac-industry/>. Acesso em: 2 de maio de 2025.
- [6] Safavisohe SM. Designing, simulation and analyzing energy consumption of hvac system for a public building in the city of turin. Master's thesis; Politecnico di Torino; 2018.
- [7] Yau YH, Rajput UA, Badarudin A. A comprehensive review of variable refrigerant flow (vrf) and ventilation designs for thermal comfort in commercial buildings. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 2024;URL: <https://www.researchgate.net/publication/378322538>. doi:10.1007/s10973-023-12837-3.
- [8] Wan H, Cao T, Hwang Y, Oh S. A review of recent advancements of variable refrigerant flow air-conditioning systems. *Applied Thermal Engineering* 2020;169:114893. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431119368280>. doi:<https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.114893>.
- [9] Kamal MA, Khan SA. Variable refrigerant flow in air conditioning of buildings: System configuration and energy efficiency. *American Journal of Civil Engineering and Architecture* 2021;9(2):42-51. URL: <http://pubs.sciepub.com/ajcea/9/2/1>.
- [10] Wang J, Lu X, Adetola V, Louie E. Modeling variable refrigerant flow (vrf) systems in

- building applications: A comprehensive review. *Energy and Buildings* 2024;311:114128. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778824002445>. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114128>.
- [11] Roriz LF. *Climatização: Conceção, Instalação e Condução de Sistemas*. Portugal: Editora ORION; 2006. ISBN 9789728620097.
- [12] Daikin Portugal . O que são exatamente os ventilo-convectores? 2024. URL: https://www.daikin.pt/pt_pt/particular/inspiration/articles/o-que-sao-exatamente-os-ventilo-convectores-.html; acessado em: 25 mar. 2025.
- [13] Comissão Europeia . Life Cycle Assessment & the EF methods. 2024. URL: https://green-forum.ec.europa.eu/environmental-footprint-methods/life-cycle-assessment-ef-methods_en; acessado em 2 de junho de 2025.
- [14] Widheden J, Ringström E. Life cycle assessment. In: *Handbook for Cleaning/Decontamination of Surfaces*. Elsevier; 2007, p. 695–718. URL: https://www.researchgate.net/publication/290232303_Life_Cycle_Assessment. doi:10.1016/B978-044451664-0/50021-8; akzo Nobel Technology & Engineering, Stenungsund, Sweden.
- [15] Quist Z. Life cycle assessment (lca) – everything you need to know. 2024. Disponível em: <https://ecochain.com/blog/life-cycle-assessment-lca-guide/>.
- [16] International Organization for Standardization . Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework. ISO 14040:2006; 2006. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/37456.html>.
- [17] Cove.tool . Understanding LCA Standards: ISO 14040/14044. <https://help.covetool.com/en/articles/8814594-understanding-lca-standards-iso-14040-14044>; 2024. Acessado em 19 de julho de 2025.
- [18] GreenDelta . openLCA – Free and professional Life Cycle Assessment software. <https://www.openlca.org>; 2023. Acessado em 22 de julho de 2025.
- [19] PEP Ecopassport General Instructions, Edition 4.1. http://www.pep-ecopassport.org/fileadmin/webmaster-fichiers/version_anglaise/PEP-Instructions_generales-ed_4.1-_EN-2017_10_17.pdf; 2017. Accessed: July 22, 2025.
- [20] International Organization for Standardization . ISO 14025: Environmental labels and declarations – Type III environmental declarations – Principles and procedures. Standard: ISO 14025; 2006. Disponível em: <https://www.cscses.com/uploads/2016328/20160328110527052705.pdf>.
- [21] Direção-Geral de Energia e Geologia . Manual SCE – Certificação Energética dos Edifícios; 2021. URL: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/eficiencia-energetica/sistema-de-certificacao-energetica-dos-edificios/sce-sistema-de-certificacao-energetica-dos-edificios/>.
- [22] Mundt E, Mathisen HM, Nielsen PV, Moser A. Ventilation Effectiveness. No. 2 in *REHVA Guidebook*; Brussels: REHVA; 2004. ISBN 9782960046809.
- [23] ASHRAE . ASHRAE Handbook–HVAC Applications. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE); 2019. URL: <https://www.ashrae.org/technical-resources/ashrae-handbook/2023-ashrae-handbook-hvac-applications>.

- [24] Commission Regulation (EU) No 1253/2014 of 7 July 2014 implementing directive 2009/125/ec with regard to ecodesign requirements for ventilation units. Official Journal of the European Union, L 337; 2014. Binding in its entirety and directly applicable in all Member States.
- [25] ASHRAE Handbook – Fundamentals. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE); 2023.
- [26] Chen Z, Chen Y, Yang C. Impacts of large chilled water temperature difference on thermal comfort, equipment sizes, and energy saving potential. Journal of Building Engineering 2022;49:104069. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710222000821>. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104069>.
- [27] xAI . Grok. 2025. URL: <https://x.ai>; prompt: "Preciso que faça uma análise à composição destas unidades de um sistema VRF, nomeadamente ao seu peso e composição (divisão do peso por material)"@.
- [28] OpenAI . ChatGPT (Jan 2024 version) [Large language model]. <https://openai.com/chatgpt>; 2024. Prompt: "Qual a composição mássica de um vaso de expansão?"@.
- [29] European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability . International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook: Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European Context. First ed.; Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2011. ISBN 978-92-79-17451-3. URL: <http://bookshop.europa.eu>; eUR 24571 EN.
- [30] PEP ecopassport® Program . Product Specific Rules for Comfort Terminal Units (CTU). <https://register.pep-ecopassport.org/documents/public/PSR-0009-EN>; 2023. PSR-0009-ed3.0-EN, Published 2023-10-19. According to PSR-model-ed2-EN-2021-11-18.
- [31] EN 14825:2022 – air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps, with electrically driven compressors, for space heating and cooling, commercial and process cooling – testing and rating at part-load conditions and calculation of seasonal performance. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/9fcc3835-2b65-478e-920e-3f3bacb6d2c5/en-14825-2022>; 2022. Accessed July 2025.
- [32] Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG) . Trajectories of energy conversion and ghg emission factors for portugal. Tech. Rep. 009; Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG), Portugal; 2025. URL: <https://www.apren.pt/contents/publicationsothers/20250523-dgeg-trajectories-of-energy-conversion-and-ghg-emission-factors-for-portugal.pdf>; disponível online em APREN (acesso em julho de 2025).
- [33] Efficiency Maine Trust . Refrigerants 2022: Market trends, environmental impacts, and policy insights. Technical report; 2022. URL: https://www.efficiencymaine.com/docs/EMT_Refrigerants_Report_FINAL_2022-3-14.pdf.
- [34] (EEA) EEA. Fluorinated greenhouse gases 2023. 2023. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/fluorinated-greenhouse-gases-2023>; relatório anual com dados de GWP e utilização de refrigerantes na Europa.
- [35] Ng W, Mohamed Kamar H, Kamsah N, Wang FJ. Performance analysis of low gwp refrigerants mixture as a substitute for r410a in residential air conditioner in tropical region. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2019;268:012104. doi:10.1088/1755-1315/268/1/012104.

- [36] Tyler M, Vlachokostas E, Maddox D, Xie Y, Rosenberg M, Myer M. National cost-effectiveness of ansi/ashrae/ies standard 90.1-2022. Tech. Rep. PNNL-34100; Pacific Northwest National Laboratory; Richland, WA; 2024. Prepared for the U.S. Department of Energy under Contract DE-AC05-76RL01830.

Apêndice A

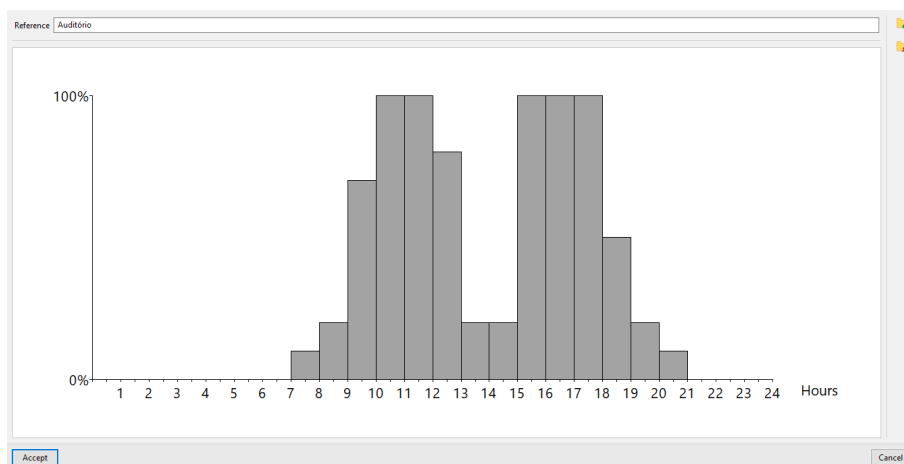


Figura A.1: Perfil de utilização do auditório

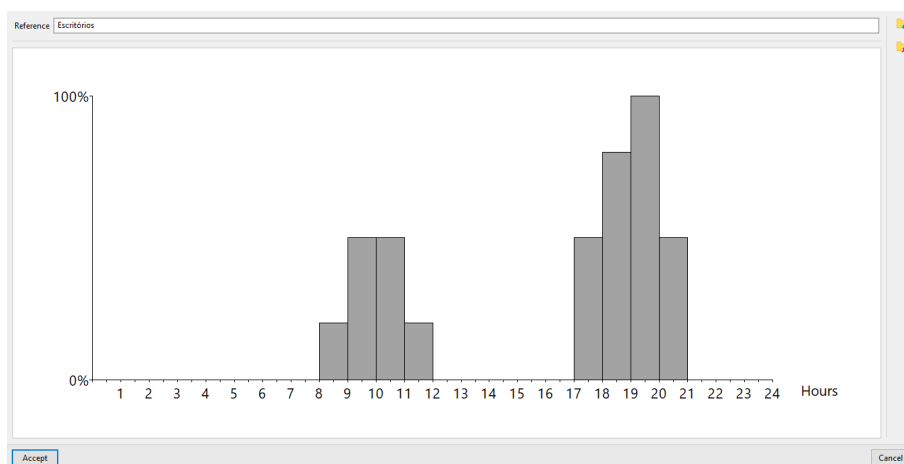


Figura A.2: Perfil de utilização dos escritórios

Apêndice B

Tabela B.1: Cálculos de ar novo

Secção	Compartimento	Área (m2)	Req.p/ocupante	Req/área	nº ocupantes
Oeste	Vestibulo Principal	61,42	24,00	3,00	8
	Átrio Principal	611,67	24,00	3,00	32
	Bengaleiro 1	36,26	24,00	3,00	1
	Cuidados de Bébé	50,89	28,00	3,00	8
	Arrumos	29,85	24,00	3,00	1
	Vestibulo Sul	39,23	24,00	3,00	4
	Sala de Controlo	9,17	24,00	3,00	1
	Bengaleiro 2	27,21	24,00	3,00	1
	Sala de Primeiros Socorros	48,86	24,00	3,00	5
Central	Vestibulo Norte	41,05	24,00	3,00	4
	Auditório	2 632,78	24,00	3,00	2450
Este	Corredor	147,20	24,00	3,00	10
	Audiovisual	17,30	24,00	3,00	2
	Escritório 1	11,72	24,00	3,00	2
	Escritório 2	12,30	24,00	3,00	2
	Escritório 3	12,30	24,00	3,00	2
	Escritório 4	18,68	24,00	3,00	3
	24 (corredor)	37,95	24,00	3,00	5
	27 (corredor)	7,87	24,00	3,00	1
	33 (corredor)	35,20	24,00	3,00	4
	34 (Piscina)				

Tabela B.2: Cálculos de ar novo

Secção	Compartimento	Caudal ar novo pelo requisito ocupante (m3/h)	Caudal ar novo pelo requisito da área (m3/h)	εv	Caudal efetivo pela ocupação (m3/h)	Caudal efetivo pela área (m3/h)	Caudal efetivo (m3/h)	Caudal com perdas de 3% (m3/h)	caudal de projeto (arredondado)
Oeste	Vestibulo Principal	192,00	184,26	0,8	240,00	230,33	240,00	247,20	250,00
	Átrio Principal	768,00	1 835,01	0,8	960,00	2 293,76	2 293,76	2 362,58	2 370,00
	Bengaleiro 1	24,00	108,78	0,8	30,00	135,98	135,98	140,05	150,00
	Cuidados de Bébé	224,00	152,67	0,8	280,00	190,84	280,00	288,40	290,00
	Arrumos	24,00	89,55	0,8	30,00	111,94	111,94	115,30	120,00
	Vestibulo Sul	96,00	117,69	0,8	120,00	147,11	147,11	151,53	160,00
	Sala de Controlo	24,00	27,51	0,8	30,00	34,39	34,39	35,42	40,00
	Bengaleiro 2	24,00	81,63	0,8	30,00	102,04	102,04	105,10	110,00
	Sala de Primeiros Socorros	120,00	146,58	0,8	150,00	183,23	183,23	188,72	190,00
Central	Vestibulo Norte	96,00	123,16	0,8	120,00	153,95	153,95	158,57	160,00
	Auditório	58 800,00	7 898,34	0,8	73 500,00	9 872,93	73 500,00	75 705,00	75 710,00
Este	Corredor	240,00	441,60	0,8	300,00	552,00	552,00	568,56	570,00
	Audiovisual	48,00	51,90	0,8	60,00	64,88	64,88	66,82	70,00
	Escritório 1	48,00	35,16	0,8	60,00	43,95	60,00	61,80	70,00
	Escritório 2	48,00	36,90	0,8	60,00	46,13	60,00	61,80	70,00
	Escritório 3	48,00	36,90	0,8	60,00	46,13	60,00	61,80	70,00
	Escritório 4	72,00	56,04	0,8	90,00	70,05	90,00	92,70	100,00
	24 (corredor)	120,00	113,85	0,8	150,00	142,31	150,00	154,50	160,00
	27 (corredor)	24,00	23,61	0,8	30,00	29,51	30,00	30,90	40,00
	33 (corredor)	96,00	105,60	0,8	120,00	132,00	132,00	135,96	140,00
	34 (Piscina)							221,45	230,00
								80 954,15	81 070,00

Apêndice C

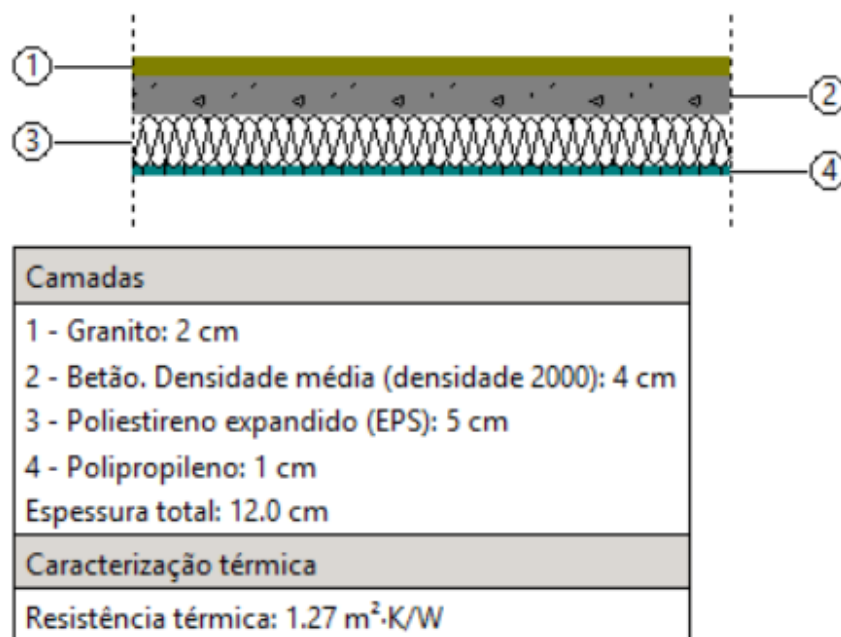


Figura C.1: Pavimento

Tabela C.1: Cálculo do caudal de ar novo para a sala batismal

Piso	Compartimento	Área (m2)	Pano de água (m2)	Req.p/ocupante	Req/área	nº ocupantes
Este	Piscina	44,57	8,60	-	20,00	22

Tabela C.2: Cálculo do caudal de ar novo para a sala batismal

Caudal ar novo pelo requisito ocupante (m3/h)	Caudal ar novo pelo requisito da área (m3/h)	εv	Caudal efetivo pela ocupação (m3/h)	Caudal efetivo pela área (m3/h)	Caudal efetivo (m3/h)	Caudal com perdas de 3% (m3/h)	caudal de projeto (arredondado)
-	172,00	0,8	-	215,00	215,00	221,45	230,00

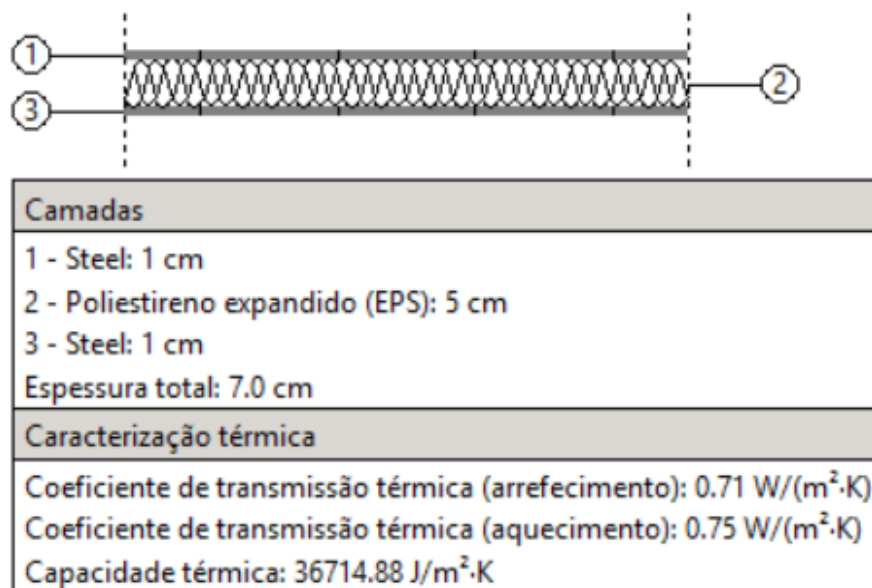


Figura C.2: Cobertura

Figura C.3: Parede Interior

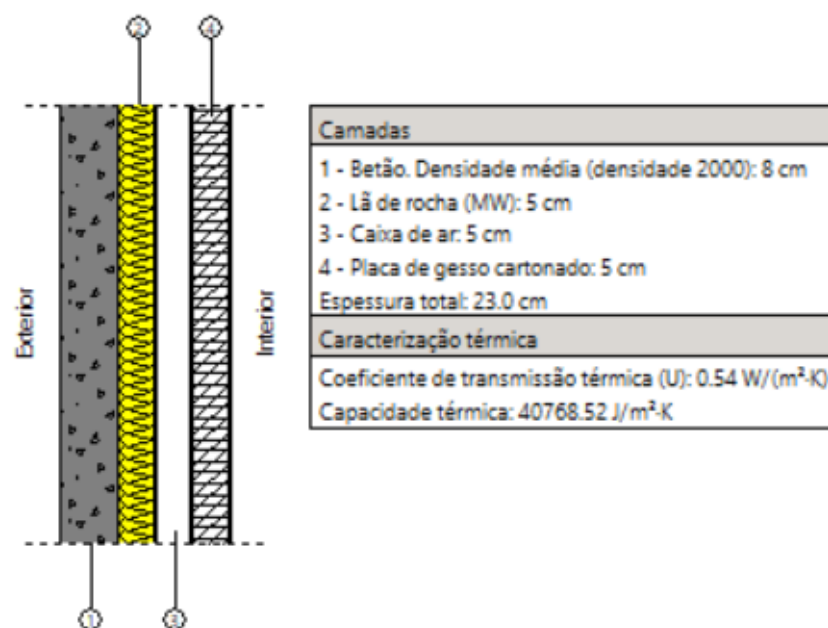


Figura C.4: Parede Exterior

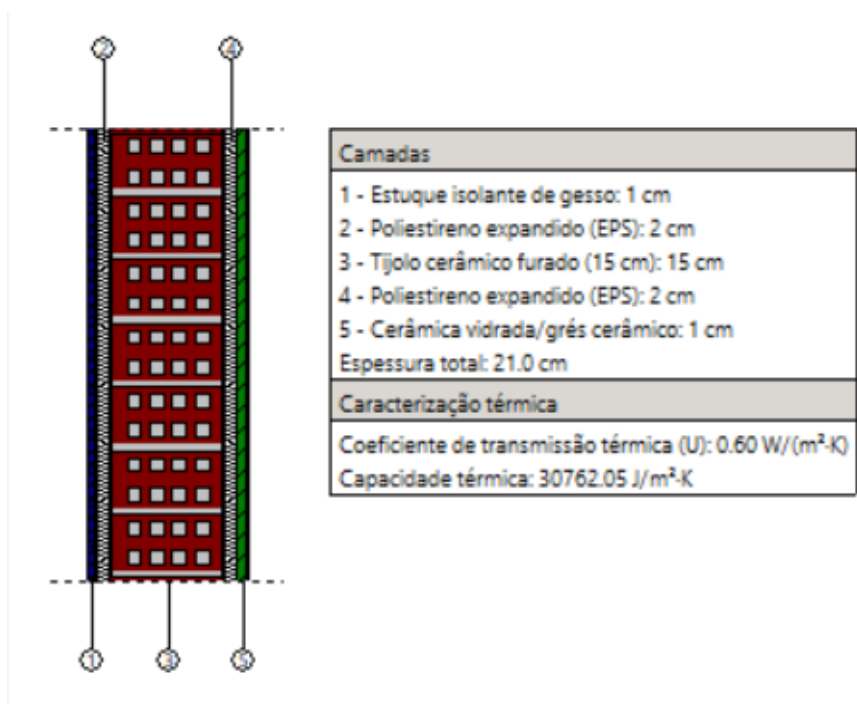


Figura C.5: Parede de Casa de Banho

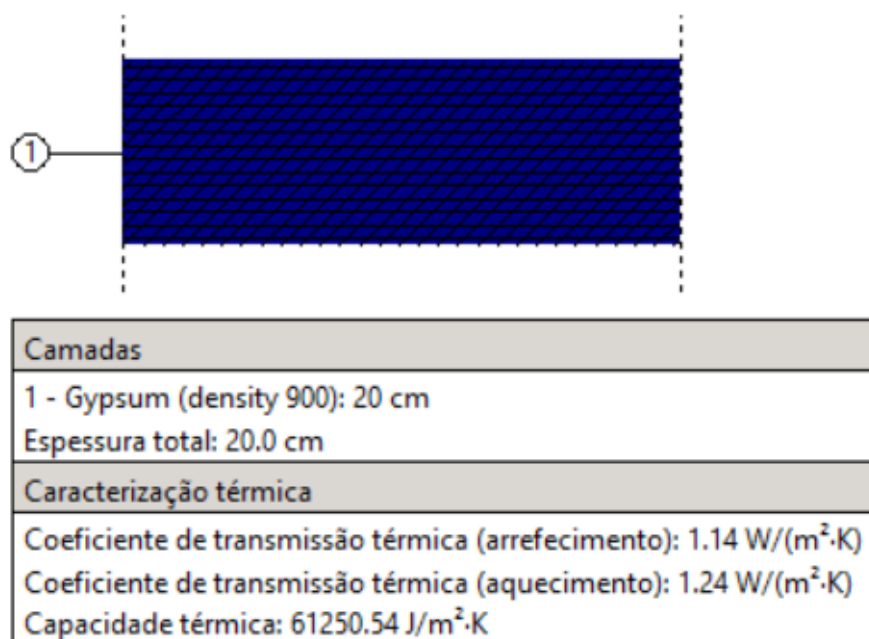


Figura C.6: Teto falso

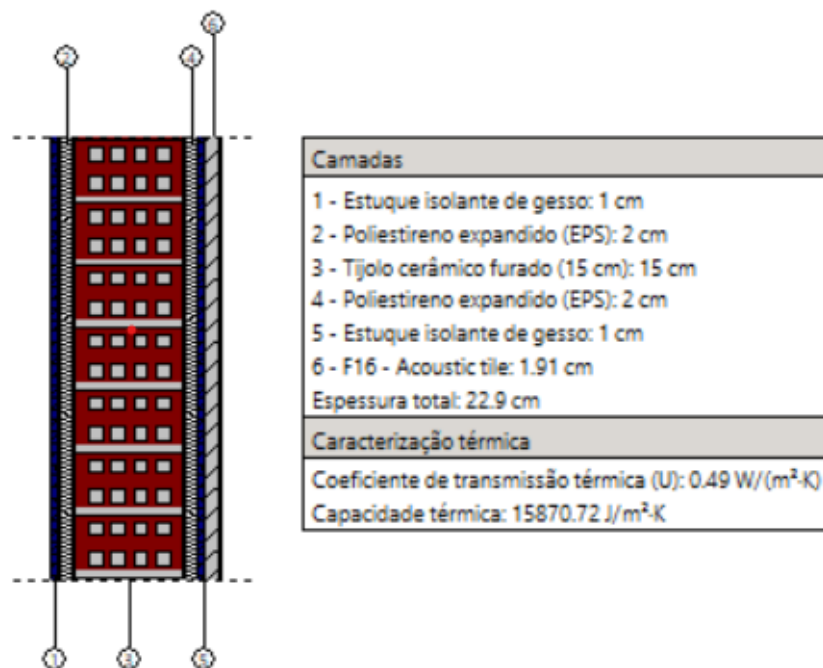


Figura C.7: Parede do auditório

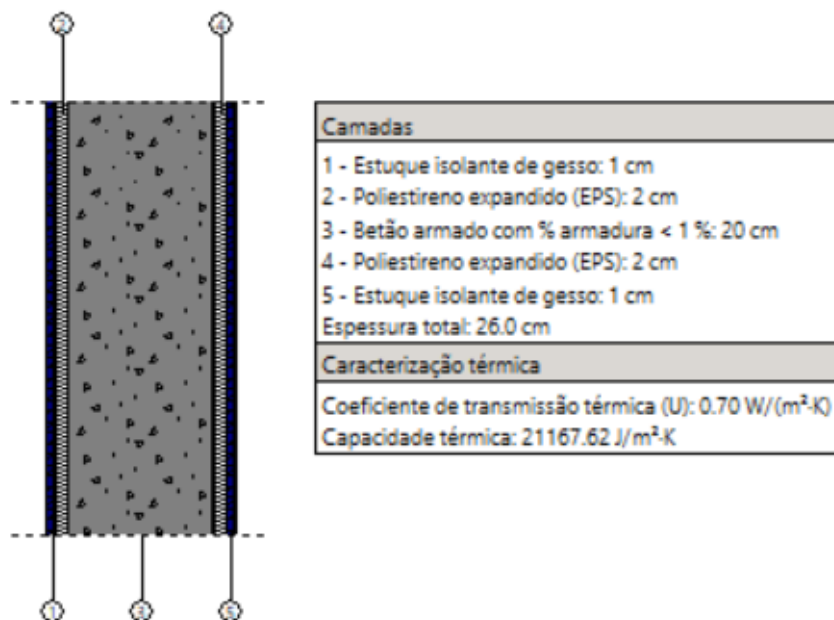


Figura C.8: Parede interior de betão

Referência Escritórios

Classificação do compartimento Habitável

Condições de cálculo Climatizado

Arrefecimento	Aquecimento
Temperatura interior de dimensionamento 25.0 °C	Temperatura interior de dimensionamento 20.0 °C
Humidade relativa de dimensionamento 50.00 %	Humidade relativa de dimensionamento 40.00 %

Ventilação/Infiltração

☒ Ventilação 70 m³/h ☐ Infiltração

☒ Recuperação de calor

☒ Eficiência térmica 73.00 %

☐ Eficiência higrométrica

☒ Perfil de utilização

☒ Ganhos internos de calor

Ocupação	Equipamento interno
☒ Ocupação 2 pessoas	☒ Equipamento interno
Ganho de calor sensível 70.00 W/pessoa	Ganho de calor sensível 5.40 W/m²
Fracção radiante 0.60	Fracção radiante 0.20
Ganho de calor latente 45.00 W/pessoa	Ganho de calor latente 0.00 W/m²
☒ Perfil de utilização	☒ Perfil de utilização
☒ Iluminação	☐ Outras cargas
Ganho de calor sensível 8.80 W/m²	
Fracção radiante 0.58	
Fracção ao compartimento 0.69	
☒ Perfil de utilização	

Figura C.9: Configuração das condições para o cálculo das cargas térmicas

Apêndice D

Tabela D.1: Cálculo das perdas de carga nas tubagens

	Deste																										
Tubagem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Caudal (l/h)	5522	576	4546	289	4657	465	4192	289	3993	81	3822	198	3624	289	3335	392	3033	289	2744	227	2517	289	2228	530	1698	289	1409
DN	40	15	40	15	40	15	40	15	40	15	40	15	32	15	32	15	32	15	32	15	32	15	25	15	25	15	20
Diâmetro (mm)	41,25	15,75	41,25	15,75	41,25	15,75	41,25	15,75	41,25	15,75	41,25	15,75	35,75	15,75	35,75	15,75	35,75	15,75	35,75	15,75	35,75	15,75	27	15,75	27	15,75	21,25
Volume (m3)	0,06281099	0,001169	0,008018	0,000584	0,008018	0,001169	0,003341	0,000487	0,004009	0,001169	0,002673	0,001848	0,003011	0,000487	0,005019	0,001072	0,003011	0,000584	0,006023	0,001266	0,002008	0,000584	0,00229	0,001169	0,002576	0,000487	0,005497
Velocidade (m/s)	1,14777329	0,821238	1,028049	0,412045	0,967979	0,662979	0,871327	0,412045	0,811257	0,115487	0,79442	0,282301	1,002868	0,412045	0,822893	0,43058	0,839321	0,412045	0,709346	0,323648	0,696528	0,412045	1,089024	0,759533	0,823792	0,412045	1,103572
Re	47345,6483	12934,5	42407,02	6489,704	39029,34	10441,91	35942,22	6489,704	33464,34	1818,914	32769,84	4446,233	35852,53	6489,704	32993,43	6781,629	30905,72	6489,704	27146,61	5097,449	24900,89	6489,704	29184,96	11901,53	2242,39	6489,704	23450,91
f	0,03464465	0,049322	0,034845	0,052549	0,034963	0,050139	0,035183	0,052549	0,035343	0,035186	0,035392	0,055221	0,036539	0,052549	0,036716	0,052286	0,036833	0,052549	0,037181	0,054165	0,037412	0,052549	0,039957	0,049623	0,04062	0,052549	0,043384
L (m)	47	6	6	3	6	6	2,5	2,5	3	6	2	10	3	2,5	5	5,5	3	3	6	6,5	2	3	4	6	4,5	2,5	15,5
Perda de carga linha (kPa)	26,0011389	6,335998	2,678372	0,849697	2,382529	4,197748	0,609427	0,708081	0,845835	0,089396	0,541474	1,397074	1,5419	0,708081	2,188655	1,692962	1,091662	0,849697	1,799071	1,170746	0,507703	0,849697	3,45819	5,397147	2,297158	0,708081	19,26974
T s	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
hL(kPa)	0,85629929	0	0,686975	0	0,609039	0	0,493487	0	0,427789	0	0,410217	0	0,653734	0	0,553625	0	0,457899	0	0,274794	0	0,315349	0	0,759458	0	0,441112	0	0
Cotovelos (m)	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
hL(kPa)	1,18564517	0	0	0,076401	0	0,197793	0	0,076401	0	0,006602	0	0,071724	0	0,076401	0	0,083429	0	0,076401	0	0,047136	0	0,076401	0	0,256955	0	0,076401	0,548042
Reduções (m)													1										1				1
hL(kPa)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,085172	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,078918
Ventiloinjectores (kPa)																											26,765
Chillers (kPa)	82,83																										

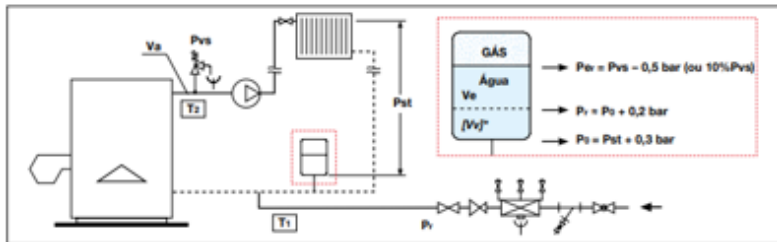
Tabela D.2: Cálculo das perdas de carga nas tubagens

	Este																
Tubagem	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
Caudal (l/h)	2112	74	2038	370	1668	370	1298	163	1135	163	972	370	602	163	439	317	122
DN	25	15	25	15	25	15	25	15	20	15	20	15	15	15	15	15	15
Diâmetro (mm)	27	15,75	27	15,75	27	15,75	27	15,75	21,25	15,75	21,25	15,75	15,75	15,75	15,75	15,75	15,75
Volume (m3)	0,01231	0,003702	0,001145	0,000877	0,000859	0,000779	0,002004	0,000877	0,001064	0,000779	0,000355	0,000779	0,00039	0,000779	0,000584	0,000779	0,001364
Velocidade (m/s)	1,024646	0,105506	0,988745	0,527531	0,809238	0,527531	0,629731	0,232399	0,888967	0,232399	0,7613	0,527531	0,858308	0,232399	0,625909	0,451966	0,173943
Re	27665,45	1661,724	26696,11	8308,618	21849,42	8308,618	17002,73	3660,283	18890,55	3660,283	16177,63	8308,618	13518,35	3660,283	9858,063	7118,464	2739,598
f	0,040076	0,038514	0,040158	0,051184	0,040669	0,051184	0,041435	0,056927	0,043947	0,056927	0,044417	0,051184	0,04917	0,056927	0,050384	0,052007	0,059975
L (m)	21,5	19	2	4,5	1,5	4	3,5	4,5	3	4	1	4	2	4	3	4	7
Perda de carga linha (kPa)	16,7524	0,258595	1,454055	2,034838	0,739789	1,808745	1,065005	0,439229	2,451532	0,390426	0,605727	1,808745	2,299883	0,390426	1,87987	1,349022	0,40325
T s	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
hL(kPa)	0,682435	0	0,635451	0	0,425663	0	0,257764	0	0,51367	0	0,376726	0	0,47885	0	0,254645	0	0
Cotovelos (m)	4	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
hL(kPa)	1,88982	0,010018	0	0,12523	0	0,12523	0	0,024304	0	0,024304	0	0,12523	0	0,024304	0	0,091923	0,02723
Reduções (m)	1							1					1				
hL(kPa)	0	0,000721	0	0	0	0	0	0	0,051209	0	0	0	0,047738	0	0	0	0
Ventiloinjectores (kPa)																	
Chillers (kPa)	31,68																3,21

Tabela D.3: Perdas de carga totais nas tubagens

Tubagem	Total Oeste	Total Este	
Caudal (l/h)			
DN			
Diâmetro (mm)			
Volume (m3)			
Velocidade (m/s)			
Re			
f			
L (m)			
Perda de carga linha (kPa)	65,41105033	27,6515091	kPa
T's			
hL(kPa)	7,039777324	3,625204225	kPa
Cotovelos (m)			
hL(kPa)	0,548042196	0,027230472	kPa
Reduções (m)			
hL(kPa)	0,219802431	0,098946637	kPa
Ventiloconvectores (kPa)	26,765	3,21	kPa
Chillers (kPa)			kPa
	99,98367228	34,61289043	kPa
	110,0	38,1	
	2*MAGNA3 40-60 F	MAGNA3 25-40	

Instalações de aquecimento



Método de dimensionamento

e = coeficiente de expansão da água, calculado com base na diferença máxima entre a temperatura da água com a instalação fria (T_1) e a máxima de funcionamento (T_2)

$$e = n/100$$

t_m = temperatura máxima admissível em graus Celsius referida na intervenção dos dispositivos de segurança

$$n = 0,31 + 3,9 \cdot 10^{-4} \cdot t_m^2$$

Para valores de temperatura iguais a 110°C , $n = 5,029$

Definição de volumes

V_n = volume do vaso (l), a calcular

V_a = conteúdo de água da instalação (l)

V_e = volume de expansão devido ao aquecimento da água (l)

Definição das pressões - as pressões abaixo indicadas são pressões medidas com um manómetro (pressões relativas):

P_{st} = pressão hidrostática no ponto de instalação (bar)

P_v = pressão de regulação da válvula de segurança (bar)

P_0 = pressão de pré-carga do vaso do lado gás (bar) igual à pressão hidrostática aumentada por um valor de pressão de precaução para garantir que não ocorrem depressões na instalação (bar)

$$P_0 = P_{st} + 0,3 \text{ bar}$$

NOTA:

P_v = pressão de enchimento da instalação do lado da água (bar)

Para compensar eventuais perdas no circuito, é recomendável que exista já um volume mínimo $[V_v]^{**}$ de água no vaso, na fase inicial. Para que este volume $[V_v]^{**}$, aconselhado igual a 0,5% de V_a (com um mínimo de 3 litros) entre no vaso a frio, é necessário encher a instalação com P_i de enchimento igual a:

$$P_i = P_0 + 0,2 \text{ bar}$$

Pressão mínima de carga recomendada $P_r \approx 1 \text{ bar}$

P_{ev} = pressão máxima de funcionamento da instalação lado gás (bar), ou seja, P_{vs} reduzida por um valor de pressão que previne a abertura da válvula de segurança

$$P_{ev} = P_{vs} - 0,5 \text{ bar (10\% } P_{vs} \text{ se } P_{vs} > 5 \text{ bar)}$$

Tabela indicativa do coeficiente "n" com a variação da temperatura "T (°C)", relativamente à temperatura de 10°C , com e sem glicol "g"

°C	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
% glicol																
0			0	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	1,7	2,3	2,9	3,6	4,3	5,2	6,0	6,9
10			0,1	0,3	0,5	0,7	1,1	1,5	2,0	2,6	3,2	3,9	4,6	5,5	6,3	7,3
20			0,2	0,5	0,8	1,1	1,4	1,8	2,3	2,9	3,5	4,2	4,9	5,8	6,7	7,6
30			0,1	0,4	0,7	1,0	1,3	1,6	2,1	2,6	3,1	3,8	4,4	5,2	6,0	6,9
40			0,4	0,7	1,0	1,3	1,5	1,7	2,1	2,5	3,0	3,6	4,2	4,9	5,6	6,4
50			0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,0	2,4	2,8	3,3	3,9	4,5	5,2	5,9	6,7
60			0,8	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3	2,7	3,1	3,6	4,1	4,7	5,3	6,0	6,8
70			1,0	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,9	3,3	3,8	4,3	4,9	5,5	6,2	7,0
80			1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,1	3,5	4,0	4,5	5,1	5,7	6,4	7,2
90			1,4	1,7	2,0	2,3	2,6	2,9	3,3	3,7	4,2	4,7	5,3	5,9	6,6	7,4
100			1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1	3,5	3,9	4,4	4,9	5,5	6,1	6,8	7,6
110			1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,7	4,1	4,6	5,1	5,7	6,3	7,0	7,8
120			2,0	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,9	4,3	4,8	5,3	5,9	6,5	7,2	8,0
130			2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,7	4,1	4,5	5,0	5,5	6,1	6,7	7,4	8,2

A capacidade de um vaso de expansão fechado com membrana (diafragma) para instalações de aquecimento é calculada aplicando a fórmula seguinte:

$$V_n = \frac{e \cdot V_a \cdot [V_v]^{**}}{1 - \frac{P_a}{P_e}} \quad (1)$$

Pressões absolutas

P_a = pressão absoluta inicial lado gás (bar) igual à pressão P_0 mais a pressão atmosférica (1 bar)

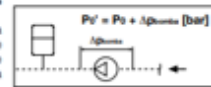
$$P_a = P_0 + [\pm A_p]^{**} + 1$$

P_e = pressão absoluta final lado gás (bar), dada pela P_{ev} mais a pressão atmosférica (1 bar)

$$P_e = P_{ev} + 1 = P_{vs} - 0,5 \text{ bar [ou } -10\% P_{vs}] + 1$$

"Montagem do vaso após a bomba de circulação"

A montagem do vaso a jusante da bomba prevê que o cálculo de P_a considere a altura manométrica desta última $[\Delta p_{bomba}]^{**}$.



$$P_a' = P_0 + \Delta p_{bomba} [\text{bar}] + 1 \text{ bar}$$

Considerando que nesta última fórmula, a pressão de pré-carga (no manómetro) lado gás é dada por:

$$P_i' = P_0 + \Delta p_{bomba} [\text{bar}]$$

Exemplo:

Dimensionar um vaso de expansão para uma instalação de aquecimento com as características seguintes:

V_a = conteúdo de água da instalação = 1000 l

V_v = 5 l (0,5% de V_a)

t_m = 110°C

n = 5,029

$e = n/100 = 0,05029$

P_{st} = pressão hidrostática no ponto de instalação = 2,3 bar

P_{vs} = pressão de regulação da válvula de segurança = 4 bar

Solução:

P_0 = pressão de pré-carga do vaso lado gás =

$$P_{st} + 0,3 \text{ bar} = 2,3 + 0,3 = 2,6 \text{ bar}$$

P_{ev} = pressão máxima de funcionamento da instalação lado gás =

$$P_{vs} - 0,5 \text{ bar} = 4 - 0,5 = 3,5 \text{ bar}$$

P_a = pressão absoluta inicial lado gás = $P_0 + 1 = 2,6 + 1 = 3,6 \text{ bar}$

P_e = pressão absoluta final lado gás = $P_{ev} + 1 = 3,5 + 1 = 4,5 \text{ bar}$

Aplica-se a fórmula (1) para cálculo do volume do vaso V_n :

$$V_n = \frac{0,05029 \cdot 1000 + 5}{1 - \frac{3,6}{4,5}} = 276,45 \text{ l}$$

Portanto, deverá ser escolhido um vaso de 300 l (com pré-carga de 2,6 bar).

Figura D.1: Dimensionamento de um vaso de expansão

Apêndice E

PLUSFROID®			
COBRE NÃO ISOLADO			
PREMIUM ACR COPPER TUBES			
VARA			
DIÂMETRO POLEGADAS	MEDIDAS ØE x EP (mm)	PESO (kg/m)	COMPRIMENTO VARA (m)
3/8 *	9,52 x 0,80	0,196	5
1/2 *	12,70 x 0,80	0,266	5
1/2 *	12,70 x 1,00	0,328	5
5/8 *	15,87 x 0,80	0,338	5
5/8 *	15,87 x 1,00	0,416	5
3/4 *	19,05 x 0,80	0,408	5
3/4 *	19,05 x 1,00	0,506	5
7/8 *	22,22 x 1,00	0,594	5
1 1/8 *	28,57 x 1,00	0,772	5
1 3/8 *	34,92 x 1,25	1,178	5
1 5/8 *	41,27 x 1,25	1,402	5
2 1/8 *	53,97 x 1,25	1,846	5
2 5/8 *	66,67 x 1,651	3,006	5
Norma EN 12735-1, R290.			
PREMIUM ACR COPPER TUBES			
ROLO			
DIÂMETRO POLEGADAS	MEDIDAS ØE x EP (mm)	PESO (kg/m)	COMPRIMENTO ROLO (m)
1/4 *	6,35 x 0,80	1,86	15
3/8 *	9,52 x 0,80	2,93	15
1/2 *	12,70 x 0,80	4,00	15
5/8 *	15,87 x 0,80	5,07	15
5/8 *	15,87 x 1,00	6,25	15
3/4 *	19,05 x 0,80	6,13	15
3/4 *	19,05 x 1,00	7,58	15
7/8 *	22,22 x 1,00	8,92	15
Norma EN 12735-1, R220.			

Figura E.1: Peso por comprimento das tubagens de cobre

Tabela E.1: Peso por comprimento das tubagens de ferro preto

TABELA DIMENSIONAL

Tubos Circulares

EN 10244

Ø	Espessura (mm)	Peso (Kg/m)	Tubos por Atado	Peso por Atado (Kg)	Secção (cm²)	I - Momento de Inércia (cm⁴)	W - Momento de Flexão Elástico (cm³)	i - Raio de Giração (cm)
16	1,50	0,536	469	1508	0,683	0,182	0,227	0,515
16	2,00	0,691	469	1944	0,880	0,220	0,275	0,500
17,2	1,50	0,581	397	1384	0,740	0,230	0,267	0,558
17,2	1,80	0,684	100	410	0,871	0,262	0,304	0,548
17,2	2,00	0,750	397	1787	0,955	0,281	0,326	0,542
19	1,50	0,647	331	1285	0,825	0,318	0,335	0,621
19	2,00	0,838	331	1664	1,068	0,391	0,412	0,605
20	1,50	0,684	331	1358	0,872	0,375	0,375	0,656
20	2,00	0,888	331	1764	1,131	0,464	0,464	0,640
21,3	1,50	0,732	331	1454	0,933	0,460	0,432	0,702
21,3	2,0	0,952	331	1891	1,213	0,571	0,536	0,686
21,3	2,5	1,159	331	2302	1,477	0,664	0,623	0,671
22	1,5	0,758	331	1505	0,966	0,510	0,464	0,727
22	2,0	0,986	331	1958	1,257	0,635	0,577	0,711
23,5	1,5	0,814	271	1324	1,037	0,630	0,536	0,780
23,5	2,0	1,060	271	1724	1,351	0,787	0,670	0,763
25	1,5	0,869	271	1413	1,107	0,768	0,614	0,833
25	2,0	1,134	271	1844	1,445	0,963	0,770	0,816
25	2,3	1,288	271	2094	1,640	1,067	0,854	0,807
25	2,6	1,436	271	2335	1,830	1,163	0,930	0,797
25	2,9	1,581	271	2571	2,013	1,250	1,000	0,788
26,9	1,5	0,940	271	1528	1,197	0,969	0,720	0,900

Tabela E.2: Peso por comprimento das tubagens de ferro preto

32	1,5	1,128	217	1469	1,437	1,675	1,047	1,080
32	2,0	1,480	217	1927	1,885	2,130	1,331	1,063
32	2,3	1,685	217	2194	2,146	2,380	1,488	1,053
32	2,6	1,885	217	2454	2,401	2,615	1,634	1,044
32	2,9	2,081	217	2709	2,651	2,834	1,771	1,034

Tabela E.3: Peso por comprimento das tubagens de ferro preto

EN 10244

Ø	Espessura (mm)	Peso (Kg/m)	Tubos por Atado	Peso por Atado (Kg)	Secção (cm²)	I - Momento de Inércia (cm⁴)	W - Momento de Flexão Elástico (cm³)	i - Raio de Giração (cm)
38	1.5	1.350	127	1029	1.720	2.869	1.510	1.292
38	2.0	1.776	127	1353	2.262	3.676	1.935	1.275
38	2.3	2.025	127	1543	2.580	4.127	2.172	1.265
38	2.6	2.270	127	1730	2.892	4.554	2.397	1.255
38	2.9	2.510	127	1913	3.198	4.958	2.610	1.245
38	3.2	2.746	127	2092	3.498	5.341	2.811	1.236
38	3.6	3.054	127	2327	3.891	5.818	3.062	1.223
38	4	3.354	127	2556	4.273	6.259	3.294	1.210
40	1.5	1.424	127	1085	1.814	3.367	1.683	1.362
40	2.0	1.874	127	1428	2.388	4.322	2.161	1.345
40	2.3	2.138	127	1629	2.724	4.858	2.429	1.335
40	2.6	2.398	127	1827	3.055	5.367	2.684	1.325
40	2.9	2.653	127	2022	3.380	5.851	2.925	1.316
40,0	3.0	2.737	127	2086	3.487	6.007	3.003	1.312
40	3.2	2.904	127	2213	3.700	6.310	3.155	1.306
40	3.6	3.232	127	2463	4.117	6.885	3.442	1.293
40	4.0	3.551	127	2706	4.524	7.419	3.710	1.281
42	1.5	1.498	91	818	1.909	3.918	1.866	1.433
42	2.0	1.973	91	1077	2.513	5.039	2.400	1.416
42	2.3	2.252	91	1230	2.869	5.670	2.700	1.406
42	2.5	2.435	91	1330	3.102	6.075	2.893	1.399
42	2.6	2.526	91	1379	3.218	6.272	2.987	1.396
42	3.0	2.885	91	1575	3.676	7.030	3.347	1.383
42	3.2	3.062	91	1672	3.901	7.390	3.519	1.376
42	3.6	3.409	91	1861	4.343	8.075	3.845	1.364
42	4.0	3.749	91	2047	4.775	8.715	4.150	1.351

Tabela E.4: Peso por comprimento das tubagens de ferro preto

EN 10244

Ø	Espessura (mm)	Peso (Kg/m)	Tubos por Atado	Peso por Atado (Kg)	Secção (cm²)	I - Momento de Inércia (cm⁴)	W - Momento de Flexão Elástico (cm³)	i - Raio de Giração (cm)
38	1.5	1.350	127	1029	1.720	2.869	1.510	1.292
38	2.0	1.776	127	1353	2.262	3.676	1.935	1.275
38	2.3	2.025	127	1543	2.580	4.127	2.172	1.265
38	2.6	2.270	127	1730	2.892	4.554	2.397	1.255
38	2.9	2.510	127	1913	3.198	4.958	2.610	1.245
38	3.2	2.746	127	2092	3.498	5.341	2.811	1.236
38	3.6	3.054	127	2327	3.891	5.818	3.062	1.223
38	4	3.354	127	2556	4.273	6.259	3.294	1.210
40	1.5	1.424	127	1085	1.814	3.367	1.683	1.362
40	2.0	1.874	127	1428	2.388	4.322	2.161	1.345
40	2.3	2.138	127	1629	2.724	4.858	2.429	1.335
40	2.6	2.398	127	1827	3.055	5.367	2.684	1.325
40	2.9	2.653	127	2022	3.380	5.851	2.925	1.316
40,0	3.0	2.737	127	2086	3.487	6.007	3.003	1.312
40	3.2	2.904	127	2213	3.700	6.310	3.155	1.306
40	3.6	3.232	127	2463	4.117	6.885	3.442	1.293
40	4.0	3.551	127	2706	4.524	7.419	3.710	1.281
42	1.5	1.498	91	818	1.909	3.918	1.866	1.433
42	2.0	1.973	91	1077	2.513	5.039	2.400	1.416
42	2.3	2.252	91	1230	2.869	5.670	2.700	1.406
42	2.5	2.435	91	1330	3.102	6.075	2.893	1.399
42	2.6	2.526	91	1379	3.218	6.272	2.987	1.396
42	3.0	2.885	91	1575	3.676	7.030	3.347	1.383
42	3.2	3.062	91	1672	3.901	7.390	3.519	1.376
42	3.6	3.409	91	1861	4.343	8.075	3.845	1.364
42	4.0	3.749	91	2047	4.775	8.715	4.150	1.351

Figura E.2: Catálogo dos vasos de expansão

Vasoflex

- Vaso fechado em aço de alta qualidade, pintado exteriormente e provido de membrana elástica especial.
- Câmara de gás contendo azoto sob pressão.

- Instalação em circuito fechado. Evita a entrada de ar no interior das tubagens e em consequência a corrosão das mesmas.
- Substitui o vaso de expansão aberto, evitando a colocação dos tubos de segurança até ao ponto mais alto da instalação.

- Elimina as perdas de água por evaporação.
- Facilidade de montagem.
- Não é necessário nenhum serviço de manutenção.

		8	12		18	25	
Pressão enchimento	bar	0,5	0,5	1	0,5	1	
Capacidade	litros	8	12	12	18	18	25
A	mm	285	319	319	405	405	423
B	Ø	245	286	286	286	286	327
D		3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"
Peso	kg	2,2	2,7	2,7	3,7	3,7	4,5
Máx. pressão trabalho	bar	3	3	3	3	3	3
Temp. máx. trabalho	°C	110	110	110	110	110	110
Referência		950052504	950052506	950053006	950052510	950053010	950052507
Preço		46 €	50 €	50 €	60 €	60 €	78 €

		35	50		80	
Pressão enchimento	bar	0,5	1	0,5	1	
Capacidade	litros	35	35	50	50	80
A	mm	435	435	490	490	540
B	Ø	396	396	437	437	519
D		3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	1"
Peso	kg	6,5	6,5	14,1	14,1	20,2
Máx. pressão trabalho	bar	3	3	3	3	3
Temp. máx. trabalho	°C	110	110	110	110	110
Referência		950052508	950053008	950052509	950053009	950052511
Preço		106 €	106 €	148 €	148 €	226 €

		140	200	300	425	600
Pressão enchimento	bar	0,5	1	1,5	1,5	2
Capacidade	l	140	140	140	200	300
A	mm	952	952	952	1.296	1.328
B	Ø	484	484	484	600	600
D		1"	1"	1"	1"	1"
Peso	kg	33,5	33,5	33,5	41	56,1
Máx. pressão trabalho	bar	6	6	6	6	6
Temp. máx. trabalho	°C	110	110	110	110	110
Referência		950052514	950053014	950053514	950053520	195200001
Preço		413 €	413 €	413 €	519 €	745 €

Tabela E.5: Ficha técnica Carrier 42NH

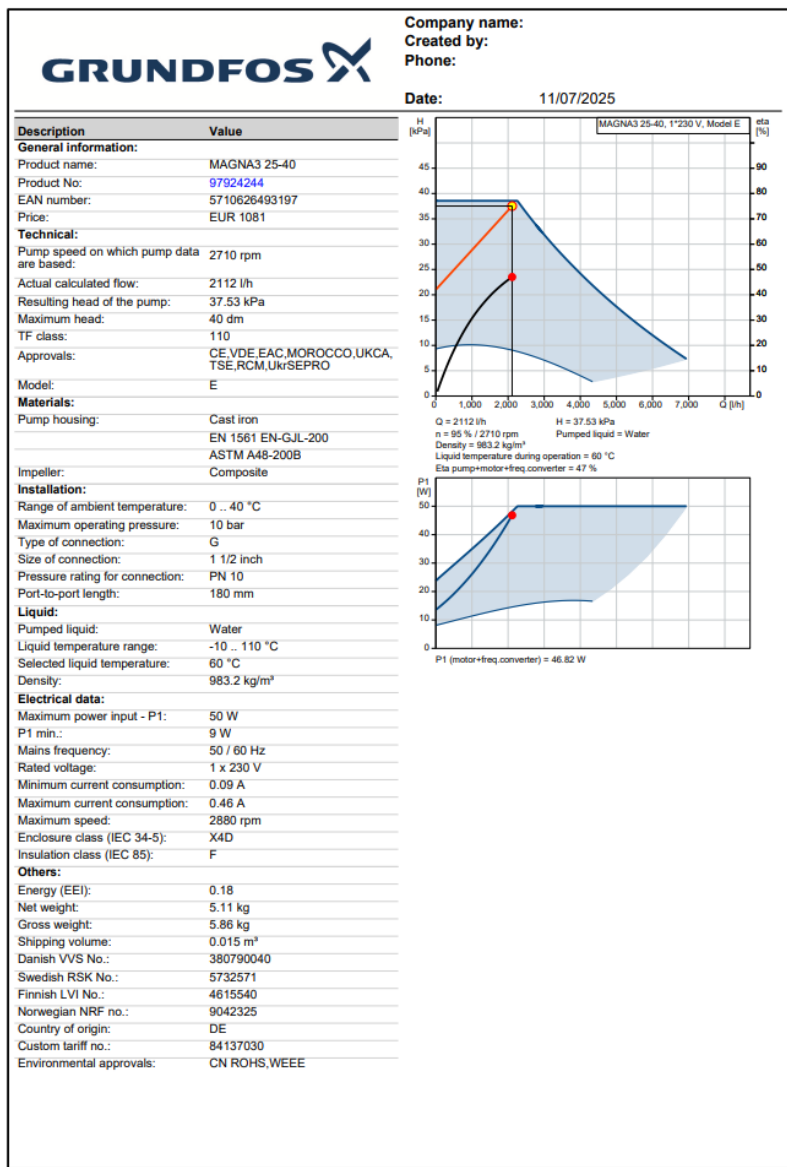
FAN-COILS CON MOTOR LEC (Motor EC con velocidad variable)

2 TUBOS		42NH229FE	42NH239FE	42NH279FE	42NH289FE	42NH329FE	42NH339FE	42NH429FE	42NH439FE	42NH529FE	42NH539FE	42NH639FE	42NH649FE	42NH739FE	42NH749FE														
	(1)	Máx	Med	Máx	Med	Máx	Med	Máx	Med	Máx	Med	Máx	Med	Máx	Med														
Capacidad de refrigeración total*	kW	1,52	1,26	1,78	1,45	2,45	1,86	3,15	2,44	2,64	1,93	3,70	2,50	3,61	2,46	4,35	2,85	4,86	3,57	6,13	4,37	7,21	5,44	9,04	7,49	10,00	8,84	11,34	9,94
Capacidad de refrigeración sensible*	kW	1,23	1,00	1,38	1,11	1,94	1,44	2,35	1,79	2,38	1,88	3,04	2,00	2,99	1,99	3,42	2,21	4,19	2,98	5,01	3,46	5,85	4,34	7,04	5,71	8,01	6,99	8,78	7,60
Capacidad de calefacción**	kW	1,81	1,48	2,09	1,68	2,98	2,17	3,79	2,78	3,74	2,88	4,70	3,16	4,80	2,91	5,17	3,03	6,68	4,71	7,07	4,99	9,80	6,90	11,21	8,94	12,42	10,51	13,30	11,19
Caudal de aire	l/s	81	64	81	64	124	85	134	96	212	125	212	124	219	129	219	129	347	213	347	213	389	269	426	327	529	441	529	441
Presión estática disponible	Pa	81	50	81	50	107	50	96	50	143	50	145	50	143	50	143	50	133	50	133	50	105	50	85	50	72	50	72	50
Nivel de potencia sonora (retorno y radiado)	dB(A)	56	50	56	50	61	52	61	54	67	54	67	54	66	54	66	54	66	53	66	53	67	58	67	61	63	60	63	60
Nivel de potencia sonora (impulsión)	dB(A)	58	51	58	51	64	55	65	56	71	59	71	59	72	62	72	62	70	57	70	57	69	60	69	63	65	61	65	61
Consumo	W	33	18	33	18	70	25	50	36	172	37	172	37	174	36	174	36	212	52	212	52	222	76	233	111	240	137	240	137
Peso	Kg	15		15		15		15		18		18		23		23		27		27		30		30		36		36	
Dimensiones (Al x An x Fo)	mm	235x680x520	235x680x520	235x680x520	235x680x520	235x680x520	235x680x520	235x680x520	235x1050x520	235x1050x520	235x1050x520	235x1250x520	235x1250x520	235x1250x520	235x1250x520	235x1250x520	235x1250x520	235x1250x520	235x1250x520	235x1250x520	235x1250x520	235x1250x520	235x1250x520	235x1250x520	235x1250x520	235x1250x520	235x1250x520	235x1250x520	235x1250x520
PVP (€)		640	665	685	725	745	765	785	815	920	970	1.110	1.175	1.300	1.380														



Este desenho de depósito possui o propósito, distribuição e posicionamento das conexões apenas orientativo. As medidas podem variar devido às variações de forma e/ou de materiais utilizados no desenvolvimento do produto. Reservamos nos direitos de propriedade intelectual e todas as informações técnicas, de direitos e/ou de propriedade intelectual.

Figura E.3: Catálogo dos depósitos de inércia



Printed from Grundfos Product Centre [2025.27.000]

3

Figura E.4: Ficha técnica MAGNA3 25-40

Tabela E.6: Ficha técnica Carrier 42EP

FAN-COILS CON MOTOR LEC (Motor EC con velocidad variable)



2 TUBOS		42EP029FE		42EP039FE		42EP129FE		42EP139FE		42EP229FE		42EP239FE	
	(1)	Máx	Med	Máx	Med	Máx	Med	Máx	Med	Máx	Med	Máx	Med
Capacidad de refrigeración total*	kW	1,30	0,80	1,80	1,20	1,90	1,20	2,60	2,00	3,45	2,48	4,26	2,98
Capacidad de refrigeración sensible*	kW	1,20	0,70	1,60	1,00	1,50	0,90	2,10	1,50	2,99	1,97	3,47	2,26
Capacidad de calefacción**	kW	1,90	1,00	2,50	1,60	2,30	1,30	3,10	2,30	4,47	2,88	5,16	3,27
Caudal de aire	m³/h	324	157	379	222	365	182	446	310	797	458	766	453
Presión estática disponible	Pa	211	50	146	50	202	50	104	50	152	50	144	50
Nivel de potencia sonora (retorno y radiado)	dB(A)	62	46	63	51	64	48	64	55	66	53	66	54
Nivel de potencia sonora (impulsión)	dB(A)	64	48	65	53	67	50	68	58	68	56	69	57
Consumo	W	86	13	86	21	88	16	88	39	167	38	167	38
Peso	Kg	12		12		16		16		21		21	
Dimensiones (Al x An x Fo)	mm	156x849x589		156x849x589		156x1048x589		156x1048x589		156x1248x589		156x1248x589	
PVP (€)		1.255		1.305		1.335		1.390		2.080		2.140	

(1) Los datos mostrados se corresponden con las velocidades Máxima y Media (unidad con filtro G3 sin plenum).

Tabela E.7: Ficha técnica Carrier 42KY

FAN-COILS CON MOTOR AC (Múltiples velocidades)



2 TUBOS		42KY10C		42KY20C		42KY30C	
	(1)	Máx	Med	Máx	Med	Máx	Med
Capacidad de refrigeración total*	kW	1,70	1,53	2,60	2,28	4,34	3,54
Capacidad de refrigeración sensible*	kW	1,55	1,39	2,03	1,75	3,26	2,62
Capacidad de calefacción**	kW	2,00	1,80	2,70	2,30	4,15	3,35
Caudal de aire	m³/h	440	380	420	360	660	525
Nivel de potencia sonora	dB(A)	49	46	51	47	58	51
Consumo	W	45	41	45	41	77	56
Peso	Kg	18,5		20		21,5	
Dimensiones (Al x An x Fo)	mm	334x584x584		334x584x584		334x584x584	
PVP Unidad (€)		920		985		1.100	

4 TUBOS		42KY20D		42KY30D	
	(1)	Máx	Med	Máx	Med
Capacidad de refrigeración total*	kW	2,05	1,87	3,83	3,17
Capacidad de refrigeración sensible*	kW	1,80	1,58	3,01	2,44
Capacidad de calefacción***	kW	2,40	2,20	3,00	2,60
Caudal de aire	m³/h	420	360	660	525
Nivel de potencia sonora	dB(A)	51	47	58	51
Consumo	W	45	41	77	56
Peso	Kg	20		21,5	
Dimensiones (Al x An x Fo)	mm	334x584x584		334x584x584	
PVP Unidad (€)		1.035		1.210	

Tabela E.8: Materiais constituintes da Bomba de calor Atlantic APTAE 50

2. Matériaux et substances

Masse totale du produit de référence (produit, emballage et éléments additionnels inclus) :

575 kg

Plastiques			Métaux			Autres		
Unité	kg	%	Unité	kg	%	Unité	kg	%
filbre de polyester	16,68	2,9%	acier	318,55	55,4%	bois ordinaire; pour palette	25,88	4,5%
granulés de polypropylène (PP)	6,90	1,2%	cuirve	73,60	12,8%	Fluide réfrigérant R290 ; Europe, RER	3,45	0,6%
chlorure de polyvinyle (PVC)	4,03	0,7%	fonte	24,73	4,3%			
polystyrène (PS)	4,03	0,7%	aluminium	23,58	4,1%			
fibres de polyamide 6.6 (PA 6.6)	1,73	0,3%	acier inoxydable	17,25	3,0%			
						Others	54,63	9,5%
Total	33,35	5,8%	Total	457,70	79,6%	Total	83,95	14,6%

Tabela E.9: Materiais constituintes da Bomba de calor De Dietrich R290 030

Constituent materials

Metals		Plastics		Other materials	
Steel	66.2 %	Elastomer	0.9 %	Wood	3.9 %
Copper	10.4 %	Polyamide	0.6 %	Electronic components	1.6 %
Aluminium	9.7 %	Polypropylene	0.3 %	Frigorific R290	1.2 %
Ferrite	0.8 %	Polyvinyl chloride	0.2 %	Painting	0.9 %
Brass	0.7 %	Polycarbonate	0.1 %	Electric cable	0.7 %
Other metals	0.5 %	Other plastics	0.3 %	Other materials	1.0 %
Total	88.3 %	Total	2.4 %	Total	9.3 %

Tabela E.10: Materiais constituintes da família de ventiloconvectores Carrier EP

2 – COMPONENT MATERIALS

2.1 – Reference product

Modelled total weight :

Material PEP category	Material	Mass (kg)	Percentage
Metals	Galvanised steel	16.15	79.1%
Metals	Aluminium	1.11	5.4%
Others	Cotton	0.84	4.1%
Metals	Copper	0.61	3.0%
Plastics	Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)	0.57	2.8%
Plastics	Polyethylene high density (PE-HD)	0.31	1.5%
Others	Paper ; virgin fiber	0.22	1.1%
Plastics	Polyamide 6.6 with 30% glass fiber (PA 6.6 GF30)	0.21	1.0%
Others	Cardboard	0.10	0.5%
Others	Wood ; for palet	0.10	0.5%
Others	Printed Wire Board (PWB)	0.10	0.5%
Plastics	Nitrile butadiene rubber (NBR)	0.05	0.2%
Plastics	Polyamide 6.6 (PA 6.6)	0.04	0.2%
Plastics	Polyvinylchloride (PVC)	0.02	< 0.1%
Plastics	Polyester fiber	0.01	< 0.1%
Miscellaneous	Miscellaneous	0.00	< 0.1%
Total		20.41	100.0%

Tabela E.11: Materiais constituintes da família de ventiloconvectores Carrier KY

2 – COMPONENT MATERIALS

2.1 – Reference product

Modelled total weight :

Material PEP category	Material	Mass (kg)	Percentage
Metals	Galvanised steel	10.49	55.6%
Plastics	Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)	1.91	10.2%
Others	Cardboard	1.66	8.8%
Plastics	Expandable polystyrene (EPS)	1.51	8.0%
Metals	Aluminium	1.23	6.5%
Metals	Copper	1.04	5.5%
Metals	Brass	0.26	1.4%
Others	Wood ; for palet	0.20	1.0%
Plastics	Polypropylene (PP)	0.18	0.9%
Others	Printed Wire Board (PWB)	0.10	0.5%
Plastics	Polyethylene high density (PE-HD)	0.07	0.4%
Others	Paper ; virgin fiber	0.06	0.3%
Plastics	Polyamide 6.6 (PA 6.6)	0.06	0.3%
Plastics	Polyoxymethylene (POM)	0.05	0.3%
Plastics	Polyvinylchloride (PVC)	0.02	0.1%
Miscellaneous	Miscellaneous	0.01	< 0.1%
Total		18.85	100.0%

Tabela E.12: Materiais constituintes da família de ventiloconvectores Carrier NH

2 – COMPONENT MATERIALS

2.1 – Reference product

Modelled total weight :

Material PEP category	Material	Mass (kg)	Percentage
Metals	Galvanised steel	15.34	70.4%
Plastics	Polypropylene (PP)	1.51	6.9%
Metals	Aluminium	1.40	6.4%
Plastics	Polyester fiber	0.86	3.9%
Metals	Copper	0.75	3.4%
Plastics	Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)	0.47	2.2%
Others	Glass fiber	0.36	1.6%
Others	Wood ; for palet	0.32	1.5%
Plastics	Polyethylene high density (PE-HD)	0.25	1.1%
Others	Paper ; virgin fiber	0.14	0.6%
Plastics	Polyamide 6.6 (PA 6.6)	0.12	0.6%
Others	Printed Wire Board (PWB)	0.10	0.4%
Metals	Brass	0.08	0.4%
Plastics	Polystyrene (PS)	0.05	0.2%
Plastics	Polyvinylchloride (PVC)	0.03	0.1%
Miscellaneous	Miscellaneous	0.03	0.1%
Total		21.80	100.0%

Tabela E.13: Materiais constituintes da família de bombas de circulação MAGNA3

Base materials/Ancillary materials

Base materials / Ancillary materials

Name	Value	Unit
Aluminium	5,6	%
Ceramics	0,8	%
Copper	3,5	%
Magnet Nd	1,9	%
Paper	3,6	%
PCB	4,8	%
Plastics	0,5	%
Plastics, foam	1,5	%
Plastics GF	12,4	%
Rubber	0,3	%
Stainless steel	51,3	%
Steel	7,1	%
Cardboard	6,6	%
Plastic film	0,03	%
TOTAL	100	%

Apêndice F



Figura F.1: Distribuição das emissões por material - Tubagens de cobre



Figura F.2: Distribuição das emissões por material - LG - ARNU07GTRB4

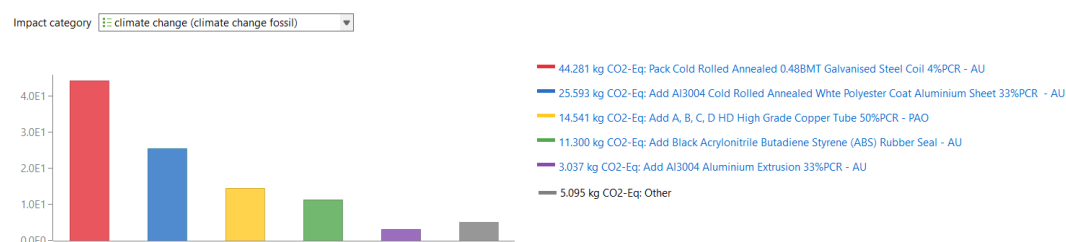


Figura F.3: Distribuição das emissões por material - LG - ARNU09GM1A4

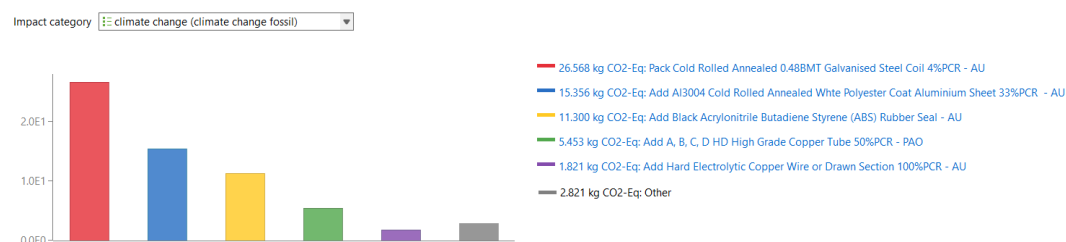


Figura F.4: Distribuição das emissões por material - LG - ARNU15GTQB4

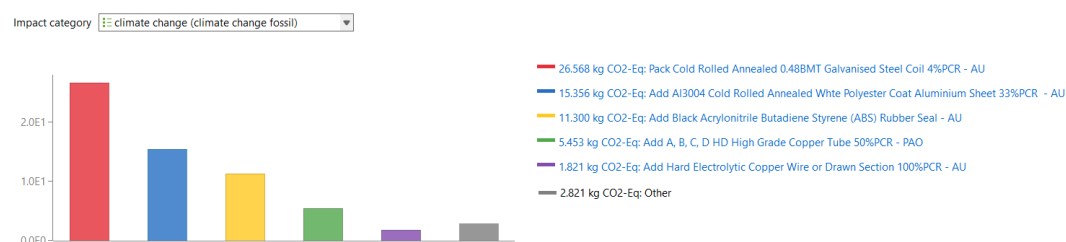


Figura F.5: Distribuição das emissões por material - LG - ARNU18GTQB4

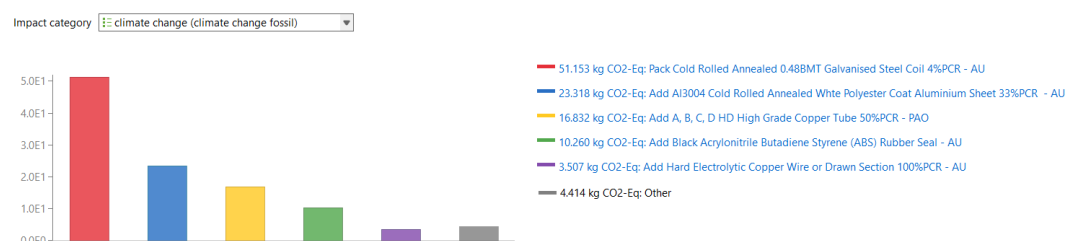


Figura F.6: Distribuição das emissões por material - LG - ARNU18GM1A4

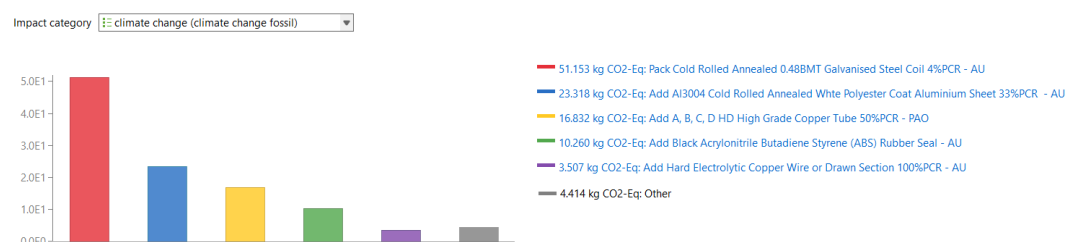


Figura F.7: Distribuição das emissões por material - LG - ARNU24GM1A4

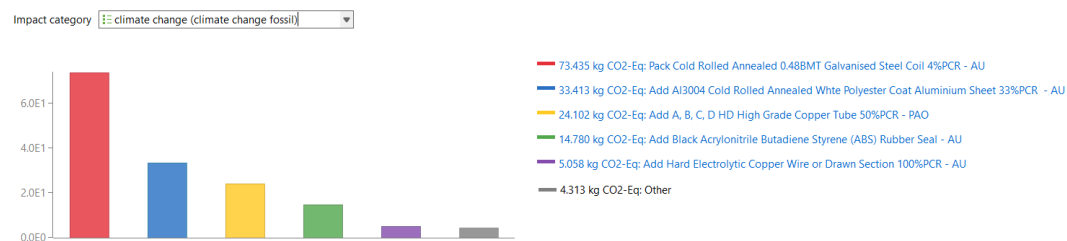


Figura F.8: Distribuição das emissões por material - LG - ARNU42GM2A4

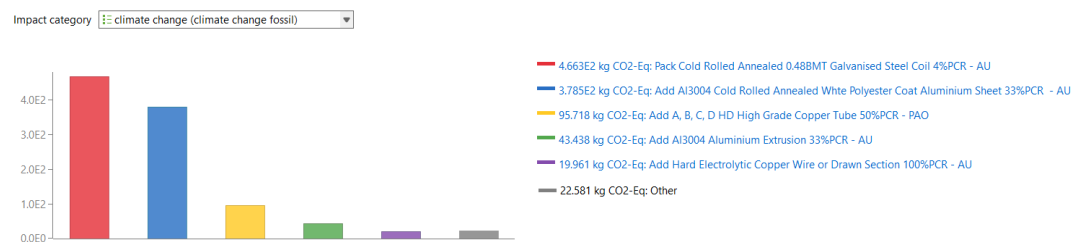


Figura F.9: Distribuição das emissões por material - LG - ARUM080LTE6

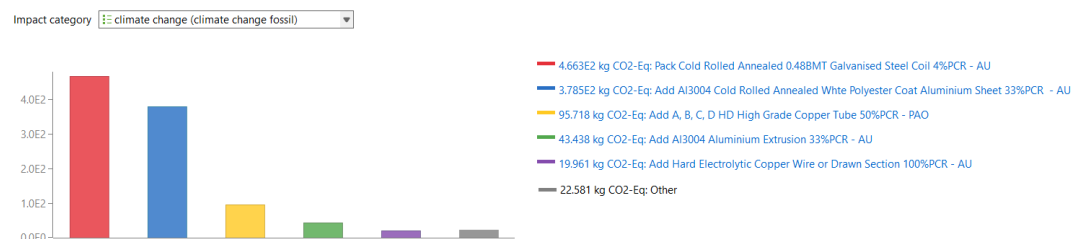


Figura F.10: Distribuição das emissões por material - LG - ARUM120LTE6

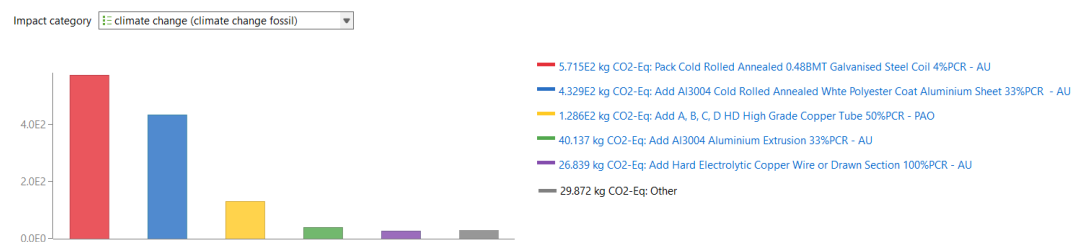


Figura F.11: Distribuição das emissões por material - LG - ARUM140LTE6

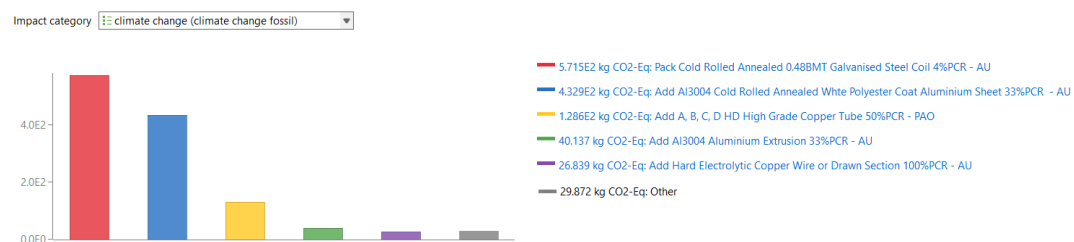


Figura F.12: Distribuição das emissões por material - LG - ARUM160LTE6

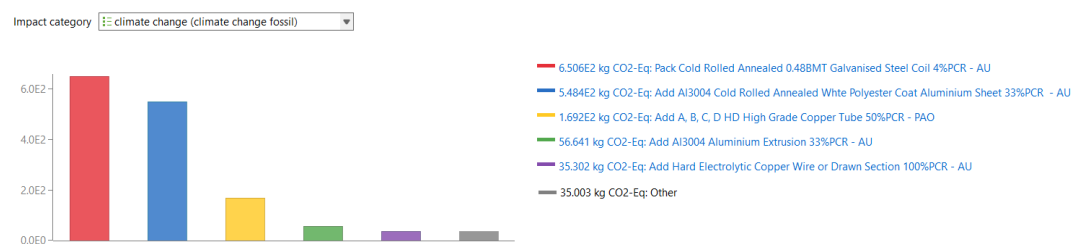


Figura F.13: Distribuição das emissões por material - LG - ARUM200LTE6



Figura F.14: Distribuição das emissões por material - Tubagens de ferro preto



Figura F.15: Distribuição das emissões por material - De Dietrich R290 030



Figura F.16: Distribuição das emissões por material - Atlantic APTAE 50

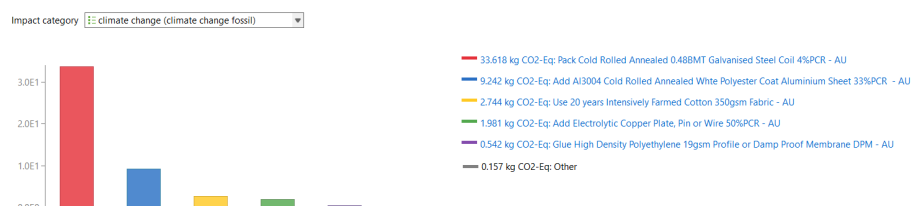


Figura F.17: Distribuição das emissões por material - Carrier 42EP 029

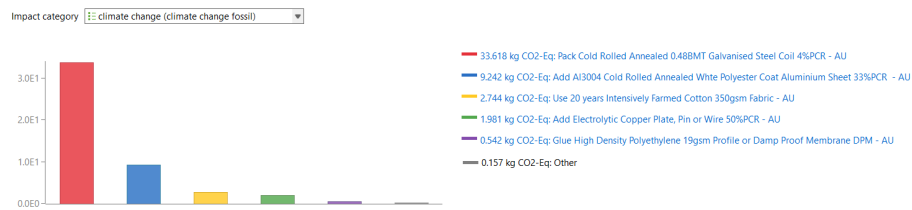


Figura F.18: Distribuição das emissões por material - Carrier 42EP 039

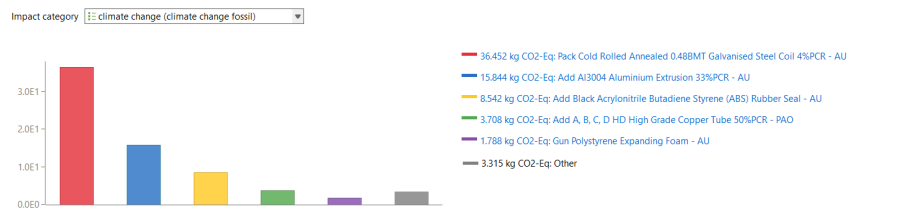


Figura F.19: Distribuição das emissões por material - Carrier 42KY10C

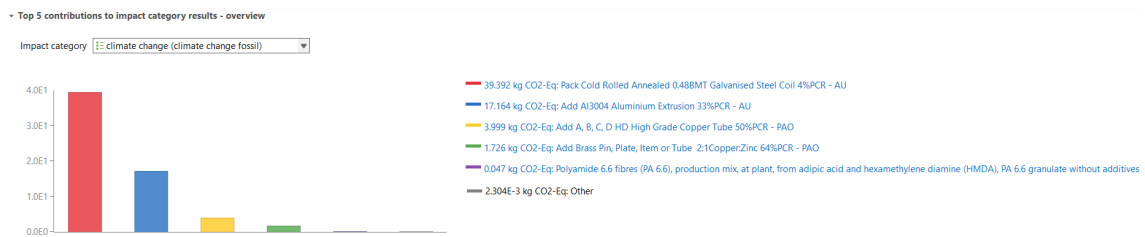


Figura F.20: Distribuição das emissões por material - Carrier 42KY20C

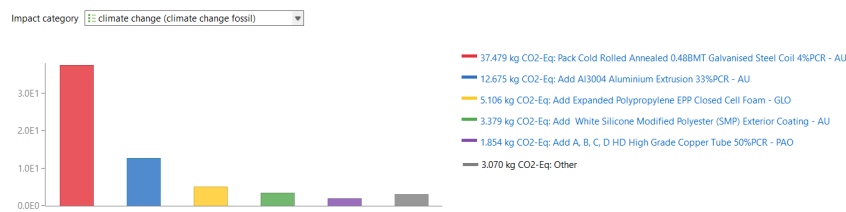


Figura F.21: Distribuição das emissões por material - Carrier 42NH 225

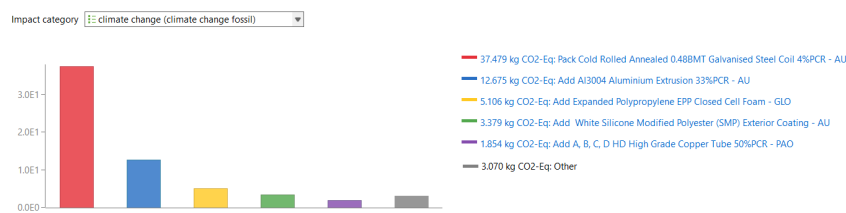


Figura F.22: Distribuição das emissões por material - Carrier 42NH 239

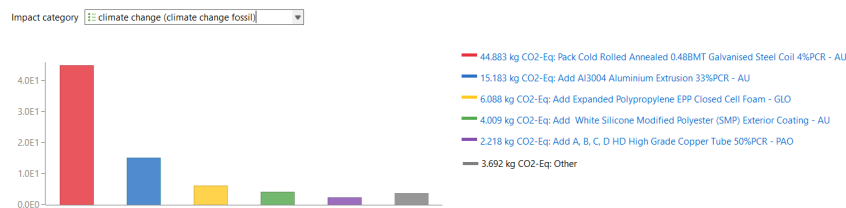


Figura F.23: Distribuição das emissões por material - Carrier 42NH 325

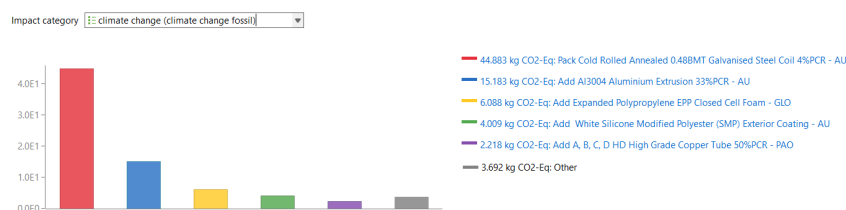


Figura F.24: Distribuição das emissões por material - Carrier 42NH 329

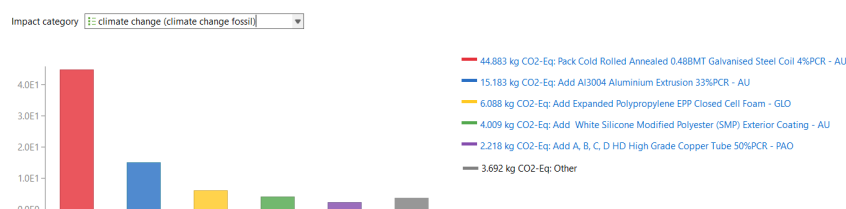


Figura F.25: Distribuição das emissões por material - Carrier 42NH 339

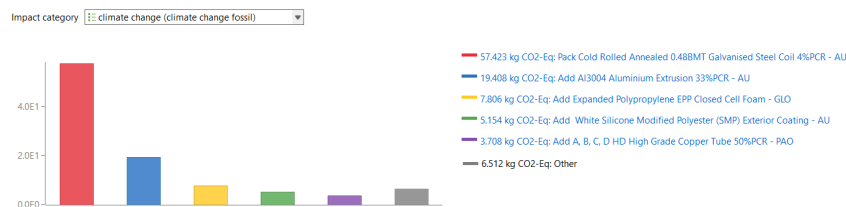


Figura F.26: Distribuição das emissões por material - Carrier 42NH 425

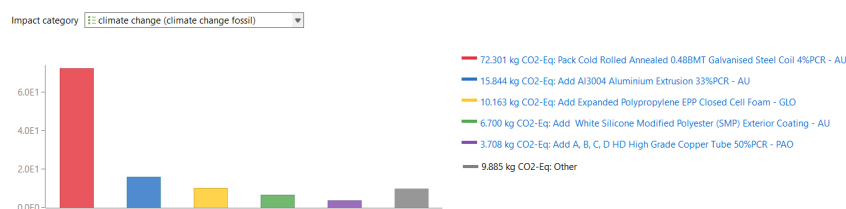


Figura F.27: Distribuição das emissões por material - Carrier 42NH 635

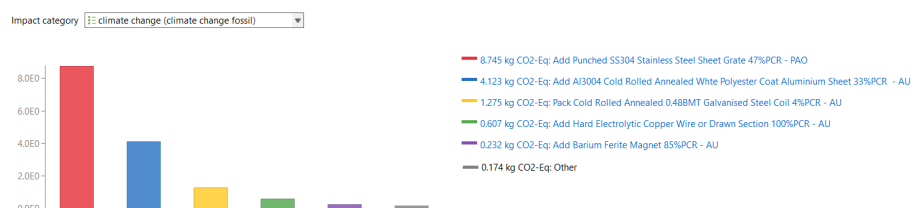


Figura F.28: Distribuição das emissões por material - MAGMA3 25-40

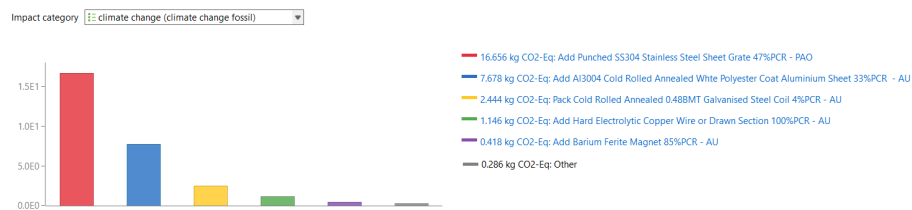


Figura F.29: Distribuição das emissões por material - MAGMA3 40-60 F

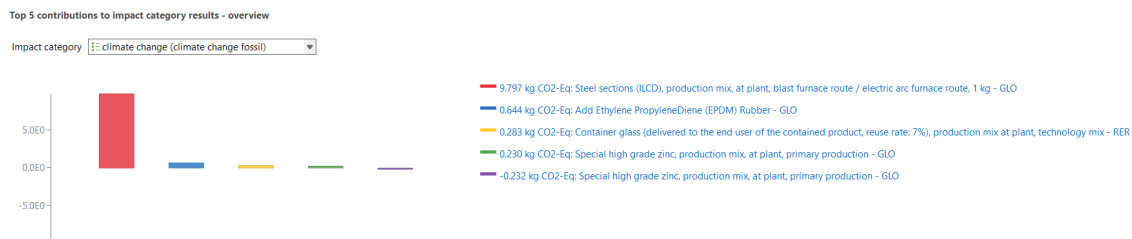


Figura F.30: Distribuição das emissões por material - Vasoflex 8



Figura F.31: Distribuição das emissões por material - Vasoflex 18

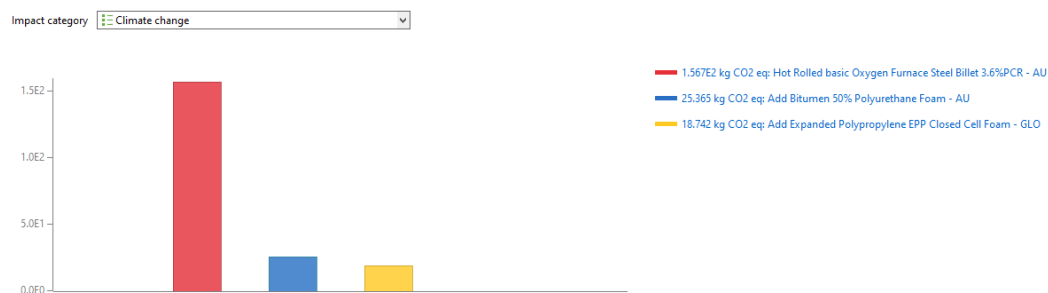


Figura F.32: Distribuição das emissões por material - Aquafer 400L

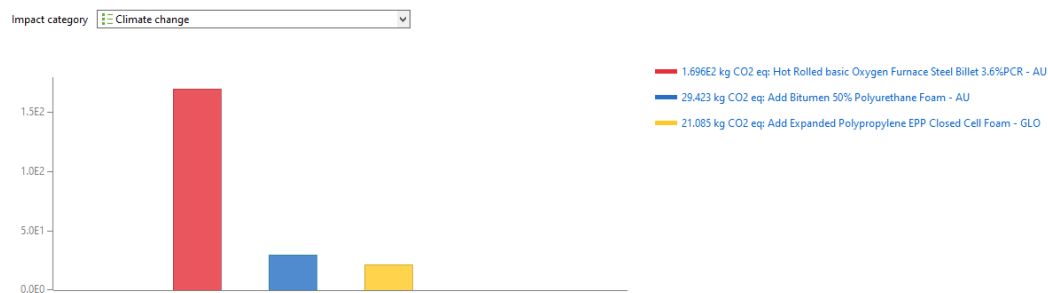


Figura F.33: Distribuição das emissões por material - Aquafer 500L

Apêndice G

Tabela G.1: Declaração ambiental - Tubagens de cobre



Environmental Information

Potential environmental impact – indicators according to EN 15804+A2

Indicator	Unit	Results per functional or declared unit: 1 kg									
		A1	A2	A3	A1-A3	A4	C1	C2	C3	C4	D
GWP-total	kg CO2 eq	1,8E+00	2,7E-05	8,2E-01	2,6E+00	1,2E-01	0,0E+00	4,8E-03	2,2E-02	2,4E-03	-1,6E+00
GWP-fossil	kg CO2 eq	1,8E+00	2,6E-05	8,2E-01	2,6E+00	1,2E-01	0,0E+00	4,8E-03	2,2E-02	2,4E-03	-1,6E+00
GWP-biogenic	kg CO2 eq	2,2E-04	1,0E-07	5,0E-04	7,2E-04	4,8E-04	0,0E+00	1,9E-05	1,1E-06	3,4E-06	-9,3E-05
GWP-land use	kg CO2 eq	4,4E-04	1,5E-07	4,3E-05	4,8E-04	6,8E-04	0,0E+00	2,7E-05	8,4E-08	1,4E-06	-4,3E-04
ODP	kg CFC-11 eq	4,9E-11	1,6E-18	4,8E-10	5,3E-10	7,3E-15	0,0E+00	2,9E-16	1,3E-15	3,1E-15	-2,5E-09
AP	mole H+ eq	1,4E-02	4,9E-08	5,0E-04	1,4E-02	2,1E-04	0,0E+00	8,3E-06	2,2E-06	7,5E-06	-1,3E-02
EP-freshwater	kg P eq	7,7E-06	7,8E-11	2,4E-05	3,2E-05	3,6E-07	0,0E+00	1,4E-08	5,7E-10	1,8E-09	-1,0E-05
EP-marine	kg N eq	1,9E-03	2,1E-08	1,5E-04	2,0E-03	8,6E-05	0,0E+00	3,4E-06	5,6E-07	1,8E-06	-1,8E-03
EP-terrestrial	mole N eq	2,0E-02	2,3E-07	1,7E-03	2,2E-02	9,8E-04	0,0E+00	3,8E-05	1,0E-05	2,0E-05	-1,9E-02
POCP	kg NMVOC eq	5,7E-03	4,4E-08	4,5E-04	6,2E-03	1,9E-04	0,0E+00	7,4E-06	1,6E-06	5,8E-06	-5,4E-03
ADP-minerals & metals	kg Sb eq	6,5E-04	2,2E-12	1,7E-07	6,5E-04	1,0E-08	0,0E+00	4,0E-10	3,3E-11	1,7E-10	-6,1E-04
ADP-fossil	MJ	2,1E+01	3,5E-04	6,9E+00	2,8E+01	1,6E+00	0,0E+00	6,4E-02	3,5E-03	3,4E-02	-1,9E+01
WDP	m3	1,1E+00	2,4E-07	1,4E-01	1,3E+00	1,1E-03	0,0E+00	4,3E-05	1,9E-03	-2,3E-05	-1,1E+00
Acronyms	GWP-fossil = Global Warming Potential fossil fuels; GWP-biogenic = Global Warming Potential biogenic; GWP-land use = Global Warming Potential land use and land use change; ODP = Depletion potential of the stratospheric ozone layer; AP = Acidification potential, Accumulated Exceedance; EP-freshwater = Eutrophication potential, fraction of nutrients reaching freshwater end compartment; EP-marine = Eutrophication potential, fraction of nutrients reaching marine end compartment; EP-terrestrial = Eutrophication potential, Accumulated Exceedance; POCP = Formation potential of tropospheric ozone; ADP-minerals&metals = Abiotic depletion potential for non-fossil resources; ADP-fossil = Abiotic depletion for fossil resources potential; WDP = Water (user) deprivation potential, deprivation-weighted water consumption										

Tabela G.2: Declaração ambiental - Daikin FXFQ



Tableau 8: Indicateurs clés d'impacts environnementaux par produit

Catégorie d'impact	Unité	Total	(A1-A3) Fabrication	(A4) Distribution	(A5) Installation	(B1-B7) Étape d'utilisation	(C1-C4) Fin de vie	(D) Bénéfices et charges au-delà des frontières du système
GWP – total	kg CO2e	4,34E+02	2,93E+02	7,57E+00	9,24E-01	1,16E+02	1,62E+01	-5,70E+01
GWP – combustibles fossiles	kg CO2e	4,31E+02	2,91E+02	7,63E+00	9,07E-01	1,16E+02	1,60E+01	-5,83E+01
GWP – biogénique	kg CO2e	1,05E+00	9,44E-01	0*	1,64E-02	0*	8,52E-02	1,77E+00
GWP – LULUC	kg CO2e	1,15E+00	1,04E+00	2,30E-03	5,01E-04	9,63E-02	1,16E-02	-4,36E-01
Pot. d'appauvrissement en ozone	kg CFC-11e	9,37E-05	2,40E-05	1,79E-06	1,26E-07	6,64E-05	1,41E-06	-6,19E-06
Potentiel d'acidification	mol H+e	4,03E+00	3,31E+00	3,21E-02	4,42E-03	6,00E-01	8,83E-02	-5,93E-01
EP-eau douce	kg Pe	5,71E-02	5,15E-02	6,21E-05	3,28E-05	4,82E-03	6,59E-04	-5,16E-03
EP-eau de mer	kg Ne	5,25E-01	4,00E-01	9,66E-03	1,36E-03	9,84E-02	1,59E-02	-7,00E-02
EP-terrestre	mol Ne	6,66E+00	5,29E+00	1,07E-01	1,16E-02	1,07E+00	1,82E-01	-9,17E-01
POCP ("smog")	kg NMVOCe	1,76E+00	1,37E+00	3,43E-02	4,09E-03	2,94E-01	6,27E-02	-2,82E-01
ADP-minéraux & métaux	kg Sbe	1,15E-01	1,11E-01	1,30E-04	1,78E-05	2,84E-03	1,17E-03	-6,88E-03
ADP-ressources fossiles	MJ	1,95E+04	3,87E+03	1,19E+02	2,05E+01	1,51E+04	3,89E+02	-1,23E+03
Utilisation de l'eau	m3e dépr.	1,66E+02	1,14E+02	4,42E-01	3,08E-01	4,29E+01	8,21E+00	-3,13E+01

1) GWP = Potentiel de réchauffement planétaire; EP = Potentiel d'eutrophisation; POCP = Formation photochimique d'ozone; ADP = Potentiel d'épuisement abiotique. 2) EN 15804+A2 clause de non-responsabilité pour l'épuisement abiotique et l'utilisation de l'eau et indicateurs facultatifs, à l'exception des particules et des rayonnements ionisants, santé humaine. Les résultats de ces indicateurs d'impact sur l'environnement doivent être utilisés avec précaution car les incertitudes sur ces résultats sont élevées ou l'expérience de l'indicateur est limitée. 3) La méthode de caractérisation requise et les données sont en kg P-éq. Multiplier par 3,07 pour obtenir POa. 0* Pour un indicateur donné, une étape du cycle de vie peut être considérée comme négligeable si elle représente moins de 0,01% du cycle de vie total du flux de référence.

11

Tabela G.3: Declaração ambiental - Daikin FXFQ (coeficientes de extrapolação)



Produit déclaré



Le produit de référence couvert par cette déclaration environnementale est la cassette pour montage au plafond VRV IV (Unité intérieure).

Tableau 6: coefficient d'extrapolation par produit

Produit	Fabrication	Distribution	Installation	Utilisation	Fin de vie
FXFQ63B	1	1	1	1	1
FXFQ20B	0,88	0,88	1,00	0,61	0,86
FXFQ25B	0,88	0,88	1,00	0,61	0,86
FXFQ32B	0,88	0,88	1,00	0,61	0,86
FXFQ40B	0,92	0,92	1,00	0,64	0,90
FXFQ50B	1,00	1,00	1,00	0,82	1,00
FXFQ60B	1,13	1,13	1,00	1,61	1,14
FXFQ100B	1,13	1,13	1,00	2,54	1,14
FXFQ125B	1,21	1,21	1,00	3,68	1,24
FXZQ15A	0,71	0,71	0,50	0,64	0,74
FXZQ20A	0,71	0,71	0,50	0,64	0,74
FXZQ25A	0,75	0,75	0,83	0,71	0,74
FXZQ32A	0,75	0,75	0,50	0,68	0,79
FXZQ40A	0,75	0,75	0,50	1,04	0,79
FXZQ50A	0,79	0,79	0,17	1,71	0,88
FXCQ20A	0,98	0,98	1,50	1,11	0,90
FXCQ25A	1,00	1,00	1,67	1,39	0,90
FXCQ32A	1,29	1,29	4,00	1,39	0,90
FXCQ40A	1,54	1,54	6,00	1,46	0,90
FXCQ50A	1,58	1,58	5,33	2,11	1,05
FXCQ63A	1,71	1,71	5,33	2,25	1,19
FXCQ80A	1,71	1,71	2,67	3,21	1,57
FXCQ125A	2,33	2,33	6,00	5,32	1,81
FXKQ25MA	1,56	1,56	2,17	2,36	1,48
FXKQ32MA	1,60	1,60	2,50	2,36	1,48
FXKQ40MA	1,58	1,58	2,33	2,71	1,48
FXKQ63MA	1,81	1,81	3,17	3,75	1,62

9

Tabela G.4: Declaração ambiental - Daikin FXSQ



Tableau 8: Indicateurs clés d'impacts environnementaux par produit

Catégorie d'impact	Unité	Total	(A1-A3) Fabrication	(A4) Distribution	(A5) Installation	(B1-B7) Étape d'utilisation	(C1-C4) Fin de vie	(D) Bénéfices et charges au-delà des frontières du système
GWP – total	kg CO2e	5,24E+02	3,09E+02	8,04E+00	4,82E+00	1,86E+02	1,64E+01	-4,96E+01
GWP – combustibles fossiles	kg CO2e	5,24E+02	3,09E+02	8,11E+00	4,82E+00	1,86E+02	1,58E+01	-4,94E+01
GWP – biogénique	kg CO2e	6,00E-01	3,89E-02	0*	0*	0*	5,61E-01	6,16E-01
GWP – LULUC	kg CO2e	7,95E-01	6,13E-01	2,44E-03	6,75E-03	1,55E-01	1,86E-02	-1,53E-01
Pot. d'appauvrissement en ozone	kg CFC-11e	1,35E-04	2,39E-05	1,91E-06	5,91E-07	1,07E-04	1,68E-06	-2,47E-06
Potentiel d'acidification	mol H+e	3,83E+00	2,72E+00	3,41E-02	1,49E-02	9,64E-01	9,87E-02	-3,89E-01
EP-eau douce	kg Pe	5,82E-02	4,95E-02	6,60E-05	9,25E-05	7,75E-03	8,00E-04	-3,36E-03
EP-eau de mer	kg Ne	5,92E-01	4,01E-01	1,03E-02	4,00E-03	1,58E-01	1,89E-02	-5,41E-02
EP-terrestre	mol Ne	7,62E+00	5,54E+00	1,13E-01	4,22E-02	1,72E+00	2,11E-01	-6,67E-01
POCP ("smog")	kg NMVOCe	1,88E+00	1,30E+00	3,65E-02	1,33E-02	4,72E-01	6,17E-02	-2,43E-01
ADP-minéraux & métaux	kg Sbe	1,43E-01	1,34E-01	1,38E-04	6,93E-05	4,57E-03	4,49E-03	-4,19E-03
ADP-ressources fossiles	MJ	2,89E+04	4,17E+03	1,26E+02	5,62E+01	2,43E+04	2,20E+02	-8,06E+02
Utilisation de l'eau	m3e dépr.	1,96E+02	1,20E+02	4,69E-01	8,65E-01	6,89E+01	5,82E+00	-2,96E+01

1) GWP = Potentiel de réchauffement planétaire; EP = Potentiel d'eutrophisation; POCP = Formation photochimique d'ozone; ADP = Potentiel d'épuisement abiotique. 2) EN 15804+A2 clause de non-responsabilité pour l'épuisement abiotique et l'utilisation de l'eau et indicateurs facultatifs, à l'exception des particules et des rayonnements ionisants, santé humaine. Les résultats de ces indicateurs d'impact sur l'environnement doivent être utilisés avec précaution car les incertitudes sur ces résultats sont élevées et l'expérience de l'indicateur est limitée. 3) La méthode de caractérisation requise et les données sont en kg P-eq. Multiplier par 3,07 pour obtenir P-eq. 0* Pour un indicateur donné, une étape du cycle de vie peut être considérée comme négligeable si elle représente moins de 0,01% du cycle de vie total du flux de référence.

Tabela G.5: Declaração ambiental - Daikin FXSQ (coeficientes de extrapolação)



Produit déclaré

Le produit de référence couvert par cette déclaration environnementale est l'unité encastrée dans le plafond VRV IV à ESP moyen.

Tableau 6: coefficient d'extrapolation par produit

Produit	Fabrication	Distribution	Installation	Utilisation	Fin de vie
FXSQ32A	1	1	1	1	1
FXSQ15A	0,98	0,98	1,00	0,91	0,98
FXSQ20A	0,98	0,98	1,00	0,91	0,98
FXSQ25A	0,98	0,98	1,00	0,91	0,98
FXSQ40A	1,18	1,18	1,00	1,93	1,18
FXSQ50A	1,20	1,20	1,00	1,98	1,21
FXSQ63A	1,47	1,47	1,33	2,24	1,48
FXSQ80A	1,51	1,51	1,33	3,00	1,52
FXSQ100A	1,88	1,88	1,33	3,84	1,92
FXSQ125A	1,92	1,92	1,33	5,27	1,96
FXSQ140A	2,08	2,08	1,33	5,49	2,13
FXDQ15A	0,94	0,94	1,33	0,80	0,92
FXDQ20A	0,98	0,98	2,00	0,80	0,92
FXDQ25A	0,98	0,98	2,00	0,80	0,92
FXDQ32A	0,98	0,98	2,00	0,91	0,92
FXDQ40A	1,10	1,10	1,33	0,93	1,08
FXDQ50A	1,14	1,14	2,00	1,18	1,08
FXDQ63A	1,29	1,29	2,67	1,38	1,21
FXMQ200A	4,86	4,86	12,67	12,00	4,38
FXMQ250A	5,29	5,29	13,33	14,44	4,79
FXMQ50P7	1,53	1,53	2,67	2,44	1,46
FXMQ63P7	1,53	1,53	2,67	2,67	1,46
FXMQ80P7	1,53	1,53	2,67	3,80	1,46
FXMQ100P7	1,92	1,92	2,00	3,91	1,92
FXMQ125P7	1,92	1,92	2,00	5,36	1,92

Tabela G.6: Declaração ambiental - Daikin RXYQ



Tableau 10: Indicateurs clés d'impacts environnementaux par produit

Catégorie d'impact	Unité	Total	(A1-A3) Fabrication	(A4) Distribution	(A5) Installation	(B1-B7) Étape d'utilisation	(C1-C4) Fin de vie	(D) Bénéfices et charges au-delà des frontières du système
GWP – total	kg CO ₂ e	2,82E+04	2,61E+03	1,90E+01	2,97E+01	2,42E+04	1,36E+03	-6,78E+02
GWP – combustibles fossiles	kg CO ₂ e	2,82E+04	2,63E+03	1,92E+01	2,97E+01	2,42E+04	1,36E+03	-6,74E+02
GWP – biogène	kg CO ₂ e	3,50E-01	3,50E-01	0*	0*	0*	0*	6,34E+01
GWP – LULUC	kg CO ₂ e	1,95E+01	3,81E+00	5,77E-03	5,14E-02	1,56E+01	0*	-3,93E+00
Pot. d'appauvrissement en ozone	kg CFC-11e	1,15E-02	0*	4,51E-06	2,79E-06	1,15E-02	0*	-4,50E-03
Potentiel d'acidification	mol H ⁺ e	1,30E+02	3,15E+01	8,05E-02	1,24E+00	9,73E+01	0*	-5,98E+00
EP-eau douce	kg Pe	7,92E-01	0*	1,56E-04	1,02E-02	7,82E-01	0*	-4,61E-02
EP-eau de mer	kg Ne	1,92E+01	3,17E+00	2,43E-02	8,79E-02	1,59E+01	0*	-8,74E-01
EP-terrestre	mol Ne	2,16E+02	3,94E+01	2,68E-01	1,28E+00	1,73E+02	1,28E+00	-9,53E+00
POCP ("smog")	kg NMVOCe	5,92E+01	1,10E+01	8,62E-02	3,13E-01	4,78E+01	0*	-3,02E+00
ADP-minéraux & métaux	kg Sbe	4,74E-01	0*	3,27E-04	1,19E-02	4,62E-01	0*	-5,33E-02
ADP-ressources fossiles	MJ	2,48E+06	2,87E+04	2,98E+02	3,95E+02	2,45E+06	2,69E+03	-7,19E+03
Utilisation de l'eau	m ³ e dépr.	8,08E+03	1,03E+03	1,11E+00	3,45E+01	6,94E+03	7,34E+01	-4,28E+02

1) GWP = Potentiel de réchauffement planétaire; EP = Potentiel d'eutrophisation; POCP = Formation photochimique d'ozone; ADP = Potentiel d'appauvrissement abiotique. 2) EN 15804+A2 clause de non-responsabilité pour l'épuisement abiotique et l'utilisation de l'eau et indicateurs facultatifs, à l'exception des particules et des rayonnements ionisants, santé humaine. Les résultats de ces indicateurs d'impact sur l'environnement doivent être utilisés avec précaution car les incertitudes sur ces résultats sont élevées ou l'expérience de l'indicateur est limitée. 3) La méthode de caractérisation requise et les données sont en kg P-éq. Multiplier par 3,07 pour obtenir PO-é. 0* Pour un indicateur donné, une étape du cycle de vie peut être considérée comme négligeable si elle représente moins de 0,01% du cycle de vie total du flux de référence.

Tabela G.7: Declaração ambiental - Daikin RXYQ (coeficientes de extrapolação)



Produit déclaré



Le produit de référence couvert par cette déclaration environnementale est la VRV IV+ pompe à chaleur

Tableau 6: coefficient d'extrapolation par produit

Modèles	(A1-A3) Fabrication	(A4) Distribution	(A5) Installation	(B1-B7) Étape d'utilisation	(C1-C4) Fin de vie
RXYQ8U	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
RXYQ10U	1,00	1,00	1,00	1,28	1,00
RXYQ12U	1,00	1,00	1,00	1,61	1,00
RXYQ14U	1,38	1,26	1,38	1,97	1,39
RXYQ16U	1,38	1,26	1,38	2,23	1,39
RXYQ18U	1,54	1,26	1,54	2,40	1,56
RXYQ20U	1,54	1,26	1,54	2,64	1,56
RYYQ8U	1,26	1,00	1,26	1,00	1,27
RYYQ10U	1,26	1,00	1,26	1,28	1,27
RYYQ12U	1,26	1,00	1,26	1,61	1,27
RYYQ14U	1,59	1,26	1,59	1,97	1,61
RYYQ16U	1,59	1,26	1,59	2,23	1,61
RYYQ18U	1,87	1,26	1,87	2,41	1,91
RYYQ20U	1,87	1,26	1,87	2,59	1,91
RYMQ8U	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00
RYMQ10U	1,00	0,98	1,00	1,28	1,00
RYMQ12U	1,00	0,98	1,00	1,61	1,00
RYMQ14U	1,38	1,20	1,38	1,97	1,39
RYMQ16U	1,38	1,20	1,38	2,23	1,39
RYMQ18U	1,53	1,20	1,53	2,41	1,56
RYMQ20U	1,53	1,20	1,53	2,75	1,56
RYMQ8U5	1,05	1,35	1,05	1,00	1,03
RYMQ10U5	1,05	1,35	1,05	1,28	1,03
RYMQ12U5	1,05	1,35	1,05	1,61	1,03
RYMQ14U5	1,44	1,58	1,44	1,97	1,43

Tabela G.8: Declaração ambiental - Tubagens de ferro preto

FERPINTA

2.2. Core environmental impact indicators

	Global warming potential total; GWP-total	Global warming potential fossil; GWP-fossil	Global warming potential biogenic; GWP-biogenic	Global warming potential land use and land use change; GWP-luluc	Depletion potential of the stratospheric ozone layer; ODP	Acidification potential; AP
Unit	kg CO ₂ eq.	kg CO ₂ eq.	kg CO ₂ eq.	kg CO ₂ eq.	kg CFC 11 eq.	mol H ⁺ eq.
Module A1-A3	1.81E+03	1.80E+03	1.42E+01	1.10E+00	3.42E-05	9.93E+00
Module C2	2.44E+01	2.44E+01	1.34E-02	4.65E-04	5.04E-07	5.99E-02
Module C3	1.26E+01	1.24E+01	1.66E-01	2.04E-02	2.09E-07	1.02E-01
Module C4	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Module D	-8.70E+02	-8.60E+02	-1.12E+01	2.90E-01	-1.70E-05	-3.40E+00

LEGEND:
 Product stage
 End-of-life stage
 Benefits and loads beyond the system boundary

Values expressed per declared unit (1 t of cold-formed welded structural hollow sections).

Tabela G.9: Declaração ambiental - Carrier 42EP

Per kW corresponding to the functional unit

Environmental indicators		Total	Manu facturing	Distribution	Installation	Use B1 à B7	End of life	Potential benefits Module D
Ozone depletion	kg CFC-11 eq	1.54E-05	1.08E-05	1.63E-09	6.02E-09	1.86E-06	2.69E-06	-2.50E-06
Acidification (AP)	mole H ⁺ eq	1.72E+00	1.07E+00	6.74E-03	2.93E-04	4.38E-01	2.08E-01	-6.44E-01
Freshwater eutrophication	kg P eq	1.01E-02	6.98E-03	0*	0*	2.14E-03	9.48E-04	-2.85E-02
Marine aquatic eutrophication	kg N eq	3.06E-01	1.84E-01	3.16E-03	9.99E-05	7.17E-02	4.70E-02	-6.43E-02
Terrestrial eutrophication	mole N eq	3.36E+00	2.17E+00	3.47E-02	1.17E-03	8.48E-01	3.11E-01	-7.45E-01
Photochemical Ozone formation	kg NMVOC eq	7.66E-01	4.49E-01	8.74E-03	3.32E-04	2.17E-01	9.09E-02	-2.44E-01
Depletion of abiotic resources - elements	kg Sb eq	3.06E-03	2.37E-03	0*	0*	4.45E-04	2.48E-04	-2.30E-03
Depletion of abiotic resources - fossil fuels	MJ	1.89E+04	8.89E+03	1.48E+01	0*	9.58E+03	4.40E+02	-6.84E+02
Climate change - total	kg CO ₂ eq	3.27E+02	1.96E+02	1.07E+00	2.41E-01	9.54E+01	3.45E+01	-6.43E+01
Climate change - fossil fuels	kg CO ₂ eq	3.23E+02	1.94E+02	1.07E+00	6.01E-02	9.50E+01	3.27E+01	-6.19E+01
Climate change - biogenics	kg CO ₂ eq	3.99E+00	1.60E+00	0*	1.81E-01	4.05E-01	1.80E+00	-2.32E+00
Climate change - land use and land use transformation	kg CO ₂ eq	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Water requirement	m ³	2.93E+04	1.10E+03	0*	3.74E+00	2.76E+03	2.54E+04	-5.79E+04
Total use of primary energy during the life cycle	MJ	1.98E+04	8.99E+03	1.49E+01	0*	1.03E+04	5.14E+02	-8.57E+02
Emission of fine particles	incidence of diseases	1.91E-05	6.61E-06	5.48E-08	3.12E-09	1.03E-05	2.08E-06	-5.04E-06
Ionizing radiation, human health	kBq U235 eq	1.34E+03	2.72E+02	0*	0*	1.06E+03	2.05E+00	-7.08E+00
Ecotoxicity (fresh water)	CTUe	9.68E+03	6.42E+03	0*	0*	1.97E+03	1.29E+03	-3.08E+03
Human toxicity, carcinogenic effects	CTUh	2.35E-05	2.26E-05	0*	0*	6.52E-07	2.64E-07	-8.11E-07
Human toxicity, non-carcinogenic effects	CTUh	7.02E-06	4.74E-06	2.02E-09	0*	1.22E-06	1.06E-06	-4.45E-06
Impacts related to land use/soil quality	-	9.48E+01	4.85E-01	0*	0*	1.05E+01	8.38E+01	-1.77E+02
Use of renewable primary energy, excluding renewable primary energy resources used as raw materials	MJ	8.36E+02	2.76E+01	0*	0*	7.35E+02	7.34E+01	-1.73E+02
Use of renewable primary energy resources used as raw materials	MJ	6.91E+01	6.91E+01	0*	0*	0.00E+00	0*	0.00E+00
Total use of renewable primary energy resources (primary energy and primary energy resources used as raw materials)	MJ	9.05E+02	9.67E+01	0*	0*	7.35E+02	7.34E+01	-1.73E+02
Use of non-renewable primary energy, excluding non-renewable primary energy resources used as raw materials	MJ	1.88E+04	8.80E+03	1.48E+01	0*	9.56E+03	4.40E+02	-6.84E+02
Use of non-renewable primary energy resources used as raw materials	MJ	1.08E+02	9.14E+01	0*	0*	1.66E+01	0*	0.00E+00
Total use of non-renewable primary energy resources (primary energy and primary energy resources used as raw materials)	MJ	1.89E+04	8.89E+03	1.48E+01	0*	9.58E+03	4.40E+02	-6.84E+02
Use of secondary materials	kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Use of renewable secondary fuels	MJ	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Use of non-renewable secondary fuels	MJ	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Net use of fresh water	m ³	7.06E+02	2.56E+01	0*	1.43E-01	6.71E+01	6.13E+02	-1.36E+03
Hazardous waste disposed of	kg	1.36E+02	1.07E+02	0*	0*	1.22E+01	1.65E+01	-8.10E-04
Non-hazardous waste disposed of	kg	7.68E+01	6.39E+01	3.73E-02	0*	1.29E+01	5.25E-02	-2.89E-01
Radioactive waste disposed of	kg	1.61E-01	1.45E-01	2.66E-05	0*	1.54E-02	9.68E-05	-1.91E-04
Components for re-use	kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Materials for recycling	kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Materials for energy recovery	kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Exported energy	MJ	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Biogenic carbon content of the product	kg of C.	3.23E-01	3.23E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Biogenic carbon content of the associated packaging	kg of C.	3.05E-01	3.05E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

Tabela G.10: Declaração ambiental - Carrier 42EP (coeficientes de extrapolação)

4 – EXTRAPOLATION TO THE OTHER SIZES IN THE RANGE

	Capacity [kW]	Manufacturing	Distribution	Installation	Use	End of life
029G	0.646	1.328	1.334	1.761	1.477	1.331
129G	0.862	1.380	1.380	1.429	1.594	1.380
229G	1.652	0.925	0.927	0.803	1.084	0.927
039G	0.861	1.016	1.020	1.320	1.258	1.018
REF	139G	1.232	1.000	1.000	1.000	1.000
239G	1.830	0.898	0.899	0.725	1.019	0.900
049D	0.945	0.958	0.961	1.203	1.146	0.960
149D	1.321	0.914	0.959	0.932	1.002	0.960
249D	1.985	0.848	0.849	0.668	0.939	0.850

Tabela G.11: Declaração ambiental - Carrier 42KY

Per kW corresponding to the functional unit

Environmental indicators		Total	Manu facturing	Distribution	Installation	Use Σ B1 a B7	End of life	Potential benefits Module D
Ozone depletion	kg CFC-11 eq	1.29E-05	6.87E-06	1.33E-09	3.26E-08	4.07E-06	1.96E-06	-1.63E-06
Acidification (AP)	mole H ⁺ eq	1.45E+00	6.76E-01	5.48E-03	1.47E-03	6.13E-01	1.59E-01	-7.01E-01
Freshwater eutrophication	kg P eq	2.78E-03	5.52E-04	3.24E-07	0*	1.66E-03	5.73E-04	-4.67E-02
Marine aquatic eutrophication	kg N eq	2.24E-01	8.28E-02	2.57E-03	5.74E-04	8.81E-02	5.01E-02	-5.48E-02
Terrestrial eutrophication	mole N eq	2.05E+00	8.67E-01	2.82E-02	6.73E-03	9.36E-01	2.14E-01	-6.47E+01
Photochemical Ozone formation	kg NMVOC eq	6.58E-01	2.96E-01	7.10E-03	2.04E-03	2.89E-01	6.36E-02	-2.03E-01
Depletion of abiotic resources - elements	kg Sb eq	4.33E-03	2.58E-03	0*	0*	1.59E-03	1.53E-04	-2.23E-03
Depletion of abiotic resources - fossil fuels	MJ	1.52E+04	5.69E+03	1.21E+01	3.39E+00	9.17E+03	3.04E+02	-5.43E+02
Climate change - total	kg CO ₂ eq	2.99E+02	1.35E+02	8.65E-01	1.66E+00	1.38E+02	2.30E+01	-4.63E+01
Climate change - fossil fuels	kg CO ₂ eq	2.93E+02	1.33E+02	8.65E-01	1.62E-01	1.37E+02	2.19E+01	-4.47E+01
Climate change - biogenics	kg CO ₂ eq	5.60E+00	1.88E+00	0*	1.50E+00	1.13E+00	1.09E+00	-1.65E+00
Climate change - land use and land use transformation	kg CO ₂ eq	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Water requirement	m ³	2.41E+04	4.54E+01	0*	1.55E+01	8.92E+03	1.51E+04	-3.70E+04
Total use of primary energy during the life cycle	MJ	1.58E+04	5.80E+03	1.21E+01	2.37E+00	9.60E+03	3.50E+02	-6.74E+02
Emission of fine particles	incidence of diseases	1.40E-05	4.51E-06	4.45E-08	1.73E-08	8.09E-06	1.37E-06	-3.74E-06
Ionizing radiation, human health	kBq U235 eq	1.12E+03	4.04E+02	0*	0*	7.17E+02	1.54E+00	-9.67E+00
Ecotoxicity (fresh water)	CTUe	1.39E+04	7.22E+03	0*	0*	5.18E+03	1.55E+03	-4.03E+03
Human toxicity, carcinogenic effects	CTUh	3.66E-05	2.74E-05	0*	0*	9.04E-06	1.54E-07	-5.03E-07
Human toxicity, non-carcinogenic effects	CTUh	1.04E-05	5.92E-06	1.64E-09	3.10E-09	3.63E-06	8.54E-07	-6.15E-06
Impacts related to land use/soil quality	-	8.98E+01	3.22E-01	0*	0*	3.05E+01	5.90E+01	-1.99E+02
Use of renewable primary energy, excluding renewable primary energy resources used as raw materials	MJ	5.04E+02	2.40E+01	0*	0*	4.35E+02	4.57E+01	-1.31E+02
Use of renewable primary energy resources used as raw materials	MJ	8.27E+01	8.27E+01	0*	0*	0.00E+00	0*	0.00E+00
Total use of renewable primary energy resources (primary energy and primary energy resources used as raw materials)	MJ	5.87E+02	1.07E+02	0*	0*	4.35E+02	4.57E+01	-1.31E+02
Use of non-renewable primary energy, excluding non-renewable primary energy resources used as raw materials	MJ	1.49E+04	5.42E+03	1.21E+01	3.39E+00	9.16E+03	3.04E+02	-5.43E+02
Use of non-renewable primary energy resources used as raw materials	MJ	2.92E+02	2.77E+02	0*	0*	1.48E+01	0*	0.00E+00
Total use of non-renewable primary energy resources (primary energy and primary energy resources used as raw materials)	MJ	1.52E+04	5.69E+03	1.21E+01	3.39E+00	9.17E+03	3.04E+02	-5.43E+02
Use of secondary materials	kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Use of renewable secondary fuels	MJ	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Use of non-renewable secondary fuels	MJ	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Net use of fresh water	m ³	5.87E+02	1.06E+00	0*	6.82E-01	2.16E+02	3.69E+02	-8.78E+02
Hazardous waste disposed of	kg	2.59E+02	1.66E+02	0*	0*	8.08E+01	1.22E+01	-3.16E-03
Non-hazardous waste disposed of	kg	1.65E+02	1.40E+02	3.04E-02	0*	2.51E+01	3.89E-02	-1.21E+00
Radioactive waste disposed of	kg	1.55E-01	1.12E-01	2.16E-05	0*	4.28E-02	7.17E-05	-8.53E-04
Components for re-use	kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Materials for recycling	kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Materials for energy recovery	kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Exported energy	MJ	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Biogenic carbon content of the product	kg of C.	8.85E-02	8.85E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Biogenic carbon content of the associated packaging	kg of C.	2.81E+00	2.81E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

Tabela G.12: Declaração ambiental - Carrier 42KY (coeficientes de extrapolação)

4 – EXTRAPOLATION TO THE OTHER SIZES IN THE RANGE

	Capacity [kW]	Manufacturing	Distribution	Installation	Use	End of life
42KY 10C	1.420	0.986	0.986	0.986	3.642	0.986
REF 42KY 19C	1.400	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
42KY 20C	1.814	0.829	0.829	0.772	2.850	0.834
42KY 29C	1.814	0.829	0.829	0.772	0.847	0.834
42KY 30C	2.975	0.541	0.540	0.471	2.149	0.547
42KY 39C	2.519	0.638	0.638	0.556	0.818	0.646
42KY 20D	1.744	0.882	0.882	0.803	2.965	0.889
42KY 29D	1.744	0.882	0.882	0.803	0.881	0.890
42KY 30D	2.515	0.653	0.652	0.557	2.542	0.662
42KY 39D	2.106	0.780	0.779	0.665	0.830	0.791

Tabela G.13: Declaração ambiental - Carrier 42NH

Per kW corresponding to the functional unit

Environmental indicators		Total	Manu facturing	Distribution	Installation	Use Σ B1 à B7	End of life	Potential benefits Module D
Ozone depletion	kg CFC-11 eq	1.09E-05	7.21E-06	1.53E-09	1.87E-08	1.17E-06	2.46E-06	-2.19E-06
Acidification (AP)	mole H ⁺ eq	1.87E+00	1.30E+00	6.31E-03	9.67E-04	3.78E-01	1.87E-01	-6.35E-01
Freshwater eutrophication	kg P eq	3.37E-03	4.84E-04	3.74E-07	0*	2.09E-03	7.99E-04	-3.19E-02
Marine aquatic eutrophication	kg N eq	3.31E-01	2.21E-01	2.96E-03	2.93E-04	6.11E-02	4.60E-02	-5.98E-02
Terrestrial eutrophication	kg N eq	3.45E+00	2.41E+00	3.24E-02	3.42E-03	7.25E-01	2.77E-01	-6.96E-01
Photochemical Ozone formation	kg NMVOC eq	9.92E-01	7.25E-01	8.18E-03	8.92E-04	1.77E-01	8.12E-02	-2.26E-01
Depletion of abiotic resources - elements	kg Sb eq	2.67E-03	2.06E-03	0*	0*	3.97E-04	2.12E-04	-2.17E-03
Depletion of abiotic resources - fossil fuels	MJ	1.60E+04	6.70E+03	1.39E+01	1.99E+00	8.92E+03	3.94E+02	-6.76E+02
Climate change - total	kg CO ₂ eq	2.65E+02	1.52E+02	9.97E-01	5.45E-01	8.10E+01	3.03E+01	-5.79E+01
Climate change - fossil fuels	kg CO ₂ eq	2.61E+02	1.50E+02	9.97E-01	2.83E-01	8.07E+01	2.88E+01	-5.59E+01
Climate change - biogenics	kg CO ₂ eq	3.57E+00	1.50E+00	0*	2.61E-01	3.11E-01	1.50E+00	-2.02E+00
Climate change - land use and land use transformation	kg CO ₂ eq	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Water requirement	m ³	2.40E+04	4.56E+02	0*	1.41E+01	2.08E+03	2.14E+04	-4.98E+04
Total use of primary energy during the life cycle	MJ	1.69E+04	6.81E+03	1.39E+01	1.90E+00	9.65E+03	4.57E+02	-8.34E+02
Emission of fine particles	incidence of diseases	1.92E-05	7.50E-06	5.13E-08	9.38E-09	9.87E-06	1.81E-06	-4.55E-06
Ionizing radiation, human health	kBq U235 eq	1.45E+03	3.46E+02	0*	0*	1.10E+03	1.92E+00	-4.04E+01
Ecotoxicity (fresh water)	CTUe	8.46E+03	5.78E+03	0*	9.51E-01	1.37E+03	1.31E+03	-3.16E+03
Human toxicity, carcinogenic effects	CTUh	2.20E-05	1.93E-05	0*	0*	2.52E-06	2.21E-07	-6.87E-07
Human toxicity, non-carcinogenic effects	CTUe	6.64E-06	4.49E-06	1.89E-09	1.42E-09	1.19E-06	9.55E-07	-4.68E-06
Impacts related to land use/soil quality	-	8.49E+01	1.67E+00	0*	0*	8.11E+00	7.51E+01	-1.68E+02
Use of renewable primary energy, excluding renewable primary energy resources used as raw materials	MJ	8.70E+02	8.28E+01	0*	0*	7.24E+02	6.28E+01	-1.58E+02
Use of renewable primary energy resources used as raw materials	MJ	2.61E+01	2.61E+01	0*	0*	0.00E+00	0*	0.00E+00
Total use of renewable primary energy resources (primary energy and primary energy resources used as raw materials)	MJ	8.96E+02	1.09E+02	0*	0*	7.24E+02	6.28E+01	-1.58E+02
Use of non-renewable primary energy, excluding non-renewable primary energy resources used as raw materials	MJ	1.58E+04	6.50E+03	1.39E+01	1.99E+00	8.89E+03	3.94E+02	-6.76E+02
Use of non-renewable primary energy resources used as raw materials	MJ	2.36E+02	2.05E+02	0*	0*	3.06E+01	0*	0.00E+00
Total use of non-renewable primary energy resources (primary energy and primary energy resources used as raw materials)	MJ	1.60E+04	6.70E+03	1.39E+01	1.99E+00	8.92E+03	3.94E+02	-6.76E+02
Use of secondary materials	kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Use of renewable secondary fuels	MJ	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Use of non-renewable secondary fuels	MJ	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Net use of fresh water	m ³	5.80E+02	1.06E+01	0*	4.98E-01	5.04E+01	5.18E+02	-1.18E+03
Hazardous waste disposed of	kg	1.44E+02	1.06E+02	0*	0*	2.28E+01	1.52E+01	-6.15E-04
Non-hazardous waste disposed of	kg	5.27E+01	4.53E+01	3.50E-02	0*	7.30E+00	4.85E-02	-2.22E-01
Radioactive waste disposed of	kg	1.52E-01	1.44E-01	2.49E-05	0*	8.05E-03	8.94E-05	-1.48E-04
Components for re-use	kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Materials for recycling	kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Materials for energy recovery	kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Exported energy	MJ	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Biogenic carbon content of the product	kg of C	2.03E-01	2.03E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Biogenic carbon content of the associated packaging	kg of C	5.13E-01	5.13E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

Tabela G.14: Declaração ambiental - Carrier 42NH (coeficientes de extrapolação)

4 – EXTRAPOLATION TO THE OTHER SIZES IN THE RANGE

	Capacity [kW]	Manufacturing	Distribution	Installation	Use	End of life
42NH225G(F)	0.824	1.706	1.706	1.706	2.295	1.706
42NH229G(F)	0.869	1.617	1.617	1.617	1.012	1.617
42NH235G(F)	0.915	1.536	1.536	1.536	2.066	1.536
42NH239G(F)	0.961	1.462	1.462	1.462	0.915	1.462
42NH279G(F)	1.233	1.139	1.139	1.139	0.896	1.139
42NH289G(F)	1.550	0.906	0.906	0.906	0.906	0.906
42NH325G(F)	1.784	0.967	0.970	1.092	5.343	0.967
42NH329G(F)	1.649	1.047	1.049	1.181	0.979	1.046
42NH335G(F)	2.095	0.824	0.826	0.929	4.549	0.823
42NH339G(F)	1.566	1.102	1.105	1.244	1.031	1.101
42NH425G(F)	2.211	0.983	0.986	1.159	2.824	0.982
42NH429G(F)	1.793	1.213	1.216	1.430	0.933	1.211
42NH435G(F)	2.399	0.906	0.909	1.068	2.603	0.905
42NH439G(F)	1.803	1.206	1.209	1.421	0.928	1.204
42NH525G(F)	4.377	0.585	0.587	0.732	1.772	0.584
42NH529G(F)	2.640	0.969	0.974	1.214	0.753	0.967
42NH535G(F)	4.856	0.527	0.529	0.660	1.597	0.526
42NH539G(F)	2.743	0.933	0.937	1.168	0.725	0.931
42NH635G(F)	7.532	0.382	0.386	0.569	2.061	0.382
42NH639G(F)	3.409	0.845	0.853	1.258	0.729	0.843
42NH645G(F)	8.397	0.343	0.346	0.511	1.848	0.342
42NH649G(F)	4.175	0.690	0.697	1.027	0.791	0.688
42NH735G(F)	9.502	0.357	0.362	0.581	2.175	0.356
42NH739G(F)	5.243	0.647	0.656	1.053	0.756	0.646
42NH745G(F)	10.318	0.329	0.333	0.535	2.003	0.328
42NH749G(F)	5.572	0.609	0.617	0.991	0.712	0.607
42NH235D(C)	0.866	1.622	1.622	1.622	2.183	1.622
42NH239D(C)	0.920	1.527	1.527	1.527	0.956	1.527
42NH279D(C)	1.143	1.229	1.229	1.229	0.967	1.229
REF 42NH289D(C)	1.405	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
42NH335D(C)	2.195	0.786	0.788	0.887	4.342	0.785

Tabela G.15: Declaração ambiental - De Dietrich R290 030

Environmental impacts

Environmental impacts at the declared unit, per device corresponding to the reference product

Impact indicators	Unit	Total A-C	Manufacturing A1-A3	Distribution A4	Installation A5	B1-B7	B1	B2	B6	B3-B5-B7	End of life C1-C4	Benefits & loads D
Mandatory indicators												
Climate change - total (IPCC 2013)	kg CO ₂ eq.	9.55E+04	2.63E+03	8.50E+01	5.32E+01	9.24E+04	0.00E+00	2.77E+02	9.21E+04	0.00E+00	3.38E+02	-9.01E+02
Climate change - fossil fuels	kg CO ₂ eq.	9.53E+04	2.57E+03	8.50E+01	5.19E+01	9.23E+04	0.00E+00	2.77E+02	9.20E+04	0.00E+00	3.21E+02	-8.83E+02
Climate change - biogenics	kg CO ₂ eq.	2.01E+02	6.06E+01	0.00E+00	1.28E+00	1.23E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.23E+02	0.00E+00	1.67E+01	-1.73E+01
Climate change - land use and land use transformation	kg CO ₂ eq.	6.50E-04	6.50E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ozone depletion (WMO 2014)	kg CFC-11 eq.	8.62E-04	2.07E-04	1.30E-07	3.92E-06	6.12E-04	0.00E+00	2.18E-04	3.94E-04	0.00E+00	3.86E-05	-3.81E-05
Acidification (AP)	mol H ⁺ eq.	5.52E+02	2.15E+03	5.38E-01	2.59E-01	5.27E+02	0.00E+00	1.18E+00	5.26E+02	0.00E+00	3.16E+00	-2.33E+01
Freshwater eutrophication	kg P eq.	2.79E-01	1.70E-02	3.19E-05	1.67E-04	2.52E-01	0.00E+00	3.09E-05	2.52E-01	0.00E+00	9.64E-03	-2.12E+00
Marine aquatic eutrophication	kg N eq.	6.39E+01	1.99E+00	2.52E-01	4.21E-02	6.01E+01	0.00E+00	3.85E-01	5.97E+01	0.00E+00	1.51E+00	-1.81E+00
Terrestrial eutrophication	mol N eq.	9.31E+02	2.19E+03	2.77E+00	4.44E-01	9.02E+02	0.00E+00	4.80E+00	8.97E+02	0.00E+00	3.47E+00	-1.87E+01
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq.	2.03E+02	7.74E+00	6.98E-01	1.41E-01	1.94E+02	1.96E-02	1.98E+00	1.92E+02	0.00E+00	1.04E+00	-6.22E+00
Abiotic resource depletion - metals and minerals	kg Sb eq.	1.55E-01	1.46E-01	3.34E-06	7.62E-04	6.67E-03	0.00E+00	4.80E-08	6.67E-03	0.00E+00	7.85E-04	-9.22E-02
Abiotic resource depletion - fossils	MJ	2.48E+06	1.19E+05	1.19E+03	1.08E+03	2.35E+06	0.00E+00	3.38E+03	2.35E+06	0.00E+00	5.56E+03	-8.01E+03
Water requirement	m ³	1.05E+05	1.21E+03	3.23E-01	1.15E+01	3.27E+03	0.00E+00	1.39E+01	3.26E+03	0.00E+00	1.01E+05	-4.34E+05
Optional indicators												
Emission of fine particles	Disease occurrence	4.24E-03	1.36E-04	4.38E-06	1.38E-06	4.08E-03	0.00E+00	4.53E-06	4.08E-03	0.00E+00	1.77E-05	-9.57E-05
Ionizing radiation, human health	kg U235 eq.	1.65E+05	2.70E+04	2.07E-01	4.60E+02	1.37E+05	0.00E+00	1.21E+00	1.37E+05	0.00E+00	3.71E+01	-2.46E+02
Ecotoxicity (freshwater)	CTUe	1.20E+06	1.51E+05	5.72E+01	1.45E+03	9.93E+05	2.16E-04	1.06E+03	9.92E+05	0.00E+00	5.75E+04	-1.75E+05
Human toxicity, carcinogenic effects	CTUh	8.96E-04	8.76E-04	1.49E-09	9.21E-06	1.08E-05	0.00E+00	2.47E-08	1.07E-05	0.00E+00	3.39E-07	-1.22E-05
Human toxicity, non-carcinogenic effects	CTUh	6.20E-04	1.60E-04	1.62E-07	2.84E-06	4.36E-04	5.52E-11	1.02E-05	4.26E-04	0.00E+00	2.09E-05	-2.41E-04
Impacts related to land use/soil quality	-	2.74E+03	5.00E+01	0.00E+00	2.13E+00	1.83E+03	0.00E+00	0.00E+00	1.83E+03	0.00E+00	8.59E+02	-3.59E+03

B1: Use; B2: Maintenance; B3: Repair; B4: Replacement; B5: Restoration; B6: Energy requirements; B7: Water requirements

Tabela G.16: Declaração ambiental - De Dietrich R290 030 (coeficientes de extrapolação)

Extrapolation coefficient for declared unit

For each stage of the life cycle, the environmental impacts of the product concerned are calculated by multiplying the impacts of the declaration corresponding to the reference product by the extrapolation coefficient. The "Total" column should be calculated by adding the environmental impacts of each stage of the life cycle.

MHTC R290...	...020 ...020 HR	...030 ...030 HR
Manufacturing	1.000	1.050
Distribution	1.000	1.050
Installation	1.000	1.000
Use (emissions)	1.000	1.000
Use (maintenance)	1.000	1.000
Use (Electricity consumption)	1.000	1.460
End of life	1.000	1.053
Benefits and loads	1.000	1.053

Tabela G.17: Declaração ambiental - Atlantic APTAE 50

Le tableau ci-dessous indique les impacts environnementaux par équipement correspondant au produit de référence :

Indicateurs d'impacts et de flux	Unité	Total (hors module D)	Fabrication	Distribution	Installation	Utilisation	Fin de vie	Module D
Indicateurs d'impact								
Changement climatique (PEF-GWP)	kg CO2 eq	4,67E+04	3,90E+03	3,69E+01	1,96E+02	4,16E+04	1,02E+03	-9,03E+02
Changement climatique - fossiles (PEF-GWPf)	kg CO2 eq	4,65E+04	3,83E+03	3,69E+01	1,56E+02	4,15E+04	9,92E+02	-8,89E+02
Changement climatique - biogéniques (PEF-GWPb)	kg CO2 eq	3,14E+02	6,69E+01	0,00E+00	3,97E+01	1,82E+02	2,57E+01	-1,45E+01
Changement climatique - occupation des sols et transformation de l'occupation des sols (PEF-GWPlu)	kg CO2 eq	1,94E-04	4,34E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,51E-04	0,00E+00
Appauvrissement de la couche d'ozone (PEF-ODP)	kg CFC-11 eq.	1,21E-03	1,78E-04	5,66E-08	9,38E-05	9,21E-04	1,65E-05	-1,25E-04
Acidification (PEF-APf)	Mole H+ eq.	2,63E+02	3,66E+01	2,34E-01	7,65E-01	2,21E+02	4,40E+00	-1,12E+01
Eutrophication eau douce (PEF-Epf)	kg P eq.	2,21E+00	7,09E-02	1,39E-05	1,66E-04	1,86E+00	2,82E-01	-1,79E-03
Eutrophication aquatique marine (PEF-Epm)	kg N eq.	3,86E+01	4,41E+00	1,10E-01	2,66E-01	3,30E+01	7,81E-01	-6,22E-01
Eutrophication terrestre (PEF-Ept)	Mole N eq.	5,86E+02	4,79E+01	1,20E+00	2,83E+00	5,25E+02	8,88E+00	-6,87E+00
Formation ozone photochimique (PEF-POCP)	kg COVNM eq.	1,15E+02	1,54E+01	3,03E-01	1,02E+00	9,57E+01	2,95E+00	-2,79E+00
Épuisement des ressources abiotiques - éléments (PEF-ADPe)	kg Sb eq.	1,88E-01	1,25E-01	1,45E-06	4,58E-07	5,62E-02	6,94E-03	-8,51E-02
Épuisement des ressources abiotiques - combustibles fossiles (PEF-ADPf)	MJ	7,77E+06	1,44E+05	5,15E+02	1,75E+03	7,56E+06	6,15E+04	-1,26E+04
Besoin en eau (PEF-WU)	m3 de privation éq. dans le monde	1,10E+04	1,89E+03	1,40E-01	9,70E+00	8,53E+03	5,69E+02	-6,56E+02
Émissions de particules fines (PEF-PM)	Incidence maladies	8,98E-03	2,35E-04	1,90E-06	2,97E-06	8,72E-03	2,37E-05	-1,11E-04
Rayonnements ionisants, santé humaine (PEF-IR)	Nds de U235 éq.	1,03E+06	2,03E+04	8,99E-02	2,04E+01	1,01E+06	9,92E+01	-1,20E+04
Écotoxicité, eaux douces (PEF-CTUe)	CTUe	5,93E+05	1,05E+05	2,42E+01	9,47E-02	1,28E+05	3,59E+05	-4,18E+03
Toxicité humaine, effets cancérogènes (PEF-CTUh-c)	CTUh-c	8,94E-05	8,03E-05	6,49E-10	2,21E-08	8,07E-06	1,01E-06	-1,15E-05
Toxicité humaine, effets non cancérogènes (PEF-CTUh-nc)	CTUh-nc	5,09E-04	2,15E-04	1,26E-08	4,59E-07	2,55E-04	3,87E-05	-1,22E-04
Impacts liés à l'occupation des sols/qualité du sol (PEF-LU)	-	3,43E+03	2,28E+02	0,00E+00	4,25E-02	2,36E+03	8,41E+02	0,00E+00

Tabela G.18: Declaração ambiental - Bombas de circulação MAGNA3

DESCRIPTION OF THE SYSTEM BOUNDARY (X = INCLUDED IN LCA; MND = MODULE OR INDICATOR NOT DECLARED; MNR = MODULE NOT RELEVANT)																
Product stage			Construction process stage		Use stage							End of life stage				Benefits and loads beyond the system boundaries.
Raw material supply	Transport	Manufacturing	Transport from the gate to the site	Assembly	Use	Maintenance	Repair	Replacement	Refurbishment	Operational energy use	Operational water use	De-construction demolition	Transport	Waste processing	Disposal	Reuse-Recovery-Recycling-potential
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
X	X	X	X	X	X	X	MNR	MNR	MNR	X	X	X	X	X	X	X

RESULTS OF THE LCA - ENVIRONMENTAL IMPACT according to EN 15804+A2: 1PCS of MAGNA3 pump																
Parameter	Unit	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D			
GWP-total	kg CO ₂ eq	4.47E+01	7.95E-01	5.9E-01	0	0	3.72E+01	0	0	4.91E-02	1.13E-01	2.55E+00	-3.06E+00			
GWP-fossil	kg CO ₂ eq	4.57E+01	8E-01	2.32E-02	0	0	3.69E+01	0	0	4.93E-02	1.12E-01	2.24E+00	-3.05E+00			
GWP-biogenic	kg CO ₂ eq	-1.02E+00	-1.18E-02	5.67E-01	0	0	3.21E-01	0	0	-7.3E-04	9.75E-04	3.09E-01	-3.59E-03			
GWP-luluc	kg CO ₂ eq	4.47E-02	7.43E-03	3.59E-05	0	0	4.01E-03	0	0	4.59E-04	1.22E-05	3.75E-05	-2.55E-03			
ODP	kg CFC11 eq	3.53E-08	1.04E-13	7.19E-14	0	0	6.81E-10	0	0	6.44E-15	2.07E-12	2.83E-13	-9.66E-12			
AP	mol H ⁺ eq	2.51E-01	5.15E-03	1.83E-04	0	0	7.88E-02	0	0	3.18E-04	2.4E-04	6.27E-04	-2.46E-02			
EP-freshwater	kg P eq	5.61E-04	2.93E-06	3.52E-08	0	0	1.38E-04	0	0	1.81E-07	4.19E-07	2.99E-06	-4.05E-06			
EP-marine	kg N eq	4.96E-02	2.53E-03	6.96E-05	0	0	1.89E-02	0	0	1.56E-04	5.73E-05	2.3E-04	-2.53E-03			
EP-terrestrial	mol N eq	4.43E-01	2.8E-02	8.54E-04	0	0	1.97E-01	0	0	1.73E-03	5.99E-04	2.96E-03	-2.7E-02			
POCP	kg NMVOC eq	1.24E-01	4.88E-03	1.76E-04	0	0	5.03E-02	0	0	3.01E-04	1.53E-04	6.23E-04	-8.18E-03			
ADPE	kg Sb eq	2.87E-03	5.32E-08	8.84E-10	0	0	5.71E-06	0	0	3.28E-09	1.74E-08	2.34E-09	-5.72E-04			
ADPF	MJ	6.3E+02	1.09E+01	2.32E-01	0	0	7.77E+02	0	0	6.74E-01	2.36E+00	1.05E+00	-3.71E+01			
WDP	m ³ world eq deprived	1.88E+01	9.7E-03	7.26E-02	0	0	8.22E+00	0	0	5.98E-04	2.5E-02	2.55E-01	-5.59E-01			

GWP = Global warming potential; ODP = Depletion potential of the stratospheric ozone layer; AP = Acidification potential of land and water; EP = Eutrophication potential; POCP = Formation potential of tropospheric ozone photochemical oxidants; ADPE = Abiotic depletion potential for non-fossil resources; ADPF = Abiotic depletion potential for fossil resources; WDP = Water (user) deprivation potential)

Tabela G.19: Declaração ambiental - Vasos de expansão

Table 7. Environmental impact of 1 unit of the Flexcon premium expansion vessel (18 l), in the core impact categories.

Impact category	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D
GWP-total	8,94E+00	4,35E-02	5,14E-01	0,00E+00	0,00E+00	2,78E-02	4,17E-01	9,46E-03	-5,29E+00
GWP-f	9,72E+00	4,34E-02	-2,69E-01	0,00E+00	0,00E+00	2,78E-02	4,17E-01	9,46E-03	-5,28E+00
GWP-b	-7,85E-01	0,00E+00	7,85E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
GWP-luluc	1,21E-02	1,77E-05	-2,02E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,13E-05	9,74E-05	1,85E-06	-1,90E-03
ODP	3,97E-07	1,02E-08	-3,23E-08	0,00E+00	0,00E+00	6,53E-09	1,31E-08	6,54E-10	-1,20E-07
AP	4,35E-02	2,46E-04	-1,36E-03	0,00E+00	0,00E+00	1,58E-04	6,63E-04	1,67E-05	-1,28E-02
EP-fw	1,64E-04	3,19E-07	-2,10E-05	0,00E+00	0,00E+00	2,05E-07	3,69E-06	2,50E-08	-5,21E-05
EP-m	7,03E-03	8,85E-05	-7,43E-04	0,00E+00	0,00E+00	5,67E-05	2,48E-04	1,42E-05	-2,68E-03
EP-t	1,27E-01	9,74E-04	-4,22E-03	0,00E+00	0,00E+00	6,24E-04	2,13E-03	6,24E-05	-2,72E-02
POCP	2,36E-02	2,79E-04	-8,30E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,78E-04	6,03E-04	1,98E-05	-1,12E-02
ADP-mm ₂	9,16E-05	1,46E-07	-1,33E-06	0,00E+00	0,00E+00	9,32E-08	2,51E-06	5,06E-09	-1,94E-05
ADP-f ²	1,09E+02	6,69E-01	-3,95E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,28E-01	1,38E+00	4,76E-02	-5,25E+01
WDP ²	2,11E+00	2,19E-03	-1,10E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,41E-03	3,27E-02	2,10E-03	-4,78E-01
PM	5,22E-07	4,80E-09	-2,17E-08	0,00E+00	0,00E+00	3,07E-09	1,05E-08	3,27E-10	-1,75E-07

Tabela G.20: Catálogo Daikin - Massa do modelo FXFQ

Indoor Unit				FXFQ	20B	25B	32B	40B	50B	63B	80B	100B	125B	
Cooling capacity	Total capacity	At high fan speed		kW	2.20	2.80	3.60	4.50	5.60	7.10	9.00	11.20	14.00	
	Heating capacity	Total capacity	At high fan speed		kW	2.50	3.20	4.00	5.00	6.30	8.00	10.00	12.50	16.00
Power input - 50Hz	Cooling	At high fan speed		kW		0.017		0.018	0.023	0.028	0.045	0.071	0.103	
	Heating	At high fan speed		kW		0.017		0.018	0.023	0.028	0.045	0.071	0.103	
Dimensions	Unit	HeightxWidthxDepth		mm	204x840x840						246x840x840		288x840x840	
Weight	Unit			kg	18						19		21	
Casing	Material				Galvanised steel plate									
Decoration panel	Model				Standard panels: BYCQ140E - white with grey louvers / BYCQ140EW - full white / BYCQ140EB - black									
					Auto cleaning panels: BYCQ140EGF - white / BYCQ140EGFB - black									
					Designer panels: BYCQ140EP - white / BYCQ140EPB - black									
	Dimensions	HeightxWidthxDepth		mm	Standard panels: 65x950x950 / Auto cleaning panels: 148x950x950 / Designer panels: 106x950x950									
	Weight			kg	Standard panels: 5.5 / Auto cleaning panels: 10.3 / Designer panels: 6.5									
Fan	Air flow rate - 50Hz	Cooling	At high / medium / low fan speed	m³/min	12.8/10.7/8.9				14.8/12.6/10.4		15.1/12.9/10.7		16.6/13.4/10.7	
	Heating	At high / medium / low fan speed	m³/min	12.8/10.7/8.9				14.8/12.6/10.4		15.1/12.9/10.7		16.6/13.4/10.7		
Air filter	Type				Resin net									
Sound power level	Cooling	At high fan speed		dBA	49.0				51.0		53.0		55.0	
Sound pressure level	Cooling	At high / medium / low fan speed		dBA	31.0/29.0/28.0				33.0/31.0/29.0		35.0/33.0/30.0		38.0/34.0/30.0	
	Heating	At high / medium / low fan speed		dBA	31.0/29.0/28.0				33.0/31.0/29.0		35.0/33.0/30.0		38.0/34.0/30.0	
Refrigerant	Type/GWP				R-410A/2,0875									
Piping connections	Liquid	OD		mm	6.35								9.52	
	Gas	OD		mm	12.7								15.9	
	Drain				VP25 (O.D. 32 / I.D. 25)									
Power supply	Phase/Frequency/Voltage			Hz/V	1~/50/60/220-240/220									
Current - 50Hz	Maximum fuse amps (MFA)			A	16									
Control systems	Infrared remote control				BRC7FA532F / BRC7FB532F / BRC7FA532FB / BRC7FB532FB									
	Wired remote control				BRC1HS2W7/S7/K7 / BRC1ES3A / BRC1ES3B / BRC1ES3C / BRC1D52									

Contains fluorinated greenhouse gases

Contains fluorinated greenhouse gases

Tabela G.21: Catálogo Daikin - Massa do modelo FXSQ

Indoor Unit				FXSQ	15A	20A	25A	32A	40A	50A	63A	80A	100A	125A	140A
Cooling capacity	Total capacity	At high fan speed		kW	1.70	2.20	2.80	3.60	4.50	5.60	7.10	9.00	11.20	14.00	16.00
Heating capacity	Total capacity	At high fan speed		kW	1.90	2.50	3.20	4.00	5.00	6.30	8.00	10.0	12.5	16.0	18.0
Power input - 50Hz	Cooling	At high fan speed		kW	0.041			0.045	0.087	0.089	0.101	0.135	0.173	0.237	0.247
	Heating	At high fan speed		kW	0.041			0.045	0.087	0.089	0.101	0.135	0.173	0.237	0.247
Dimensions	Unit	HeightxWidthxDepth		mm	245x550x800			245x700x800			245x1,000x800			245x1,400x800	
Weight	Unit			kg	23.5			24.0		28.5		29.0		35.5	
Casing	Material				Galvanised steel plate										
Fan	Air flow rate - 50Hz	Cooling	At high / medium / low fan speed	m³/min	8.7/7.5/6.5	9.0/7.5/6.5		9.5/8.0/7.0	15.0/12.5/11.0	15.2/12.5/11.0	21.0/18.0/15.0	23.0/19.5/16.0	32.0/27.0/23.0	36.0/31.5/26.0	39.0/34.0/28.0
		Heating	At high / medium / low fan speed	m³/min	8.7/7.5/6.5	9.0/7.5/6.5		9.5/8.0/7.0	15.0/12.5/11.0	15.2/12.5/11.0	21.0/18.0/15.0	23.0/19.5/16.0	32.0/27.0/23.0	36.0/31.5/26.0	39.0/34.0/28.0
		External static pressure - 50Hz	Factory set / High	Pa				30/150			40/150			50/150	
Air filter	Type				Resin net										
Sound power level	Cooling	At high fan speed		dBA	54			55		60		59		61	
Sound pressure level	Cooling	At high / medium / low fan speed		dBA	29.5/28.0/25.0	30.0/28.0/25.0		26.0/29.0/26.0		35.0/32.0/29.0		33.0/30.0/27.0		35.0/32.0/29.0	
	Heating	At high / medium / low fan speed		dBA	31.5/29.0/26.0	32.0/29.0/26.0		33.0/30.0/27.0		37.0/34.0/29.0		35.0/32.0/28.0		37.0/34.0/30.0	
Refrigerant	Type/GWP				R-410A/2,087.5										
Piping connections	Liquid	OD		mm				6.35					9.52		
	Gas	OD		mm				12.7					15.9		
	Drain				VP20 (I.D. 20/O.D. 26), drain height 625 mm										
Power supply	Phase/Frequency/Voltage			Hz/V	1~/50/60/220-240/220										
Current - 50Hz	Maximum fuse amps (MFA)			A	16										
Control systems	Infrared remote control				BRC4C65										
	Wired remote control				BRC1ES3A / BRC1ES3B / BRC1ES3C / BRC1D52										
Contains fluorinated greenhouse gases															

Contains fluorinated greenhouse gases

Tabela G.22: Catálogo Daikin - Massa do modelo RXYQ

Outdoor unit				RYMQ								RYYQ/RXYQ									
Capacity range			HP	8U*	10U*	12U*	14U*	16U*	18U*	20U*	8U*	10U*	12U*	14U*	16U*	18U*	20U*				
Cooling capacity	Prated,c		kW	-	-	-	-	-	-	-	22.4	28.0	33.5	40.0	45.0	50.4	52.0				
Heating capacity	Prated,h		kW	-	-	-	-	-	-	-	22.4	28.0	33.5	40.0	45.0	50.4	56.0				
	Max.	6°CWB	kW	-	-	-	-	-	-	-	25.0	31.5	37.5	45.0	50.0	56.5	63.0				
Recommended combination				-	-	-	-	-	-	-	40.0/20.0	44.0/22.0	47.0/23.0	50.0/25.0	53.0/26.0	56.0/28.0	60.0/30.0				
ηs,c			%	-	-	-	-	-	-	-	302.4	267.6	247.8	236.5	238.3	233.7	233.7				
ηs,h			%	-	-	-	-	-	-	-	167.9	168.2	161.4	155.4	157.8	163.1	156.6				
SEER				-	-	-	-	-	-	-	7.6	6.8	6.3	6.0	5.9	5.9	5.9				
SCOP				-	-	-	-	-	-	-	4.3	4.1	4.0	4.0	4.2	4.0	4.0				
Maximum number of connectable indoor units				-	-	-	-	-	-	-	64(1)										
Indoor index	Min.			-	-	-	-	-	-	-	100.0	125.0	150.0	175.0	200.0	225.0	250.0				
connection	Max.			-	-	-	-	-	-	-	260.0	325.0	390.0	455.0	520.0	585.0	650.0				
Dimensions	Unit	HeightxWidthxDepth	mm	1,685x930x765				1,685x1,240x765				1,685x930x765			1,685x1,240x765						
Weight	Unit		kg	RYMQ-U: 198 / RYMQ-US: 204				RYMQ-U: 275 / RYMQ-US: 283				RYMQ-U: 308 / RYMQ-US: 320		RXYQ-U: 198 / RXYQ-US/UD: 201		RXYQ-U: 275 / RXYQ-US/UD: 281		RXYQ-U: 308 / RXYQ-US/UD: 314			
Fan	External static pressure	Max.	Pa	78						-											
Sound power level	Cooling	Nom.	dBA	78.0	79.1	83.4	80.9	85.6	83.8	87.9	78.0	79.1	83.4	80.9	85.6	83.8	87.9				
	Heating	Prated,h	dBA	-	-	-	-	-	-	-	79.6	80.9	83.5	83.1	86.5	85.3	89.8				
Sound pressure level	Cooling	Nom.	dBA	57.0	57.0	61.0	60.0	63.0	62.0	65.0	57.0	57.0	61.0	60.0	63.0	62.0	65.0				
	Operation range	Min.-Max.	°CDB	-5.0-43.0						-5.0-43.0											
Refrigerant	Heating	Min.-Max.	°CWB	-20.0-15.5						-20.0-15.5											
	Type/GWP			R-410A/2,0875						R-410A/2,0875											
Charge			kg	5.9/12.3				6.0/12.5				6.3/13.2				RXYQ-U: 275 / RXYQ-US/UD: 281 / RXYQ-US/UD: 314					
Piping connections	Liquid	OD	mm	9.52				12.7				15.9			9.52			12.7		15.9	
	Gas	OD	mm	19.1				22.2				28.6			19.1			22.2		28.6	
	Equalizing pipe	OD	mm	19.1				22.2				28.6			-			-			
	Total piping length	System	m	-				-				-			1,000			-			
Power supply	Phase/Frequency/Voltage		Hz/V	3N~/50/380-415						3N~/50/380-415											
Current - 50Hz	Maximum fuse amps (MFA)		A	20	25	32	32	40	40	50	20	25	32	32	40	40	50				

Apêndice H

Descrição dos Elementos Identificados	Uso	Consumo de Energia [kWh/ano]	Potência Instalada [kW]	Desempenho Nominal/Sazonal*	
				Solução	Ref.
VRF					
Uma unidade de climatização do tipo VRF, marca LG e modelo ARUM200LTE6, com uma potência térmica unitária de aquecimento de 63 kW (COP: 4,59) e uma potência térmica unitária de arrefecimento de 56 kW (EER: 4,39), localizada na Cobertura, servindo os seguintes espaços: Átrio. Fonte de energia: Eletricidade.	⚙️	1,28	63,00	4,59	3,00
Sistema do tipo VRF, composto por 1 unidade, com uma potência para aquecimento de 63,00 kW e para arrefecimento de 56,00 kW. O sistema apresenta, ainda, um contributo de energia renovável - Eren - de 3666,72 kWh.	⚙️	1 080,27	56,00	4,39	2,90
Uma unidade de climatização do tipo VRF, marca LG e modelo ARUM160LTE6, com uma potência térmica unitária de aquecimento de 50,4 kW (COP: 4,36) e uma potência térmica unitária de arrefecimento de 44,8 kW (EER: 4,11) localizada na Cobertura, servindo os seguintes espaços: Ala Esquerda. Fonte de energia: Eletricidade.	⚙️	5,76	50,40	4,36	3,00
Sistema do tipo VRF, composto por 1 unidade, com uma potência para aquecimento de 50,40 kW e para arrefecimento de 44,80 kW. O sistema apresenta, ainda, um contributo de energia renovável - Eren - de 5064,29 kWh.	⚙️	1 622,17	44,80	4,11	2,90
Entidade Gestora					
Entidade Fiscalizadora					
 Agência para a Energia  Direção Geral de Energia e Geologia					
9 de 12					



CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DOS EDÍFÍCIOS

Pré-Certificado Energético

Grande Edifício de Comércio e Serviços

SCE347026022

B

NZEB21
EDIFÍCIO
MUITO
EFICIENTE

Uma unidade de climatização do tipo VRF, marca LG e modelo ARUM120LTE6, com uma potência térmica unitária de aquecimento de 37,8 kW (COP: 4,91) e uma potência térmica unitária de arrefecimento de 33,6 kW (EER: 4,43) localizada na Cobertura, servindo os seguintes espaços: Ala Direita. Fonte de energia: Eletricidade.	⚙️	0,25	37,80	4,91	3,00
Sistema do tipo VRF, composto por 1 unidade, com uma potência para aquecimento de 37,80 kW e para arrefecimento de 33,60 kW. O sistema apresenta, ainda, um contributo de energia renovável - Eren - de 4148,66 kWh.	⚙️	1 209,24	33,60	4,43	2,90
Uma unidade de climatização do tipo VRF, marca LG e modelo ARUM140LTE6, com uma potência térmica unitária de aquecimento de 44,1 kW (COP: 3,30) e uma potência térmica unitária de arrefecimento de 37,3 kW (EER: 4,65) localizada na Cobertura, servindo o seguinte equipamento: UTAN 1. Fonte de energia: Eletricidade.	⚙️	181,30	44,10	3,30	3,00
Sistema do tipo VRF, composto por 1 unidade, com uma potência para aquecimento de 44,10 kW e para arrefecimento de 37,30 kW. O sistema apresenta, ainda, um contributo de energia renovável - Eren - de 10126,61 kWh.	⚙️	2 660,17	37,30	4,65	2,90
Uma unidade de climatização do tipo VRF, marca LG e modelo ARUM80LTE6, com uma potência térmica unitária de aquecimento de 22,4 kW (COP: 4,99) e uma potência térmica unitária de arrefecimento de 22,4 kW (EER: 5,64) localizada na Cobertura, servindo o seguinte equipamento: REC 01. Fonte de energia: Eletricidade.	⚙️	20,24	22,40	4,99	3,00
Sistema do tipo VRF, composto por 1 unidade, com uma potência para aquecimento de 22,40 kW e para arrefecimento de 22,40 kW. O sistema apresenta, ainda, um contributo de energia renovável - Eren - de 5319,82 kWh.	⚙️	1 129,11	22,40	5,64	2,90

*Valores maiores representam soluções mais eficientes.

*Valores maiores representam soluções mais eficientes.

Figura H.1: Eletricidade consumida anualmente pelas unidades exteriores do sistema VRF

1. Specifications

1.1 Product

ARUM080LTE6

Category		Unit	Specification
Major	Minor		
Classification	Chassis	-	LXA
	Combination Unit (1)	-	ARUM080LTE6
	Combination Unit (2)	-	-
	Combination Unit (3)	-	-
	Combination Unit (4)	-	-
Power Supply	Case 1	V, Phase, Hz	380-400-415, 3, 50
	Limit Range of Voltage(Case 1)	V	342 ~ 456
	Case 2	V, Phase, Hz	380, 3, 60
	Limit Range of Voltage(Case 2)	V	342 ~ 418
	Running Current by Voltage (Cooling, Rated)	A	9.97 - 9.47 - 9.13
	Running Current by Voltage (Heating, Rated)	A	8.43 - 8.01 - 7.72
Cooling Capacity	Rated	kW	22.4
		Btu/h	76,400
Heating Capacity	Rated	kW	22.4
		Btu/h	76,400
	Max	kW	25.2
		Btu/h	86,000
Power Input(Cooling)	Rated	kW	6.10
Power Input(Heating)	Rated	kW	5.16
Efficiency	EER(Rated)	W/W	3.67
	COP(Rated)	W/W	4.34
	SEER	Wh/Wh	8.28
	SCOP	Wh/Wh	4.45
	$\eta_{s,c}$	%	328.2
	$\eta_{s,h}$	%	175
Power Factor(Cooling/Heating)	Rated	-	0.93 / 0.93
Outdoor Fan	Type	-	Propeller fan
	Air Flow Rate(High)	m ³ /min	220 x 1
	Max. External Static Pressure	Pa	80
	Discharge direction(Side / Top)	-	Top
Outdoor Fan Motor	Type	-	BLDC
	Drive	-	Direct
	Output	W x No.	1,200 x 1
Compressor	Type	-	Hermetically Sealed Scroll
	Piston Displacement	cm ³ /rev	62.1
	Number of Revolution	rev./min	3,600
	Motor Output	W x No.	5,300 x 1
	Starting Method	-	Inverter
	Oil Type	-	FW68L(PVE)
Heat Exchanger	Type	-	Fin & Tube
	No.	-	1
	Fin Type	-	Wide Louver Plus
Dimensions	Net(W x H x D)	mm	930 x 1,745 x 760
	Shipping(W x H x D)	mm	965 x 1,919 x 802
Weight	Net	kg	215
	Shipping	kg	225
Exterior	Color	-	Morning Gray / Dawn Gray
	RAL (Classic)	-	RAL 7038 / RAL 7037
Protection Device	High Pressure Prevention	-	High pressure sensor / High pressure switch

Figura H.2: Ficha técnica ARUM080LTE6

ARUM120LTE6

Category		Unit	Specification
Major	Minor		
Classification	Chassis	-	LXA
	Combination Unit (1)	-	ARUM120LTE6
	Combination Unit (2)	-	-
	Combination Unit (3)	-	-
	Combination Unit (4)	-	-
Power Supply	Case 1	V, Phase, Hz	380-400-415, 3, 50
	Limit Range of Voltage(Case 1)	V	342 ~ 456
	Case 2	V, Phase, Hz	380, 3, 60
	Limit Range of Voltage(Case 2)	V	342 ~ 418
	Running Current by Voltage (Cooling, Rated)	A	19.03 - 18.08 - 17.43
	Running Current by Voltage (Heating, Rated)	A	12.69 - 12.05 - 11.62
Cooling Capacity	Rated	kW	33.6
		Btu/h	114,600
Heating Capacity	Rated	kW	33.6
		Btu/h	114,600
	Max	kW	37.8
		Btu/h	129,000
Power Input(Cooling)	Rated	kW	11.65
Power Input(Heating)	Rated	kW	7.77
Efficiency	EER(Rated)	W/W	2.88
	COP(Rated)	W/W	4.32
	SEER	Wh/Wh	7.94
	SCOP	Wh/Wh	4.99
	$\eta_{s,c}$	%	314.6
	$\eta_{s,h}$	%	196.6
Power Factor(Cooling/Heating)	Rated	-	0.93 / 0.93
Outdoor Fan	Type	-	Propeller fan
	Air Flow Rate(High)	m ³ /min	220 x 1
	Max. External Static Pressure	Pa	80
	Discharge direction(Side / Top)	-	Top
Outdoor Fan Motor	Type	-	BLDC
	Drive	-	Direct
	Output	W x No.	1,200 x 1
Compressor	Type	-	Hermetically Sealed Scroll
	Piston Displacement	cm ³ /rev	62.1
	Number of Revolution	rev./min	3,600
	Motor Output	W x No.	5,300 x 1
	Starting Method	-	Inverter
	Oil Type	-	FW68L(PVE)
Heat Exchanger	Type	-	Fin & Tube
	No.	-	1
	Fin Type	-	Wide Louver Plus
Dimensions	Net(W x H x D)	mm	930 x 1,745 x 760
	Shipping(W x H x D)	mm	965 x 1,919 x 802
Weight	Net	kg	215
	Shipping	kg	225
Exterior	Color	-	Morning Gray / Dawn Gray
	RAL (Classic)	-	RAL 7038 / RAL 7037
Protection Device	High Pressure Prevention	-	High pressure sensor / High pressure switch
	Frost Prevention	-	O (Logical)
	Discharge Temperature Control	-	O (Logical)

1-5

Figura H.3: Ficha técnica ARUM120LTE6

ARUM140LTE6

Category		Unit	Specification
Major	Minor		
Classification	Chassis	-	UXB
	Combination Unit (1)	-	ARUM140LTE6
	Combination Unit (2)	-	-
	Combination Unit (3)	-	-
	Combination Unit (4)	-	-
Power Supply	Case 1	V, Phase, Hz	380-400-415, 3, 50
	Limit Range of Voltage(Case 1)	V	342 ~ 456
	Case 2	V, Phase, Hz	380, 3, 60
	Limit Range of Voltage(Case 2)	V	342 ~ 418
	Running Current by Voltage (Cooling, Rated)	A	19.41 - 18.44 - 17.77
	Running Current by Voltage (Heating, Rated)	A	13.77 - 13.08 - 12.61
Cooling Capacity	Rated	kW	39.2
		Btu/h	133,800
Heating Capacity	Rated	kW	39.2
		Btu/h	133,800
	Max	kW	44.1
		Btu/h	150,500
Power Input(Cooling)	Rated	kW	11.88
Power Input(Heating)	Rated	kW	8.43
Efficiency	EER(Rated)	W/W	3.30
	COP(Rated)	W/W	4.65
	SEER	Wh/Wh	8.55
	SCOP	Wh/Wh	5.17
	$\eta_{s,c}$	%	339
	$\eta_{s,h}$	%	203.8
Power Factor(Cooling/Heating)	Rated	-	0.93 / 0.93
Outdoor Fan	Type	-	Propeller fan
	Air Flow Rate(High)	m³/min	320 x 1
	Max. External Static Pressure	Pa	80
	Discharge direction(Side / Top)	-	Top
Outdoor Fan Motor	Type	-	BLDC
	Drive	-	Direct
	Output	W x No.	900 x 2
Compressor	Type	-	Hermetically Sealed Scroll
	Piston Displacement	cm³/rev	62.1
	Number of Revolution	rev./min	3,600
	Motor Output	W x No.	5,300 x 1
	Starting Method	-	Inverter
	Oil Type	-	FW68L(PVE)
Heat Exchanger	Type	-	Fin & Tube
	No.	-	1
	Fin Type	-	Wide Louver Plus
Dimensions	Net(W x H x D)	mm	1,240 x 1,745 x 760
	Shipping(W x H x D)	mm	1,282 x 1,919 x 802
Weight	Net	kg	255
	Shipping	kg	265
Exterior	Color	-	Morning Gray / Dawn Gray
	RAL (Classic)	-	RAL 7038 / RAL 7037
Protection Device	High Pressure Prevention	-	High pressure sensor / High pressure switch
	Frost Prevention	-	O (Logical)
	Discharge Temperature Control	-	O (Logical)

1-7

Figura H.4: Ficha técnica ARUM140LTE6

ARUM160LTE6

Category		Unit	Specification
Major	Minor		
Classification	Chassis	-	LUXB
	Combination Unit (1)	-	ARUM160LTE6
	Combination Unit (2)	-	-
	Combination Unit (3)	-	-
	Combination Unit (4)	-	-
Power Supply	Case 1	V, Phase, Hz	380-400-415, 3, 50
	Limit Range of Voltage(Case 1)	V	342 ~ 456
	Case 2	V, Phase, Hz	380, 3, 60
	Limit Range of Voltage(Case 2)	V	342 ~ 418
	Running Current by Voltage (Cooling, Rated)	A	25.24 - 23.98 - 23.11
	Running Current by Voltage (Heating, Rated)	A	16.48 - 15.65 - 15.09
Cooling Capacity	Rated	kW	44.8
		Btu/h	152,900
Heating Capacity	Rated	kW	44.8
		Btu/h	152,900
	Max	kW	50.4
		Btu/h	172,000
Power Input(Cooling)	Rated	kW	15.45
Power Input(Heating)	Rated	kW	10.09
Efficiency	EER(Rated)	W/W	2.90
	COP(Rated)	W/W	4.44
	SEER	Wh/Wh	7.97
	SCOP	Wh/Wh	5.46
	$\eta_{s,c}$	%	315.8
	$\eta_{s,h}$	%	215.4
Power Factor(Cooling/Heating)	Rated	-	0.93 / 0.93
Outdoor Fan	Type	-	Propeller fan
	Air Flow Rate(High)	m ³ /min	320 x 1
	Max. External Static Pressure	Pa	80
	Discharge direction(Side / Top)	-	Top
Outdoor Fan Motor	Type	-	BLDC
	Drive	-	Direct
	Output	W x No.	900 x 2
Compressor	Type	-	Hermetically Sealed Scroll
	Piston Displacement	cm ³ /rev	62.1
	Number of Revolution	rev./min	3,600
	Motor Output	W x No.	5,300 x 1
	Starting Method	-	Inverter
	Oil Type	-	FW68L(PVE)
Heat Exchanger	Type	-	Fin & Tube
	No.	-	1
	Fin Type	-	Wide Louver Plus
Dimensions	Net(W x H x D)	mm	1,240 x 1,745 x 760
	Shipping(W x H x D)	mm	1,282 x 1,919 x 802
Weight	Net	kg	255
	Shipping	kg	265
Exterior	Color	-	Morning Gray / Dawn Gray
	RAL (Classic)	-	RAL 7038 / RAL 7037
Protection Device	High Pressure Prevention	-	High pressure sensor / High pressure switch
	Frost Prevention	-	O (Logical)
	Discharge Temperature Control	-	O (Logical)

1-9

Figura H.5: Ficha técnica ARUM160LTE6

ARUM200LTE6

Category		Unit	Specification
Major	Minor		
Classification	Chassis	-	LXB
	Combination Unit (1)	-	ARUM200LTE6
	Combination Unit (2)	-	-
	Combination Unit (3)	-	-
	Combination Unit (4)	-	-
Power Supply	Case 1	V, Phase, Hz	380-400-415, 3, 50
	Limit Range of Voltage(Case 1)	V	342 ~ 456
	Case 2	V, Phase, Hz	380, 3, 60
	Limit Range of Voltage(Case 2)	V	342 ~ 418
	Running Current by Voltage (Cooling, Rated)	A	28.65 - 27.22 - 26.24
	Running Current by Voltage (Heating, Rated)	A	20.66 - 19.62 - 18.91
Cooling Capacity	Rated	kW	56.0
		Btu/h	191,100
Heating Capacity	Rated	kW	56.0
		Btu/h	191,100
	Max	kW	63.0
		Btu/h	215,000
Power Input(Cooling)	Rated	kW	17.54
Power Input(Heating)	Rated	kW	12.64
Efficiency	EER(Rated)	W/W	3.19
	COP(Rated)	W/W	4.43
	SEER	Wh/Wh	8.42
	SCOP	Wh/Wh	5.13
	$\eta_{s,c}$	%	333.8
	$\eta_{s,h}$	%	202.2
Power Factor(Cooling/Heating)	Rated	-	0.93 / 0.93
Outdoor Fan	Type	-	Propeller fan
	Air Flow Rate(High)	m³/min	320 x 1
	Max. External Static Pressure	Pa	80
	Discharge direction(Side / Top)	-	Top
Outdoor Fan Motor	Type	-	BLDC
	Drive	-	Direct
	Output	W x No.	900 x 2
Compressor	Type	-	Hermetically Sealed Scroll
	Piston Displacement	cm³/rev	62.1 x 2
	Number of Revolution	rev./min	3,600 x 2
	Motor Output	W x No.	5,300 x 2
	Starting Method	-	Inverter
	Oil Type	-	FW68L(PVE)
Heat Exchanger	Type	-	Fin & Tube
	No.	-	1
	Fin Type	-	Wide Louver Plus
Dimensions	Net(W x H x D)	mm	1,240 x 1,745 x 760
	Shipping(W x H x D)	mm	1,282 x 1,919 x 802
Weight	Net	kg	300
	Shipping	kg	310
Exterior	Color	-	Morning Gray / Dawn Gray
	RAL (Classic)	-	RAL 7038 / RAL 7037
Protection Device	High Pressure Prevention	-	High pressure sensor / High pressure switch
	Frost Prevention	-	O (Logical)
	Discharge Temperature Control	-	O (Logical)

1-13

Figura H.6: Ficha técnica ARUM200LTE6

Apêndice I

Multi V i

Product Data

1. Specifications

Major	Category		Unit	Specification
	Minor			
Protection Device	Frost Prevention	-		O (Logical)
	Discharge Temperature Control	-		O (Logical)
	Compressor/Fan Protection	-		Over-heat protection / Fan driver overload protector
	Inverter Protection	-		Over-heat protection / Over-current protection
Refrigerant	Type	-		R410A
	Precharged Amount	kg		8.5
	GWP(Global Warming Potential)	-		2,087.5
	I-CO ₂ eq.	-		17.744
	Control Type	-		EEV
Connecting Pipe	Liquid	mm(inch)		Φ9.52 (3/8)
	Gas	mm(inch)		Φ19.05 (3/4)
	Low Pressure Gas (Heat Recovery)	mm(inch)		Φ19.05 (3/4)
	High Pressure Gas (Heat Recovery)	mm(inch)		Φ15.88 (5/8)
Piping Connection Type	Liquid	-		Brazing
	Gas	-		Brazing
	Low Pressure Gas (Heat Recovery)	-		Brazing
	High Pressure Gas (Heat Recovery)	-		Brazing
Sound Pressure Level (Outdoor Unit)	Cooling / Heating	dB(A)		57.0 / 58.0
Measurement Standard (Pressure Level)	-	-		ISO 3745
Sound Power Level (Outdoor Unit)	Cooling / Heating	dB(A)		78.0 / 78.0
Measurement Standard (Power Level)	-	-		ISO 9614
Connecting Cable	Communication Cable(VCTF-SB)	mm² × cores		1.0 ~ 1.5 x 2C
Electrical Characteristic	Minimum Circuit Amperes (MCA)	A		18.2
	Maximum Fuse Amperes (MFA)	A		20.0
	Total Over Current Amperes (TOCA)	A		20.0
	Comp_Maximum Starting Current (MSC)	A		5.9
	Comp_Rated Load Amperes (Cooling)	A		7.5
	Comp_Rated Load Amperes (Heating)	A		5.9
	Outdoor Fan Motor_Full Load Amperes (FLA)	A		2.5
Connectable indoor units number	Max. (Conditional)	Units		13(20)

Figura I.1: Ficha técnica ARUM080LTE6

1. Specifications

Category		Unit	Specification
Major	Minor		
Protection Device	Compressor/Fan Protection	-	Over-heat protection / Fan driver overload protector
	Inverter Protection	-	Over-heat protection / Over-current protection
Refrigerant	Type	-	R410A
	Precharged Amount	kg	9.5
	GWP(Global Warming Potential)	-	2,087.5
	t-CO ₂ eq.	-	19.831
	Control Type	-	EEV
Connecting Pipe	Liquid	mm(inch)	Φ12.7 (1/2)
	Gas	mm(inch)	Φ28.58 (1-1/8)
	Low Pressure Gas (Heat Recovery)	mm(inch)	Φ28.58 (1-1/8)
	High Pressure Gas (Heat Recovery)	mm(inch)	Φ19.05 (3/4)
Piping Connection Type	Liquid	-	Brazing
	Gas	-	Brazing
	Low Pressure Gas (Heat Recovery)	-	Brazing
	High Pressure Gas (Heat Recovery)	-	Brazing
Sound Pressure Level (Outdoor Unit)	Cooling / Heating	dB(A)	59.0 / 60.0
Measurement Standard (Pressure Level)	-	-	ISO 3745
Sound Power Level (Outdoor Unit)	Cooling / Heating	dB(A)	80.0 / 82.0
Measurement Standard (Power Level)	-	-	ISO 9614
Connecting Cable	Communication Cable(VCTF-SB)	mm ² × cores	1.0 ~ 1.5 x 2C
Electrical Characteristic	Minimum Circuit Amperes (MCA)	A	25.5
	Maximum Fuse Amperes (MFA)	A	32
	Total Over Current Amperes (TOCA)	A	28.0
	Comp_Maximum Starting Current (MSC)	A	5.9
	Comp_Rated Load Amperes (Cooling)	A	16.5
	Comp_Rated Load Amperes (Heating)	A	10.2
	Outdoor Fan Motor_Full Load Amperes (FLA)	A	2.5
Connectable indoor units number	Max. (Conditional)	Units	20(30)

Figura I.2: Ficha técnica ARUM120LTE6

1. Specifications

Category		Unit	Specification
Major	Minor		
Protection Device	Compressor/Fan Protection	-	Over-heat protection / Fan driver overload protection
	Inverter Protection	-	Over-heat protection / Over-current protection
Refrigerant	Type	-	R410A
	Precharged Amount	kg	13.0
	GWP(Global Warming Potential)	-	2,087.5
	t-CO ₂ eq.	-	27.138
	Control Type	-	EEV
Connecting Pipe	Liquid	mm(inch)	Φ12.7 (1/2)
	Gas	mm(inch)	Φ28.58 (1-1/8)
	Low Pressure Gas (Heat Recovery)	mm(inch)	Φ28.58 (1-1/8)
	High Pressure Gas (Heat Recovery)	mm(inch)	Φ22.2 (7/8)
Piping Connection Type	Liquid	-	Brazing
	Gas	-	Brazing
	Low Pressure Gas (Heat Recovery)	-	Brazing
	High Pressure Gas (Heat Recovery)	-	Brazing
Sound Pressure Level (Outdoor Unit)	Cooling / Heating	dB(A)	60.0 / 61.0
Measurement Standard (Pressure Level)	-	-	ISO 3745
Sound Power Level (Outdoor Unit)	Cooling / Heating	dB(A)	81.0 / 81.0
Measurement Standard (Power Level)	-	-	ISO 9614
Connecting Cable	Communication Cable(VCTF-SB)	mm ² × cores	1.0 ~ 1.5 x 2C
Electrical Characteristic	Minimum Circuit Amperes (MCA)	A	26.9
	Maximum Fuse Amperes (MFA)	A	32
	Total Over Current Amperes (TOCA)	A	30.0
	Comp_Maximum Starting Current (MSC)	A	5.9
	Comp_Rated Load Amperes (Cooling)	A	16.9
	Comp_Rated Load Amperes (Heating)	A	11.3
	Outdoor Fan Motor_Full Load Amperes (FLA)	A	2.5
Connectable indoor units number	Max. (Conditional)	Units	23(35)

Figura I.3: Ficha técnica ARUM140LTE6

1. Specifications

Category		Unit	Specification
Major	Minor		
Protection Device	Compressor/Fan Protection	-	Over-heat protection / Fan driver overload protector
	Inverter Protection	-	Over-heat protection / Over-current protection
Refrigerant	Type	-	R410A
	Precharged Amount	kg	13.0
	GWP(Global Warming Potential)	-	2,087.5
	t-CO ₂ eq.	-	27.138
	Control Type	-	EEV
Connecting Pipe	Liquid	mm(inch)	Φ12.7 (1/2)
	Gas	mm(inch)	Φ28.58 (1-1/8)
	Low Pressure Gas (Heat Recovery)	mm(inch)	Φ28.58 (1-1/8)
	High Pressure Gas (Heat Recovery)	mm(inch)	Φ22.2 (7/8)
Piping Connection Type	Liquid	-	Brazing
	Gas	-	Brazing
	Low Pressure Gas (Heat Recovery)	-	Brazing
	High Pressure Gas (Heat Recovery)	-	Brazing
Sound Pressure Level (Outdoor Unit)	Cooling / Heating	dB(A)	60.5 / 61.5
Measurement Standard (Pressure Level)	-	-	ISO 3745
Sound Power Level (Outdoor Unit)	Cooling / Heating	dB(A)	85.0 / 85.0
Measurement Standard (Power Level)	-	-	ISO 9614
Connecting Cable	Communication Cable(VCTF-SB)	mm ² × cores	1.0 ~ 1.5 x 2C
Electrical Characteristic	Minimum Circuit Amperes (MCA)	A	27.3
	Maximum Fuse Amperes (MFA)	A	32
	Total Over Current Amperes (TOCA)	A	30.0
	Comp_Maximum Starting Current (MSC)	A	5.9
	Comp_Rated Load Amperes (Cooling)	A	22.7
	Comp_Rated Load Amperes (Heating)	A	14.0
	Outdoor Fan Motor_Full Load Amperes (FLA)	A	2.5
Connectable indoor units number	Max. (Conditional)	Units	26(40)

Figura I.4: Ficha técnica ARUM160LTE6

1. Specifications

Category		Unit	Specification
Major	Minor		
Protection Device	Compressor/Fan Protection	-	Over-heat protection / Fan driver overload protector
	Inverter Protection	-	Over-heat protection / Over-current protection
Refrigerant	Type	-	R410A
	Precharged Amount	kg	16.0
	GWP(Global Warming Potential)	-	2,087.5
	t-CO ₂ eq.	-	33,400
	Control Type	-	EEV
Connecting Pipe	Liquid	mm(inch)	Φ15.88 (5/8)
	Gas	mm(inch)	Φ28.58 (1-1/8)
	Low Pressure Gas (Heat Recovery)	mm(inch)	Φ28.58 (1-1/8)
	High Pressure Gas (Heat Recovery)	mm(inch)	Φ22.2 (7/8)
Piping Connection Type	Liquid	-	Brazing
	Gas	-	Brazing
	Low Pressure Gas (Heat Recovery)	-	Brazing
	High Pressure Gas (Heat Recovery)	-	Brazing
Sound Pressure Level (Outdoor Unit)	Cooling / Heating	dB(A)	62.0 / 63.5
Measurement Standard (Pressure Level)	-	-	ISO 3745
Sound Power Level (Outdoor Unit)	Cooling / Heating	dB(A)	86.0 / 89.0
Measurement Standard (Power Level)	-	-	ISO 9614
Connecting Cable	Communication Cable(VCTF-SB)	mm ² × cores	1.0 ~ 1.5 × 2C
Electrical Characteristic	Minimum Circuit Amperes (MCA)	A	45.5
	Maximum Fuse Amperes (MFA)	A	50
	Total Over Current Amperes (TOCA)	A	50.0
	Comp_Maximum Starting Current (MSC)	A	11.8
	Comp_Rated Load Amperes (Cooling)	A	26.2
	Comp_Rated Load Amperes (Heating)	A	18.2
	Outdoor Fan Motor_Full Load Amperes (FLA)	A	2.5
Connectable indoor units number	Max. (Conditional)	Units	32(50)

Figura I.5: Ficha técnica ARUM200LTE6

MULTI V Indoor Unit

Ceiling Mounted Cassette (4-Way Mini)

2. Specifications

Model		Unit	ARNU05GTRB4	ARNU07GTRB4	
Cooling Capacity		kW	1.6	2.2	
		kcal/h	1,400	1,900	
		Btu/h	5,500	7,500	
Heating Capacity		kW	1.8	2.5	
		kcal/h	1,500	2,200	
		Btu/h	6,100	8,500	
Power Input (H / M / L)		W	13 / 12 / 11	13 / 12 / 11	
Casing			Galvanized Steel Plate	Galvanized Steel Plate	
Dimensions (W x H x D)	Body	mm	570 x 214 x 570	570 x 214 x 570	
		inch	22-7/16 x 8-7/16 x 22-7/16	22-7/16 x 8-7/16 x 22-7/16	
	Decoration Panel #1	-	PT-UQC	PT-UQC	
		mm	700 x 22 x 700	700 x 22 x 700	
	Decoration Panel #2	inch	27-9/16 x 7/8 x 27-9/16	27-9/16 x 7/8 x 27-9/16	
		-	PT-QCHW0	PT-QCHW0	
		mm	620 x 34 x 620	620 x 34 x 620	
	Decoration Panel #3	inch	24-13/32 x 1-11/32 x 24-13/32	24-13/32 x 1-11/32 x 24-13/32	
		-	PT-QAGW0	PT-QAGW0	
		mm	620 x 35 x 620	620 x 35 x 620	
Panel Color		-	#1, #2 : Morning fog #3 : White	#1, #2 : Morning fog #3 : White	
Coil	Rows x Columns x FPI		1 x 8 x 18	1 x 8 x 18	
	Face Area		m ²	0.21	0.21
Fan	Type		Turbo Fan	Turbo Fan	
	Motor Output x Number		W	43 x 1	43 x 1
	Air Flow Rate (H / M / L)	m ³ /min	7.5 / 7.0 / 6.6	7.5 / 7.0 / 6.6	
		ft ³ /min	265 / 247 / 212	265 / 247 / 212	
	Drive		Direct	Direct	
	Motor type		BLDC	BLDC	
Temperature Control			Microprocessor, Thermostat for cooling and heating		
Sound Absorbing Thermal Insulation Material			Foamed polystyrene	Foamed polystyrene	
Safety Device			Fuse	Fuse	
Pipe Connections	Liquid Side	mm(inch)	Ø6.35(1/4)	Ø6.35(1/4)	
	Gas Side	mm(inch)	Ø12.7(1/2)	Ø12.7(1/2)	
	Drain Pipe(Internal Dia.)	mm(inch)	25(1)	25(1)	
Net Weight	Body	kg(lbs)	12.6(27.8)	12.6(27.8)	
	Packaged	kg(lbs)	14.6(32.2)	14.6(32.2)	
Sound Pressure Levels (H / M / L)		dB(A)	29 / 27 / 26	29 / 27 / 26	
Sound Power Levels (H / M / L)		dB(A)	47 / 46 / 45	47 / 46 / 45	
Power Supply		Ø, V, Hz	1, 220 - 230 - 240, 50/60	1, 220 - 230 - 240, 50/60	
Running Current by voltage	Rated	A	0.09 - 0.09 - 0.08	0.09 - 0.09 - 0.08	
Maximum Running Current		A	0.20	0.20	
Refrigerant	Type	-	R410A / R32	R410A / R32	
	Additional Charging Amount (CF Value of IDU)	kg(each)	0.18 / 0.15	0.18 / 0.15	
	Control	-	EEV	EEV	
Transmission cable		mm ²	1.0~1.5 x 2C	1.0~1.5 x 2C	

Figura I.6: Ficha técnica ARNU05GTRB4 e ARNU07GTRB4

2. Specifications

Type			Ceiling Concealed Duct (Middle Static)	
Model		Unit	ARNU07GM1A4	ARNU09GM1A4
Cooling Capacity		kW	2.2	2.8
		kcal/h	1,900	2,400
		Btu/h	7,500	9,600
Heating Capacity		kW	2.5	3.2
		kcal/h	2,200	2,800
		Btu/h	8,500	10,900
Power Input (H / M / L)		W	39 / 30 / 25	40 / 32 / 26
Casing			Galvanized Steel Plate	Galvanized Steel Plate
Dimensions (WxHxD)	Body	mm	900 × 270 × 700	900 × 270 × 700
		inch	35-7/16 x 10-5/8 x 27-9/16	35-7/16 x 10-5/8 x 27-9/16
Coil	Rows x Columns x FPI		2 x 13 x 18	2 x 13 x 18
	Face Area	m ²	0.21	0.21
Fan	Type		Sirocco Fan	Sirocco Fan
	Motor Output x Number	W	136 x 1	136 x 1
	Air Flow Rate (H / M / L) (Factory set)	m ³ /min	9.0 / 7.5 / 6.0	9.5 / 7.5 / 6.0
		ft ³ /min	318 / 265 / 212	336 / 265 / 212
	External Static Pressure	mmAq(Pa)	6(59)	6(59)
	External Static Pressure (Min ~ Max)	mmAq(Pa)	2(20) ~ 15(147)	2(20) ~ 15(147)
	Drive		Direct	Direct
	Motor type		BLDC	BLDC
Temperature Control			Microprocessor, Thermostat for cooling and heating	
Sound Absorbing Thermal Insulation Material			Foamed polystyrene	Foamed polystyrene
Air Filter			-	-
Safety Device			Fuse	Fuse
Pipe Connections	Liquid Side	mm(inch)	Ø6.35(1/4)	Ø6.35(1/4)
	Gas Side	mm(inch)	Ø12.7(1/2)	Ø12.7(1/2)
	Drain Pipe(Internal Dia.)	mm(inch)	25(1)	25(1)
Net Weight	Body	kg(lbs)	25.0(55)	25.0(55)
Sound Pressure Levels (H / M / L)		dB(A)	26 / 24 / 23	27 / 25 / 23
Sound Power Levels (H / M / L, Body)		dB(A)	43 / 41 / 40	43 / 42 / 40
Power Supply		Ø, V, Hz	1, 220 - 230 - 240, 50/60	1, 220 - 230 - 240, 50/60
Running Current by voltage	Rated	A	0.34 - 0.33 - 0.31	0.35 - 0.34 - 0.32
Maximum Running Current		A	1.60	1.60
Refrigerant	Type	-	R410A / R32	R410A / R32
	Additional Charging Amount (CF Value of IDU)	kg(each)	0.24 / 0.20	0.24 / 0.20
	Control	-	EEV	EEV
Transmission cable		mm ²	1.0~1.5 x 2C	1.0~1.5 x 2C

Figura I.7: Ficha técnica ARNU07GM1A4 e ARNU09GM1A4

MULTI V Indoor Unit

Ceiling Concealed Duct (Middle Static)

2. Specifications

Type			Ceiling Concealed Duct (Middle Static)	
Model	Unit		ARNU07GM1A4	ARNU09GM1A4
Cooling Capacity	kW		2.2	2.8
	kcal/h		1,900	2,400
	Btu/h		7,500	9,600
Heating Capacity	kW		2.5	3.2
	kcal/h		2,200	2,800
	Btu/h		8,500	10,900
Power Input (H / M / L)	W		39 / 30 / 25	40 / 32 / 26
Casing			Galvanized Steel Plate	Galvanized Steel Plate
Dimensions (WxHxD)	Body	mm	900 × 270 × 700	900 × 270 × 700
		inch	35-7/16 x 10-5/8 x 27-9/16	35-7/16 x 10-5/8 x 27-9/16
Coil	Rows x Columns x FPI		2 x 13 x 18	2 x 13 x 18
	Face Area	m ²	0.21	0.21
Fan	Type		Sirocco Fan	Sirocco Fan
	Motor Output x Number	W	136 x 1	136 x 1
	Air Flow Rate (H / M / L) (Factory set)	m ³ /min	9.0 / 7.5 / 6.0	9.5 / 7.5 / 6.0
		ft ³ /min	318 / 265 / 212	336 / 265 / 212
	External Static Pressure	mmAq(Pa)	6(59)	6(59)
	External Static Pressure (Min ~ Max)	mmAq(Pa)	2(20) ~ 15(147)	2(20) ~ 15(147)
	Drive		Direct	Direct
	Motor type		BLDC	BLDC
Temperature Control			Microprocessor, Thermostat for cooling and heating	
Sound Absorbing Thermal Insulation Material			Foamed polystyrene	Foamed polystyrene
Air Filter			-	-
Safety Device			Fuse	Fuse
Pipe Connections	Liquid Side	mm(inch)	Ø6.35(1/4)	Ø6.35(1/4)
	Gas Side	mm(inch)	Ø12.7(1/2)	Ø12.7(1/2)
	Drain Pipe(Internal Dia.)	mm(inch)	25(1)	25(1)
Net Weight	Body	kg(lbs)	25.0(55)	25.0(55)
Sound Pressure Levels (H / M / L)		dB(A)	26 / 24 / 23	27 / 25 / 23
Sound Power Levels (H / M / L, Body)		dB(A)	43 / 41 / 40	43 / 42 / 40
Power Supply		Ø, V, Hz	1, 220 - 230 - 240, 50/60	1, 220 - 230 - 240, 50/60
Running Current by voltage	Rated	A	0.34 - 0.33 - 0.31	0.35 - 0.34 - 0.32
Maximum Running Current		A	1.60	1.60
Refrigerant	Type	-	R410A / R32	R410A / R32
	Additional Charging Amount (CF Value of IDU)	kg(each)	0.24 / 0.20	0.24 / 0.20
	Control	-	EEV	EEV
Transmission cable		mm ²	1.0~1.5 x 2C	1.0~1.5 x 2C

Figura I.8: Ficha técnica ARNU07GM1A4 e ARNU09GM1A4

2. Specifications

Model			Unit	ARNU15GTQB4	ARNU18GTQB4
Cooling Capacity			kW	4.5	5.6
			kcal/h	3,900	4,800
			Btu/h	15,400	19,100
Heating Capacity			kW	5.0	6.3
			kcal/h	4,300	5,400
			Btu/h	17,100	21,500
Power Input (H / M / L)			W	24 / 21 / 18	25 / 22 / 19
Casing				Galvanized Steel Plate	Galvanized Steel Plate
Dimensions (W x H x D)	Body	mm	570 x 256 x 570		570 x 256 x 570
		inch	22-7/16 x 10-3/32 x 22-7/16		22-7/16 x 10-3/32 x 22-7/16
	Decoration Panel #1	-	PT-UQC		PT-UQC
		mm	700 x 22 x 700		700 x 22 x 700
		inch	27-9/16 x 7/8 x 27-9/16		27-9/16 x 7/8 x 27-9/16
	Decoration Panel #2	-	PT-QCHW0		PT-QCHW0
		mm	620 x 34 x 620		620 x 34 x 620
		inch	24-13/32 x 1-11/32 x 24-13/32		24-13/32 x 1-11/32 x 24-13/32
	Decoration Panel #3	-	PT-QAGW0		PT-QAGW0
		mm	620 x 35 x 620		620 x 35 x 620
		inch	24-13/32 x 1-3/8 x 24-13/32		24-13/32 x 1-3/8 x 24-13/32
Panel Color		-	#1, #2 : Morning fog #3 : White	#1, #2 : Morning fog #3 : White	
Coil	Rows x Columns x FPI		2 x 10 x 18		2 x 10 x 18
	Face Area		m ²	0.27	0.27
Fan	Type		Turbo Fan		Turbo Fan
	Motor Output x Number		W	43 x 1	43 x 1
	Air Flow Rate (H / M / L)	m ³ /min	11.0 / 10.0 / 9.3		11.2 / 11.0 / 10.0
		ft ³ /min	388 / 353 / 328		396 / 388 / 353
	Drive		Direct		Direct
	Motor type		BLDC		BLDC
Temperature Control			Microprocessor, Thermostat for cooling and heating		
Sound Absorbing Thermal Insulation Material			Foamed polystyrene		Foamed polystyrene
Safety Device			Fuse		Fuse
Pipe Connections	Liquid Side	mm(inch)	Ø6.35(1/4)		Ø6.35(1/4)
	Gas Side	mm(inch)	Ø12.7(1/2)		Ø12.7(1/2)
	Drain Pipe(Internal Dia.)	mm(inch)	25(1)		25(1)
Net Weight	Body	kg(lbs)	15.0(33.1)		15.0(33.1)
	Packaged	kg(lbs)	17.0(37.5)		17.0(37.5)
Sound Pressure Levels (H / M / L)		dB(A)	36 / 34 / 32		37 / 35 / 34
Sound Power Levels (H / M / L)		dB(A)	52 / 50 / 46		52 / 50 / 46
Power Supply		Ø, V, Hz	1, 220 - 230 - 240, 50/60		1, 220 - 230 - 240, 50/60
Running Current by voltage	Rated	A	0.17 - 0.16 - 0.15		0.17 - 0.17 - 0.16
Maximum Running Current		A	0.20		0.20
Refrigerant	Type	-	R410A / R32		R410A / R32
	Additional Charging Amount (CF Value of IDU)	kg(each)	0.32 / 0.26		0.32 / 0.26
	Control	-	EEV		EEV
Transmission cable		mm ²	1.0-1.5 x 2C		1.0-1.5 x 2C

Figura I.9: Ficha técnica ARNU15GTQB4 e ARNU18GTQB4

MULTI V Indoor Unit

Ceiling Concealed Duct (Middle Static)

2. Specifications

Type			Ceiling Concealed Duct (Middle Static)	
Model		Unit	ARNU18GM1A4	ARNU24GM1A4
Cooling Capacity		kW	5.6	7.1
		kcal/h	4,800	6,100
		Btu/h	19,100	24,200
Heating Capacity		kW	6.3	8.0
		kcal/h	5,400	6,900
		Btu/h	21,500	27,300
Power Input (H / M / L)		W	85 / 63 / 55	91 / 74 / 58
Casing			Galvanized Steel Plate	Galvanized Steel Plate
Dimensions (WxHxD)	Body	mm	900 × 270 × 700	900 × 270 × 700
		inch	35-7/16 x 10-5/8 x 27-9/16	35-7/16 x 10-5/8 x 27-9/16
Coil	Rows x Columns x FPI		2 x 13 x 18	3 x 13 x 18
	Face Area	m ²	0.21	0.21
Fan	Type		Sirocco Fan	Sirocco Fan
	Motor Output x Number	W	136 x 1	136 x 1
	Air Flow Rate (H / M / L) (Factory set)	m ³ /min	17.0 / 14.5 / 12.0	19.0 / 16.0 / 14.0
		ft ³ /min	600 / 512 / 424	671 / 565 / 494
	External Static Pressure	mmAq(Pa)	6(59)	6(59)
	External Static Pressure (Min ~ Max)	mmAq(Pa)	2(20) ~ 15(147)	2(20) ~ 15(147)
	Drive		Direct	Direct
	Motor type		BLDC	BLDC
Temperature Control			Microprocessor, Thermostat for cooling and heating	
Sound Absorbing Thermal Insulation Material			Foamed polystyrene	Foamed polystyrene
Air Filter			-	-
Safety Device			Fuse	Fuse
Pipe Connections	Liquid Side	mm(inch)	Ø6.35(1/4)	Ø9.52(3/8)
	Gas Side	mm(inch)	Ø12.7(1/2)	Ø15.88(5/8)
	Drain Pipe(Internal Dia.)	mm(inch)	25(1)	25(1)
Net Weight	Body	kg(lbs)	25.0(55)	25.9(57)
Sound Pressure Levels (H / M / L)		dB(A)	31 / 28 / 25	32 / 29 / 26
Sound Power Levels (H / M / L, Body)		dB(A)	49 / 48 / 44	51 / 49 / 48
Power Supply		Ø, V, Hz	1, 220 - 230 - 240, 50/60	1, 220 - 230 - 240, 50/60
Running Current by voltage	Rated	A	0.75 - 0.72 - 0.69	0.80 - 0.77 - 0.73
Maximum Running Current		A	1.60	1.60
Refrigerant	Type	-	R410A / R32	R410A / R32
	Additional Charging Amount (CF Value of IDU)	kg(each)	0.24 / 0.20	0.36 / 0.30
	Control	-	EEV	EEV
Transmission cable		mm ²	1.0~1.5 x 2C	1.0~1.5 x 2C

Figura I.10: Ficha técnica ARNU18GM1A4 e ARNU24GM1A4

2. Specifications

Type			Ceiling Concealed Duct (Middle Static)	
Model	Unit		ARNU42GM2A4	ARNU48GM3A4
Cooling Capacity	kW		12.3	14.1
	kcal/h		10,600	12,100
	Btu/h		42,000	48,100
Heating Capacity	kW		13.8	15.9
	kcal/h		11,800	13,600
	Btu/h		47,000	54,200
Power Input (H / M / L)	W		231 / 162 / 111	172 / 105 / 65
Casing			Galvanized Steel Plate	Galvanized Steel Plate
Dimensions (WxHxD)	Body	mm	1,250 × 270 × 700	1,250 × 360 × 700
		inch	49-7/32 x 10-5/8 x 27-9/16	49-7/32 x 14-3/16 x 27-9/16
Coil	Rows x Columns x FPI		3 x 13 x 18	3 x 16 x 18
	Face Area	m ²	0.27	0.32
Fan	Type		Sirocco Fan	Sirocco Fan
	Motor Output x Number	W	350 x 1	400 x 1
	Air Flow Rate (H / M / L) (Factory set)	m ³ /min	38.0 / 33.0 / 28.0	40.0 / 34.0 / 28.0
		ft ³ /min	1,342 / 1,165 / 989	1,413 / 1,201 / 989
	External Static Pressure	mmAq(Pa)	6(59)	6(59)
	External Static Pressure (Min ~ Max)	mmAq(Pa)	4(39) ~ 18(176)	4(39) ~ 15(147)
	Drive		Direct	Direct
	Motor type		BLDC	BLDC
Temperature Control			Microprocessor, Thermostat for cooling and heating	
Sound Absorbing Thermal Insulation Material			Foamed polystyrene	Foamed polystyrene
Air Filter			-	-
Safety Device			Fuse	Fuse
Pipe Connections	Liquid Side	mm(inch)	Ø9.52(3/8)	Ø9.52(3/8)
	Gas Side	mm(inch)	Ø15.88(5/8)	Ø15.88(5/8)
	Drain Pipe(Internal Dia.)	mm(inch)	25(1)	25(1)
Net Weight	Body	kg(lbs)	37.2(82)	42.2(93)
Sound Pressure Levels (H / M / L)		dB(A)	42 / 41 / 39	41 / 38 / 37
Sound Power Levels (H / M / L, Body)		dB(A)	54 / 52 / 49	54 / 52 / 51
Power Supply	Ø, V, Hz		1, 220 - 230 - 240, 50/60	1, 220 - 230 - 240, 50/60
Running Current by voltage	Rated	A	1.29 - 1.24 - 1.18	0.85 - 0.81 - 0.78
Maximum Running Current		A	2.30	2.50
Refrigerant	Type	-	R410A / R32	R410A / R32
	Additional Charging Amount (CF Value of IDU)	kg(each)	0.52 / 0.43	0.61 / 0.50
	Control	-	EEV	EEV
Transmission cable		mm ²	1.0~1.5 x 2C	1.0~1.5 x 2C

Figura I.11: Ficha técnica ARNU42GM2A4

EN 14825 | Average Climate

	Low temperature	Medium temperature
η_s	165 %	132 %
Prated	43.00 kW	44.00 kW

Page 2 of 4

This information was generated by the HP KEYMARK database on 01.07.2025



Report for subtype AHP70-50
Registration number ICIM-PDC-000255

SCOP	4.20	3.36
Tbiv	-7 °C	-7 °C
TOL	-10 °C	-10 °C
Pdh Tj = -7°C	38.00 kW	39.20 kW
COP Tj = -7°C	2.53	1.93
Cdh Tj = -7 °C	1.000	1.000
Pdh Tj = +2°C	25.20 kW	23.90 kW
COP Tj = +2°C	3.90	3.19
Cdh Tj = +2 °C	1.000	1.000
Pdh Tj = +7°C	20.10 kW	19.40 kW
COP Tj = +7°C	6.27	4.87
Cdh Tj = +7 °C	1.000	1.000
Pdh Tj = 12°C	23.10 kW	22.40 kW
COP Tj = 12°C	7.32	6.16
Cdh Tj = +12 °C	1.000	1.000
Pdh Tj = Tbiv	38.00 kW	39.20 kW
COP Tj = Tbiv	2.53	1.93
Pdh Tj = TOL or Pdh Tj = Tdesignh if TOL < Tdesignh	34.60 kW	34.70 kW
COP Tj = TOL or COP Tj = Tdesignh if TOL < Tdesignh	2.19	1.65
Cdh Tj = TOL or Pdh Tj = Tdesignh if TOL < Tdesignh	1.000	1.000
WTOL	78 °C	78 °C
Poff	22 W	22 W
PTO	22 W	22 W
PSB	22 W	22 W
PCK	0 W	0 W
Supplementary Heater: Type of energy input	n/a	n/a
Supplementary Heater: PSUP	8.40 kW	9.30 kW
Annual energy consumption Qhe	21106 kWh	27218 kWh

EN 14825 | Cooling

	+7°C/+12°C	+18°C/+23°C
Pdesignc	34.10 kW	
SEER	4.81	
Pdc Tj = 35°C	34.10 kW	

Figura I.12: SCOP e SEER Atlantic APTAE 50 - Norma EN 14825

EN 14825 Average Climate		
	Low temperature	Medium temperature
η_s	204 %	155 %
Prated	30.00 kW	30.00 kW
SCOP	5.17	3.96
Tbiv	-7 °C	-7 °C
TOL	-20 °C	-20 °C

Page 2 of 7

This information was generated by the HP KEYMARK database on 25.05.2025

Report for subtype DE DIETRICH MHTC R290 030

Registration number 007-DO0176

Pdh Tj = -7°C	26.41 kW	26.54 kW
COP Tj = -7°C	2.97	2.17
Cdh Tj = -7 °C	0.900	0.900
Pdh Tj = +2°C	16.15 kW	16.25 kW
COP Tj = +2°C	5.21	3.93
Cdh Tj = +2 °C	0.900	0.900
Pdh Tj = +7°C	10.38 kW	10.39 kW
COP Tj = +7°C	7.15	5.45
Cdh Tj = +7 °C	0.900	0.900
Pdh Tj = 12°C	8.17 kW	8.30 kW
COP Tj = 12°C	8.01	7.65
Cdh Tj = +12 °C	0.900	0.900
Pdh Tj = Tbiv	26.41 kW	26.54 kW
COP Tj = Tbiv	2.97	2.17
Pdh Tj = TOL or Pdh Tj = Tdesignh if TOL < Tdesignh	25.31 kW	25.07 kW
COP Tj = TOL or COP Tj = Tdesignh if TOL < Tdesignh	2.71	1.96
Cdh Tj = TOL or Pdh Tj = Tdesignh if TOL < Tdesignh	0.900	0.900
WTOL	35 °C	55 °C
Poff	135 W	135 W
PTO	200 W	175 W
PSB	135 W	135 W
PCK	90 W	90 W
Supplementary Heater: Type of energy input	Electricity	Electricity
Supplementary Heater: PSUP	4.69 kW	4.93 kW
Annual energy consumption Qhe	3390 kWh	3149 kWh
EN 14825 Cooling		
	+7°C/+12°C	+18°C/+23°C
Pdesignc	23.30 kW	30.00 kW
SEER	4.55	5.31
Pdc Tj = 35°C	23.30 kW	30.00 kW
EER Tj = 35°C	3.08	4.30

Figura I.13: SCOP e SEER De Dietrich - MHTC R290 030 - Norma EN 14825

7 - 42EP PERFORMANCE DATA

7.1 - Physical and electrical data at Eurovent conditions - 42EP - Size 0

With G3 filter - without plenum

42EP 2-Pipe	029								039										
Fan speed		2	3	4	5	6	7	8	9		2	3	4	5	6	7	8	9	
		LS		MS			HS				LS			MS		HS			
Débit d'air	m³/h	67	115	157	197	231	273	305	324	74	128	177	222	266	317	355	379		
Operating pressure	Pa	9	27	50	78	107	150	187	211	6	17	32	50	72	102	128	146		
Cooling mode, 2-pipe*																			
Total cooling capacity	kW	0,4	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,3	0,5	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,7	1,8		
Sensible cooling capacity	kW	0,3	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,5	1,6		
Water flow rate	l/h	71	106	136	161	181	203	217	222	87	137	178	214	245	278	300	310		
Water pressure drop	kPa	1	3	5	6	8	10	12	12	1	2	3	5	6	8	10	11		
Water volume	l	1,0								1,3									
Heating mode, 2-pipe*																			
Heating capacity	kW	0,5	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	1,9	0,6	1,0	1,3	1,6	1,8	2,1	2,3	2,5		
Water flow rate	l/h	91	136	176	212	241	277	304	322	103	165	219	268	312	363	400	426		
Water pressure drop	kPa	2	4	6	8	9	11	13	14	1	3	4	6	7	9	11	12		
Water volume	l																		
Electric heater		230V ±10% - 1ph - 50Hz								230V ±10% - 1ph - 50Hz									
Maximum capacity	W	800								800									
Input current	A	3,7								3,7									
Low capacity	W	500								500									
Input current	A	2,3								2,3									
Sound levels																			
Supply air sound power level	dB(A)	31	41	48	53	56	59	62	64	32	42	48	53	57	60	63	65		
Radiated+sound power level	dB(A)	30	40	46	51	54	57	60	62	31	40	47	51	55	58	61	63		
Motor electrical data																			
Power input	W	4	8	13	22	38	59	82	86	4	8	13	21	34	53	73	86		
Current	A	0,043	0,063	0,094	0,147	0,223	0,335	0,447	0,553	0,043	0,063	0,094	0,147	0,223	0,335	0,447	0,553		
FCEER [energy class]	2-pipe	60	C							68	B								
FCCOP [energy class]	2-pipe	78	B							84	B								

Declared speeds: LS = Low Speed | MS = Medium Speed | HS = High Speed



Eurovent certified values

* Eurovent conditions: Air inlet = 27 °C (19 °C wb) – water inlet = 7 °C, ΔT 5K

** Eurovent conditions: Air inlet = 20 °C (15 °C wb max) – water inlet = 45 °C, ΔT 5K

*** Eurovent conditions: Air inlet = 20 °C (15 °C wb max) – water inlet = 65 °C, ΔT 10K

Figura I.14: Ficha técnica Carrier 42EP

SPECIFICATIONS FOR UNITS UNDER EUROVENT CONDITIONS

2 pipes application

Model	Speed	Voltage	Input Power	Air flow	Heating capacity	Pressure drop heating	Cooling capacity		Pressure drop cooling	Lw	LP	Comfort level (ISO or NR)	Average air temperature rise in K Auxiliary electric heater 230/1/50
		v	W	m³/h	W	kPa	Total W	Sensible W	kPa	dB(A)	dB(A)		
42KY10C-----	HS		45	440	2 000	12,8	1 700	1 550	10,7	49	37	32	
	MS		41	380	1 800	10,7	1 530	1 390	8,9	46	34	29	
	LS		34	235	1 350	6,3	1 190	1 030	5,5	37	25	19	
42KY19C-----	HS	4,9	17	440	2 070	13,0	1 700	1 550	10,5	49	37	32	
	MS	3,4	8	310	1 650	9,0	1 370	1 220	6,9	42	34	29	
	LS	2,5	5	235	1 400	7,0	1 190	1 040	5,3	37	25	19	
42KY20C-----	HS		45	420	2 700	17,2	2 600	2 030	18,7	51	39	34	
	MS		41	360	2 300	13,7	2 280	1 750	14,8	47	35	30	
	LS		34	215	1 550	7,0	1 580	1 150	7,6	35	23	18	
42KY29C-----	HS	4,9	17	420	2 700	17,2	2 590	2 020	18,4	51	39	34	
	MS	4,2	12	360	2 300	13,7	2 280	1 760	14,5	47	35	30	
	LS	2,5	5	215	1 550	7,0	1 580	1 150	7,3	35	23	18	
42KY20C--A-----	HS		45	420	2 390	11,4	2 050	1 800	9,9	51	39	34	900W (2R)
	MS		41	360	2 200	9,4	1 870	1 580	8,4	47	35	30	7,4
	LS		34	215	1 600	5,4	1 420	1 090	5,1	35	23	18	12,4
42KY29C--A-----	HS	4,9	17	420	2 390	11,6	2 040	1 790	9,7	51	39	34	900W (2R)
	MS	4,2	12	360	2 200	9,6	1 870	1 590	8,2	47	35	30	6,4
	LS	2,5	5	215	1 600	5,6	1 420	1 090	4,8	35	23	18	7,4
42KY30C-----	HS		77	660	4 150	23,5	4 340	3 260	29,5	58	46	40	
	MS		56	525	3 350	16,0	3 540	2 620	20,2	51	39	34	
	LS		40	405	2 600	10,3	2 840	2 070	13,3	45	33	27	
42KY39C-----	HS	6,7	38	660	4 150	23,5	4 350	3 270	29,1	58	46	40	
	MS	5,3	21	525	3 350	16,0	3 540	2 630	19,8	51	39	34	
	LS	3	6	290	1 900	6,0	2 210	1 570	8,6	38	26	19	
42KY30C--A-----	HS		77	660	4 050	19	3 833	3 009	9,9	58	46	40	1200W (2R)
	MS		56	525	3 300	13,1	3 169	2 442	8,4	51	39	34	5,4
	LS		40	405	2 720	8,8	2 600	1 955	5,1	45	33	27	6,8
42KY39C--A-----	HS	5,3	21	525	3 320	13,3	2 260	2 890	13,3	51	39	34	1200W (2R)
	MS	4,6	15	460	2 950	10,8	2 610	2 010	10,8	48	36	30	7,7
	LS	3	6	290	2 110	6,1	1 910	1 400	6,3	38	26	19	12,3

Figura I.15: Ficha técnica Carrier 42KY

7.4 - Physical and electrical data at Eurovent conditions - 42NH - Sizes 2 and 3

With G1 filter - without plenum

42NH		225			235			229				239				279			
Fan speed (Eurovent certification speeds)		R5 (L)	R2 (M)	R1 (H)	R5 (L)	R2 (M)	R1 (H)	2V (L)	7V (M)	8V (H)	10V (Max)	2V (L)	7V (M)	8V (H)	10V (Max)	2V (L)	6V (M)	7V (H)	10V (Max)
Air flow		i/s			i/s			i/s				i/s				i/s			
Available static pressure		m³/h			m³/h			m³/h				m³/h				m³/h			
Cooling mode, two pipes*		Pa			Pa			Pa				Pa				Pa			
Total cooling capacity		kW			kW			kW				kW				kW			
Sensible cooling capacity		kW			kW			kW				kW				kW			
Water flow rate		l/s			l/s			l/s				l/s				l/s			
		l/h			l/h			l/h				l/h				l/h			
Water pressure drop		kPa			kPa			kPa				kPa				kPa			
Water content		l			l			l				l				l			
Heating mode, two pipes**		kW			kW			kW				kW				kW			
Heating capacity		0.93 1.78 2.07			1.00 1.97 2.31			0.80 1.79 1.95 2.20				0.87 1.98 2.17 2.46				1.06 2.56 2.87 3.49			
Cooling mode, four pipes*																			
Total cooling capacity		kW			kW			kW				kW				kW			
Sensible cooling capacity		kW			kW			kW				kW				kW			
Water flow rate		l/s			l/s			l/s				l/s				l/s			
		l/h			l/h			l/h				l/h				l/h			
Water pressure drop		kPa			kPa			kPa				kPa				kPa			
Water content		l			l			l				l				l			
Heating mode, four pipes***																			
Heating capacity		kW			kW			kW				kW				kW			
Water flow rate		l/s			l/s			l/s				l/s				l/s			
		l/h			l/h			l/h				l/h				l/h			
Water pressure drop		kPa			kPa			kPa				kPa				kPa			
Water content		l			l			l				l				l			
Electric heater		230V ±10% - 1ph			230V ±10% - 1ph			230V ±10% - 1ph				230V ±10% - 1ph				230V ±10% - 1ph			
Maximum capacity		W			W			W				W				W			
Current drawn		A			A			A				A				A			
Sound levels																			
Sound power level (return and radiated)		dB(A)			dB(A)			dB(A)				dB(A)				dB(A)			
Sound power level (supply)		dB(A)			dB(A)			dB(A)				dB(A)				dB(A)			
Electrical data, motor																			
Power input		W			W			W				W				W			
Current drawn		A			A			A				A				A			
FCEER [energy class] - 2 pipes		40 [D]			45 [C]			98 [A]				112 [A]				100 [A]			
FCCOP [energy class]		57 [C]			62 [B]			144 [A]				157 [A]				141 [A]			
FCEER [energy class] - 4 pipes		35 [D]			40 [C]			86 [A]				106 [A]				78 [B]			
FCCOP [energy class]		64 [B]			68 [B]			162 [A]				182 [A]				147 [A]			

Figura I.16: Ficha técnica Carrier 42NH

42NH	325	335	329	339
Fan speed (Eurovent certification speeds)	R5 (L) (M) (H) (Max)	R5 (L) (M) (H) (Max)	2V (L) (M) (H) (Max)	339 (L) (M) (H) (Max)
Air flow	55 197 14	79 284 30	102 366 50	131 471 83
Available static pressure	1.05 0.87 0.05 180 5 0.7	1.40 1.19 0.07 240 9 2.14 2.62 3.15 3.61	1.70 1.46 0.08 290 13 2.66 2.03 0.10 350 18 3.15 3.84 4.51	2.35 2.09 0.11 400 23 3.14 2.56 0.15 540 31 4.51
Cooling mode, two pipes*				
Total cooling capacity	1.22	1.70	2.14	2.66
Sensible cooling capacity	1.34	1.70	2.14	2.56
Water flow rate	0.06	0.08	0.10	0.13
Water pressure drop	210	290	370	460
Water content	5	9	15	23
Heating mode, two pipes**				
Heating capacity	1.57	2.14	2.62	3.15
Cooling mode, four pipes*				
Total cooling capacity	1.26	1.71	2.09	2.51
Sensible cooling capacity	0.97	1.34	1.66	2.03
Water flow rate	0.06	0.08	0.10	0.12
Water pressure drop	220	290	360	430
Water content	7	14	20	28
Heating mode, four pipes***				
Heating capacity	1.94	2.64	3.21	3.77
Water flow rate	0.05	0.06	0.08	0.09
Water pressure drop	170	230	280	330
Water content	7	11	16	21
Electric heater				
Maximum capacity	230V ±10% - 1ph	230V ±10% - 1ph	230V ±10% - 1ph	230V ±10% - 1ph
Current drawn	1600	1600	1600	1600
Sound levels				
Sound power level (return and radiated)	42	45	49	55
Sound power level (supply)	46	48	54	60
Electrical data, motor				
Power input	109	126	146	168
Current drawn	0.50	0.57	0.65	0.75
FCEER [energy class] - 2 pipes	11 [E]	14 [E]	16 [E]	19 [E]
FCCOP [energy class]	17 [E]	20 [E]	24 [E]	28 [E]
FCEER [energy class] - 4 pipes				
FCCOP [energy class]				

Fan speed: L = Low, M = Medium, H = High



Eurovent certified values

- * Eurovent conditions: Entering air temperature = 27°C db/47% rh - entering water temperature = 7°C, water temperature difference = 5 K.
 ** Eurovent conditions: Entering air temperature = 20°C, entering water temperature = 50°C, same water flow rate as in cooling.
 *** Eurovent conditions: Entering air temperature = 20°C, entering water temperature = 70°C, water temperature difference = 10 K.

Figura I.17: Ficha técnica Carrier 42NH

With G1 filter - without plenum

42NH	425	435
Fan speed (Eurovent certification speeds)	R5 (L) (M) (H) (Max)	R5 (L) (M) (H) (Max)
Air flow	104 375 24	149 537 50
Available static pressure	2.02 1.65 0.10 350 10 1.0	2.75 2.26 0.13 470 18 2.39 2.66 0.15 550 23 3.19 3.39 0.16 600 25 5.04 5.23
Cooling mode, two pipes*		
Total cooling capacity	2.21	3.20
Sensible cooling capacity	1.76	2.52
Water flow rate	0.11	0.15
Water pressure drop	380	550
Water content	10	21
Heating mode, two pipes**		
Heating capacity	2.79	3.95
Cooling mode, four pipes*		
Total cooling capacity	2.10	2.84
Sensible cooling capacity	1.70	2.33
Water flow rate	0.10	0.14
Water pressure drop	360	490
Water content	9	24
Heating mode, four pipes***		
Heating capacity	2.89	4.20
Water flow rate	0.07	0.10
Water pressure drop	250	370
Water content	15	29
Electric heater		
Maximum capacity	230V ±10% - 1ph	230V ±10% - 1ph
Current drawn	2000	2000
Sound levels		
Sound power level (return and radiated)	44	51
Sound power level (supply)	47	54
Electrical data, motor		
Power input	83	91
Current drawn	0.43	0.51
FCEER [energy class] - 2 pipes	27 [D]	30 [D]
FCCOP [energy class]	37 [D]	43 [C]
FCEER [energy class] - 4 pipes		
FCCOP [energy class]		

Figura I.18: Ficha técnica Carrier 42NH

With G1 filter - without plenum

42NH	635					645					639				649				
Fan speed (Eurovent certification speeds)	R5	R4	R3	R2	R1	R5	R4	R3	R2	R1	2V	6V	7V	10V	2V	7V	8V	10V	
	(L)	(M)	(H)	(H)	(Max)	(L)	(M)	(H)	(H)	(Max)	(L)	(M)	(H)	(Max)	(L)	(M)	(H)	(Max)	
Air flow	l/s	200	298	397	460	499	200	298	397	460	499	102	269	303	389	111	327	364	425
	m³/h	720	1072	1428	1657	1796	720	1072	1428	1657	1796	368	967	1089	1400	399	1176	1310	1531
Available static pressure	Pa	13	28	50	67	79	13	28	50	67	79	7	50	63	105	6	50	62	85
Cooling mode, two pipes*																			
Total cooling capacity	kW	4.22	6.04	7.55	8.33	8.77	4.77	7.03	8.86	9.79	10.28	2.18	5.52	6.11	7.45	2.45	7.62	8.31	9.29
Sensible cooling capacity	kW	3.36	4.85	6.18	6.92	7.36	3.63	5.37	6.90	7.75	8.23	1.74	4.42	4.91	6.08	1.93	5.84	6.42	7.29
Water flow rate	l/s	0.20	0.29	0.36	0.40	0.42	0.23	0.34	0.42	0.47	0.49	0.11	0.26	0.29	0.36	0.12	0.36	0.40	0.44
	l/h	730	1040	1300	1430	1510	820	1210	1520	1680	1770	380	950	1050	1280	420	1310	1430	1600
Water pressure drop	kPa	11	23	34	40	44	11	24	38	44	48	3	19	24	33	4	28	34	40
Water content	l	1.5					2					1.5				2			
Heating mode, two pipes**																			
Heating capacity	kW	6.09	8.83	11.29	12.66	13.40	6.57	9.69	12.45	13.95	14.75	3.14	8.04	8.95	11.11	3.47	10.55	11.59	13.15
Cooling mode, four pipes*																			
Total cooling capacity	kW						3.99	5.61	6.87	7.47	7.82					2.09	5.68	6.16	6.78
Sensible cooling capacity	kW						3.24	4.63	5.80	6.43	6.80					1.70	4.69	5.12	5.72
Water flow rate	l/s						0.19	0.27	0.33	0.36	0.37					0.10	0.27	0.29	0.33
	l/h						690	960	1180	1280	1340					360	980	1060	1170
Water pressure drop	kPa						10	20	29	34	36					3	20	24	29
Water content	l						1.3									1.3			
Heating mode, four pipes***																			
Heating capacity	kW						5.67	7.82	9.27	9.88	10.17					2.93	7.90	8.48	9.18
Water flow rate	l/s						0.14	0.19	0.23	0.24	0.25					0.07	0.19	0.21	0.23
	l/h						500	690	810	870	890					260	690	750	810
Water pressure drop	kPa						7	12	17	19	20					2	13	14	16
Water content	l						0.7									0.7			
Electric heater																			
Maximum capacity	W	230V ±10% - 1ph					230V ±10% - 1ph					230V ±10% - 1ph				230V ±10% - 1ph			
Current drawn	A	3200					3200					3200				3200			
		14.6					14.6					14.6				14.6			
Sound levels																			
Sound power level (return and radiated)	dB(A)	50	56	58	61	62	50	56	58	61	62	39	62	64	70	39	64	67	70
Sound power level (supply)	dB(A)	50	59	62	65	66	50	59	62	65	66	45	58	61	68	45	61	64	68
Electrical data, motor																			
Power input	W	185	217	225	242	286	185	217	225	242	286	9	76	106	222	9	111	153	233
Current drawn	A	0.96	1.11	1.28	1.38	1.55	0.96	1.11	1.28	1.38	1.55	0.09	0.71	1.02	2.01	0.09	0.71	1.02	2.01
FCEER [energy class] - 2 pipes		30	[D]				35	[D]				100	[A]			92	[A]		
FCCOP [energy class]		44	[C]				48	[C]				152	[A]			135	[A]		
FCEER [energy class] - 4 pipes							28	[D]								72	[B]		
FCCOP [energy class]							38	[D]								107	[A]		

Figura I.19: Ficha técnica Carrier 42NH

Sizing result

Type CR 5-8
Quantity 1
Motor 1.1 kW

Flow	5522	l/h
Head	216	kPa
Power P1	0.672	kW
Power P2 required in the duty point	0.533	kW
Eta pump	62.1	%
Eta motor	79.4	%
Eta pump+motor	49.4	% =Eta pump * Eta motor
Eta total	49.4	% =Eta relative to the duty point
Energy consumption	663	kWh/year
CO2 emission	215	kg/Year
Price	2.856,00	
Life cycle cost	6351	EUR /15Years

Figura I.20: Dados do dimensionamento da Bomba CR 5-8 A-A-A-E-HQQE

Sizing result		
Type	MAGNA3 25-100	
Quantity	1	
Motor		
Flow	2112	l/h
Head	81.01	kPa
Power P1	0.107	kW
Eta pump+motor	44.4	% =Eta pump * Eta motor
Eta total	44.4	% =Eta relative to the duty point
Energy consumption	197	kWh/year
CO2 emission	64	kg/Year
Price	1.604,00	
Life cycle cost	2643	EUR /15Years

Figura I.21: Dados do dimensionamento da Bomba MAGNA3 25-100