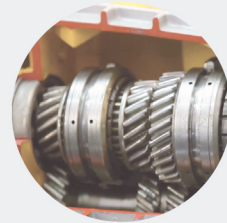




DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA PARA INTRODUÇÃO DE SISTEMAS AVAC NO ENERGYPLUS?

JOANA ISABEL DE FARIA CARDOSO DA SILVA

setembro de 2020



DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA PARA INTRODUÇÃO DE SISTEMAS AVAC NO ENERGYPLUS

JOANA ISABEL DE FARIA CARDOSO DA SILVA

Junho de 2020

DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA PARA INTRODUÇÃO DE SISTEMAS AVAC NO ENERGYPLUS™

Joana Isabel de Faria Cardoso da Silva
1180137

2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA PARA INTRODUÇÃO DE SISTEMAS AVAC NO ENERGYPLUS™

Joana Isabel de Faria Cardoso da Silva
1180137

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação da Professora Doutora Olga Castro

2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

JÚRI

Presidente

<Grau Académico e Nome>

<Categoria, Instituição>

Orientador

Professora Doutora Olga Castro

Professora adjunta, DEM, ISEP - Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

<Grau Académico e Nome>

<Categoria, Instituição>

AGRADECIMENTOS

A presente dissertação não teria sido possível sem o apoio de várias pessoas, que de uma forma ou de outra, me ajudaram a ultrapassar todos os obstáculos e concluir esta etapa.

Gostaria de agradecer à Professora Doutora Olga Castro pela orientação e disponibilidade e ao Eng^o Nuno Enes por acreditar sempre nas minhas capacidades, por todo o apoio nos últimos 10 anos e por me possibilitar dispor de tempo para este mestrado.

Aos meus colegas de trabalho, em especial ao João Pinto pelas explicações e ao Hélder Moreira por ajudar na revisão da dissertação.

À família e amigos por todos os pequenos e grandes momentos, pelos convívios, discussões construtivas e gargalhadas, pessoalmente ou por videoconferência, por me ajudarem a manter a alegria e a sanidade mental.

À Daniela, ao Bruno, ao Miguel e à Clara pelo apoio e amizade de tantos anos e por melhorarem os meus dias.

À Rita e ao Marco que apesar de estarem longe, estão sempre perto.

Aos meus pais por todo o esforço, valores e princípios, que fazem de mim aquilo que sou hoje.

Ao Hugo pelo amor, respeito, compreensão, paciência e apoio incondicional em todos os momentos, especialmente os momentos mais difíceis.

PALAVRAS CHAVE

Modelação energética de edifícios, EnergyPlus™, sistemas AVAC, Excel/VBA

RESUMO

O conceito de sustentabilidade assenta na integração equilibrada das três dimensões do desenvolvimento sustentável: social, ambiental e económica. Esta integração procura otimizar a relação entre a qualidade de vida da comunidade com o meio ambiente onde se insere, a utilização racional dos recursos naturais e a redução das emissões de CO₂, sem descuidar o investimento necessário e os custos operacionais.

A possibilidade de prever o comportamento de um edifício durante a sua vida útil revela-se de uma importância crucial no processo de tomada de decisão das soluções a implementar. Estas soluções devem tirar partido da solução de arquitetura, integrando conceitos de engenharia que assentam em soluções simples, mas energeticamente eficientes, assegurando os níveis de conforto térmico, a qualidade do ar interior e a utilização e operação normal do edifício.

A modelação dinâmica multizona é uma ferramenta fundamental no estudo do comportamento térmico e energético dos edifícios, tanto na conceção de edifícios novos como na análise de desempenho dos edifícios existentes. Permite avaliar o desempenho de diferentes soluções e tecnologias, sem a construção física efetiva, conduzindo a uma tomada de decisão consciente, tendo em conta os possíveis constrangimentos e o fim a que o edifício se destina.

O EnergyPlus™ é um programa de simulação dinâmica detalhada de edifícios utilizado em larga escala a nível mundial, onde a criação da geometria do edifício, caracterização dos elementos construtivos e definição sistemas técnicos na *interface IDF-Editor* do EnergyPlus™ pode ser um processo moroso e complexo.

Com o objetivo de facilitar o processo de definição dos sistemas técnicos no EnergyPlus™, foi desenvolvida uma ferramenta onde os dados dos sistemas são especificados numa folha de cálculo excel e através de programação VBA, é criado um ficheiro de texto onde esses mesmos dados são organizados e estruturados de modo a que o *IDF-Editor* do EnergyPlus™ os consiga ler e preencher os respetivos campos.

A ferramenta desenvolvida integra todos os objetivos propostos e foi validada através do ficheiro obtido no DesignBuilder e por comparação com casos reais. A ferramenta revela grande potencial como ferramenta auxiliar para a modelação energética, permitindo uma maior rapidez na definição dos sistemas AVAC e diminuiu a probabilidade de erros na introdução manual dos valores.

KEYWORDS

Building energy modeling, EnergyPlus™, HVACsystems, Excel/VBA

ABSTRACT

The concept of sustainability is based on the integrated balance of the three dimensions of sustainable development: social, environmental and economics. This integration seeks to optimize the relation between the quality of life of a community with the surrounding environment, optimize the use of natural resources and reduction of CO2 emissions, without neglecting the necessary investment and operational costs.

The possibility of predicting the behavior of a building during its useful life is crucial in the decision-making process of selecting the best solutions to be implemented. These solutions should take advantage of the architectural solution, integrating engineering concepts that are based on simple but energy efficient solutions, ensuring the levels of thermal comfort, indoor air quality and the normal use and operation of the building.

Multizone building modeling is a fundamental tool to study thermal and energy behavior of buildings, both in designing new buildings and analyzing the performance of existing buildings. It allows to evaluate the performance of different solutions and technologies without the effective construction, leading to a conscious decision making and considering the possible constraints and the main purpose of the building.

EnergyPlus™ is a detailed dynamic building simulation program used on large scale worldwide. The creation of building geometry, characterization of construction elements and definition of technical systems in the EnergyPlus™ IDF-Editor interface can be a time consuming and complex process.

In order to assist the definition of HVAC systems in EnergyPlus™, a tool was developed. HVAC system data is specified in an excel spreadsheet and using VBA programming a text file is created where this same information is organized and structured so that the EnergyPlus™ IDF-Editor can read it and fill out the respective fields.

The developed tool integrates all the proposed objectives and was validated through the file obtained in DesignBuilder and by comparison with real cases. The tool reveals great potential as an auxiliary tool for energy modeling, allowing faster definition of HVAC systems and reducing the likelihood of errors in the manual entry of values.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

ABEMAT	<i>Automated Building Energy Modeling and Assessment Tool</i>
AQS	Água Quente Sanitária
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
BTO	<i>Building Technologies Office</i>
BLAST	<i>Building Loads Analysis and System Thermodynamics</i>
CAV	<i>Constant Air Volume</i>
CFD	<i>Computed Fluid Dynamics</i>
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
COP	<i>Coefficient of Performance</i>
DOE	<i>U.S. Department of Energy</i>
DPI	Densidade de potência de iluminação
EER	<i>Energy Efficiency Ratio</i>
EIR	<i>Energy Input Ratio</i>
FCU	<i>Fan Coil Unit</i>
HVAC	Heating, Ventilation and Air Conditioning
LBNL	<i>Lawrence Berkeley National Laboratory</i>
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
LCA	<i>Life-cycle analysis</i>
LCC	<i>Life cycle cost</i>
NO _x	Óxidos de nitrogénio
NREL	<i>National Renewable Energy Laboratory</i>
NUTS	Nomenclatura das Unidades Territoriais para fins Estatísticos
NZEB	<i>Nearly Zero Energy Buildings</i>
OSU	<i>Oklahoma State University</i>
PTAC	<i>Packaged terminal air conditioner</i>
PTHP	<i>Packaged terminal air-to-air heat pump</i>
PIU	<i>Powered Induction Unit</i>

RECS	Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços
REH	Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
SCE	Sistema de Certificação Energética dos Edifício
SOx	Óxidos de enxofre
UI	<i>University of Illinois</i>
UTA	Unidade de Tratamento de Ar
UTAN	Unidade de Tratamento de Ar Novo
VAV	<i>Variable Air Volume</i>
VBA	<i>Visual Basic for Applications</i>
VC	Ventiloconvector
VRF	<i>Variable Refrigerant Flow</i>
VRV	Volume de Refrigerante Variável

Lista de Unidades

°C	Temperatura
%	Percentagem
lux	Iluminância
m	Comprimento
m ²	Área
m ³ /h	Caudal
W/m ²	Densidade
W/(m ² .°C)	Coefficiente de transferência de calor
W/m ² /100 lux	Densidade de potência de iluminação

Lista de Símbolos

ϵ_v	Eficácia de ventilação
g	Fator solar
g_T	Fator solar do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar, permanentes ou móveis, totalmente ativados

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – DISTRIBUIÇÃO DOS CONSUMOS GLOBAIS DE ENERGIA E EMISSÕES DE CO ₂ (2018 GLOBAL STATUS REPORT: TOWARDS A ZERO-EMISSION, EFFICIENT AND RESILIENT BUILDINGS AND CONSTRUCTION SECTOR, 2018)]	1
FIGURA 2 – METODOLOGIA DE CRIAÇÃO DOS MODELOS DE SIMULAÇÃO PARA COMPARAÇÃO	5
FIGURA 3 – INTERAÇÕES DINÂMICAS DOS SUBSISTEMAS DOS EDIFÍCIOS EM CONSTANTE MUDANÇA (HENSEN; LAMBERTS, 2011)	9
FIGURA 4 – ESTRUTURA DO ENERGYPLUS™ (CRAWLEY; LAWRIE; WINKELMANN; BUHL <i>ET AL.</i> , 2001)	14
FIGURA 5 – RESULTADOS DOS TESTES COMPARATIVOS OBTIDOS PELA VERSÃO 1.0 DO ENERGYPLUS™ COM OUTROS PROGRAMAS SEMELHANTES (CRAWLEY; LAWRIE; WINKELMANN; BUHL <i>ET AL.</i> , 2001)	15
FIGURA 6 – GESTOR DE SIMULAÇÃO INTEGRADO (CRAWLEY; LAWRIE; WINKELMANN; BUHL <i>ET AL.</i> , 2001)	18
FIGURA 7 – ESQUEMA DA SOLUÇÃO SIMULTÂNEA (ENERGYPLUS™ VERSION 9.2.0 DOCUMENTATION - ENGINEERING REFERENCE, 2019, P. 26)	18
FIGURA 8 – EXEMPLO DE UM DIAGRAMA COM “NÓS” (ENERGYPLUS™ VERSION 9.2.0 DOCUMENTATION - ENERGYPLUS ESSENTIALS, 2019, P. 48)	23
FIGURA 9 – MÓDULO DOS EQUIPAMENTOS DE ZONA (CRAWLEY; LAWRIE; WINKELMANN; BUHL <i>ET AL.</i> , 2001)	25
FIGURA 10 – EXEMPLO DE UM CIRCUITO DE PRODUÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA (CRAWLEY; LAWRIE; WINKELMANN; BUHL <i>ET AL.</i> , 2001)	26
FIGURA 11 – DIAGRAMA DE UM CIRCUITO DE AQUECIMENTO UTILIZANDO A METODOLOGIA <i>DETAILED HVAC</i> (ENERGYPLUS™ VERSION 9.2.0 DOCUMENTATION - ENERGYPLUS ESSENTIALS, 2019, P. 49)	26
FIGURA 12 – PROGRAMAS E FERRAMENTAS BASEADOS NO ENERGYPLUS™ (HTTPS://WWW.ENERGY.GOV/EERE/BUILDINGS/DOWNLOADS/ENERGYPLUS-0)	28
FIGURA 13 – HF IPANEMA PARK (IMAGEM REAL) - (ENES CONSULTING ENGINEERING)	30
FIGURA 14 – HF IPANEMA PARK (MODELO DESIGNBUILDER) - (ENES CONSULTING ENGINEERING)	30
FIGURA 15 – HOTEL THE YEATMAN (IMAGEM REAL) - (HTTPS://OTURISMO.PT/OTURISMO/34116-A-CONDE-NAST-TRAVELER-CONSIDERA-THE-YEATMAN-UM-DOS-CINCO-MELHORES-HOTEIS-DE-ESPANHA-PORTUGAL.HTML)	30
FIGURA 16 – HOTEL THE YEATMAN (MODELO DESIGNBUILDER) - (ENES CONSULTING ENGINEERING)	31
FIGURA 17 – HOSPITAL PEDIÁTRICO DE COIMBRA (IMAGEM REAL) - (ENES CONSULTING ENGINEERING)	31
FIGURA 18 – HOSPITAL PEDIÁTRICO DE COIMBRA (MODELO DESIGNBUILDER) - (ENES CONSULTING ENGINEERING)	31
FIGURA 19 – EXEMPLO DE SISTEMA AVAC NO DESIGNBUILDER (HTTPS://DESIGNBUILDER.CO.UK/HELPAV3.4/CONTENT/DETAILED_HVAC/DETAILED_HVAC.HTM)	33
FIGURA 20 – INTERFACE DA FERRAMENTA <i>CURVEFITTOOL</i> (ENERGYPLUS™ VERSION 9.2.0 DOCUMENTATION - AUXILIARY PROGRAMS, 2019)	36

FIGURA 21 – <i>PRINT SCREEN</i> DA FERRAMENTA ATUAL (DADOS GERAIS, PRODUÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA E UNIDADES DE TRATAMENTO DE AR)	43
FIGURA 22 – <i>PRINT SCREEN</i> DA FERRAMENTA ATUAL (ZONAS TÉRMICAS)	43
FIGURA 23 – DADOS CLIMÁTICOS PARA O CONCELHO DO PORTO (ALTITUDE DE 94 M)	46
FIGURA 24 – MODELO GEOMÉTRICO TRIDIMENSIONAL	47
FIGURA 25 – ZONAMENTO TÉRMICO	47
FIGURA 26 – PERFIL DE OCUPAÇÃO	49
FIGURA 27 – PERFIL DE FUNCIONAMENTO DE ILUMINAÇÃO	49
FIGURA 28 – PERFIL DE FUNCIONAMENTO DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS	49
FIGURA 29 – MODELOS PRÉ-DEFINIDOS DE SISTEMAS AVAC EXISTENTES NO DESIGNBUILDER	52
FIGURA 30 – EXEMPLO DE UM MODELO PRÉ-DEFINIDO NO DESIGNBUILDER	53
FIGURA 31 – LISTAGEM DOS COMPONENTES PRINCIPAIS EXISTENTES	53
FIGURA 32 – SISTEMAS DE AVAC DEFINIDOS NO MODELO DE SIMULAÇÃO EM ESTUDO	56
FIGURA 33 – SISTEMA AVAC EXCLUSIVO DO PISO 0	57
FIGURA 34 – SISTEMA AVAC EXCLUSIVO DO PISO 1	58
FIGURA 35 – SISTEMA AVAC EXCLUSIVO DO PISO 2	59
FIGURA 36 – SISTEMA AVAC EXCLUSIVO DO PISO 3	60
FIGURA 37 – SISTEMA AVAC EXCLUSIVO DO PISO 4	61
FIGURA 38 – SISTEMA AVAC EXCLUSIVO DO PISO 5	62
FIGURA 39 – SISTEMA AVAC EXCLUSIVO DO PISO 6	63
FIGURA 40 – SISTEMA AVAC EXCLUSIVO DO PISO 7	64
FIGURA 41 – APLICAÇÃO <i>EP-LAUNCH</i>	65
FIGURA 42 – APLICAÇÃO <i>IDF-EDITOR</i>	66
FIGURA 43 – APLICAÇÃO <i>IDF-EDITOR</i> (APENAS SUBCLASSES COM <i>OBJECTS</i>)	67
FIGURA 44 – <i>OBJECT</i> PRINCIPAL DO VENTILOCONVECTOR DA ZONA <i>P0:NO</i> NO <i>IDF-EDITOR</i>	68
FIGURA 45 – <i>OBJECT</i> PRINCIPAL DO VENTILOCONVECTOR DA ZONA <i>P0:NO</i> NO FICHEIRO DE TEXTO	68
FIGURA 46 – APLICAÇÃO <i>IDF-EDITOR</i> (<i>OBJECTS</i> REFERENTES AOS SISTEMAS AVAC)	69
FIGURA 47 – FOLHA DE CÁLCULO PARA INSERIR OS DADOS	72
FIGURA 48 – FOLHA DE CÁLCULO PARA INSERIR OS DADOS (ZONAS TÉRMICAS)	73
FIGURA 49 – DECLARAÇÃO DE VARIÁVEIS	74
FIGURA 50 – SUB-ROTINA <i>PRINCIPAL</i>	75
FIGURA 51 – CÓDIGO PARA OBTENÇÃO OS DADOS REFERENTES ÀS UNIDADES PRINCIPAIS DE VENTILAÇÃO	76
FIGURA 52 – <i>OBJECT</i> NO <i>IDF-EDITOR</i> REFERENTE À UNIDADE DO TIPO <i>SPLIT</i> DA ZONA <i>P6:NO</i>	77
FIGURA 53 – <i>OBJECT</i> NO FICHEIRO DE TEXTO DO FICHEIRO <i>.IDF</i> REFERENTE À UNIDADE DO TIPO <i>SPLIT</i> DA ZONA <i>P6:NO</i>	77
FIGURA 54 – CÓDIGO PARA ESCRITA DO <i>OBJECT</i> REFERENTE À UNIDADE DO TIPO <i>SPLIT</i> DA ZONA <i>P6:NO</i>	78
FIGURA 55 – <i>OBJECTS</i> NO <i>IDF-EDITOR</i> REFERENTES ÀS TEMPERATURAS DE IDA EM AQUECIMENTO E ARREFECIMENTO DA CALDEIRA, <i>CHILLER</i> E <i>CHILLER</i> BOMBA DE CALOR	78
FIGURA 56 – <i>OBJECTS</i> NO FICHEIRO DE TEXTO DO FICHEIRO <i>.IDF</i> REFERENTES ÀS TEMPERATURAS DE IDA EM AQUECIMENTO E ARREFECIMENTO DA CALDEIRA, <i>CHILLER</i> E <i>CHILLER</i> BOMBA DE CALOR	78

FIGURA 57 – CÓDIGO PARA ESCRITA DO <i>OBJECTS</i> REFERENTES ÀS TEMPERATURAS DE IDA EM AQUECIMENTO E ARREFECIMENTO DA CALDEIRA, <i>CHILLER</i> E <i>CHILLER</i> BOMBA DE CALOR	79
FIGURA 58 – FOLHA DE CÁLCULO DOS PARÂMETROS REFERENTES ÀS CURVAS CARACTERÍSTICAS DOS <i>CHILLERS</i>	80
FIGURA 59 – <i>OBJECTS</i> NO <i>IDF-EDITOR</i> REFERENTES A 2 DAS 3 CURVAS CARACTERÍSTICAS DO <i>CHILLER</i>	81
FIGURA 60 – <i>OBJECTS</i> NO FICHEIRO DE TEXTO DO FICHEIRO <i>.IDF</i> REFERENTES A 2 DAS 3 CURVAS CARACTERÍSTICAS DO <i>CHILLER</i>	81
FIGURA 61 – CÓDIGO PARA ESCRITA DO <i>OBJECTS</i> REFERENTES 2 DAS 3 CURVAS CARACTERÍSTICAS DO <i>CHILLER</i>	82
FIGURA 62 – EVOLUÇÃO DOS CONSUMOS MEDIDOS E OBTIDOS POR SIMULAÇÃO	87
FIGURA 63 – CONSUMOS MENSIS DE ELETRICIDADE FATURADOS E OBTIDOS POR SIMULAÇÃO	88
FIGURA 64 – DESAGREGAÇÃO DOS CONSUMOS DE ELETRICIDADE OBTIDOS POR SIMULAÇÃO	89
FIGURA 65 – CONSUMOS MENSIS DE GÁS NATURAL FATURADOS E OBTIDOS POR SIMULAÇÃO	89
FIGURA 66 – EVOLUÇÃO DOS CONSUMOS MEDIDOS E OBTIDOS POR SIMULAÇÃO	95
FIGURA 67 – CONSUMOS MENSIS DE ELETRICIDADE FATURADOS E OBTIDOS POR SIMULAÇÃO	96
FIGURA 68 – DESAGREGAÇÃO DOS CONSUMOS DE ELETRICIDADE OBTIDOS POR SIMULAÇÃO	96
FIGURA 69 – CONSUMOS MENSIS DE GÁS NATURAL FATURADOS E OBTIDOS POR SIMULAÇÃO	97
FIGURA 70 – DESAGREGAÇÃO DOS CONSUMOS DE GÁS NATURAL OBTIDOS POR SIMULAÇÃO	97
FIGURA 71 – EVOLUÇÃO DOS CONSUMOS MEDIDOS E OBTIDOS POR SIMULAÇÃO	101
FIGURA 72 – CONSUMOS MENSIS DE ELETRICIDADE FATURADOS E OBTIDOS POR SIMULAÇÃO	102
FIGURA 73 – DESAGREGAÇÃO DOS CONSUMOS DE ELETRICIDADE OBTIDOS POR SIMULAÇÃO	103
FIGURA 74 – CONSUMOS MENSIS DE GÁS NATURAL FATURADOS E OBTIDOS POR SIMULAÇÃO	103
FIGURA 75 – EVOLUÇÃO DOS CONSUMOS MEDIDOS E OBTIDOS POR SIMULAÇÃO	107
FIGURA 76 – CONSUMOS MENSIS DE ELETRICIDADE FATURADOS E OBTIDOS POR SIMULAÇÃO	108
FIGURA 77 – DESAGREGAÇÃO DOS CONSUMOS DE ELETRICIDADE OBTIDOS POR SIMULAÇÃO	109

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – PRINCIPAIS RESULTADOS DOS TESTES REALIZADOS DE ACORDO COM A NORMA ANSI/ASHRAE 140-2011	20
TABELA 2 – DIVISÃO DO SISTEMA AVAC (ENERGYPLUS™ VERSION 9.2.0 DOCUMENTATION - ENERGYPLUS ESSENTIALS, 2019, P. 48-49)	24
TABELA 3 – EXEMPLOS DOS TIPOS DE CURVAS DE DESEMPENHO POSSÍVEIS (ENERGYPLUS™ VERSION 9.2.0 DOCUMENTATION - AUXILIARY PROGRAMS, 2019)	35
TABELA 4 – VALORES DE REFERÊNCIA	48
TABELA 5 – CARGAS INTERNAS	48
TABELA 6 – CAUDAL DE AR NOVO POR ZONA TÉRMICA	50
TABELA 7 – VALORES MÍNIMOS DE EFICIÊNCIA	51
TABELA 8 – COMPONENTES AO NÍVEL DAS ZONAS TÉRMICAS	54
TABELA 9 – RESUMO DOS SISTEMAS AVAC DEFINIDOS NO MODELO DE SIMULAÇÃO	55
TABELA 10 – NECESSIDADES DE AQUECIMENTO OBTIDAS NOS 2 MÉTODOS DE DEFINIÇÃO DOS SISTEMAS AVAC	83
TABELA 11 – NECESSIDADES DE ARREFECIMENTO OBTIDAS NOS 2 MÉTODOS DE DEFINIÇÃO DOS SISTEMAS AVAC	84
TABELA 12 – CONSUMO GLOBAL DE ELETRICIDADE E GÁS	84
TABELA 13 – COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA DA ENVOLVENTE OPACA	85
TABELA 14 – CARACTERÍSTICAS DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS	85
TABELA 15 – CARACTERÍSTICAS DOS VENTILADORES	86
TABELA 16 – CARACTERÍSTICAS DAS UNIDADES EXTERIORES DE CLIMATIZAÇÃO DO TIPO VRV	86
TABELA 17 – CARGAS INTERNAS	87
TABELA 18 – CONSUMOS MENSIS DE ELETRICIDADE E GÁS NATURAL FATURADOS E OBTIDOS POR SIMULAÇÃO	88
TABELA 19 – COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA DA ENVOLVENTE OPACA	90
TABELA 20 – CARACTERÍSTICAS DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS	91
TABELA 21 – CARACTERÍSTICAS DAS UNIDADES DE TRATAMENTO DE AR	91
TABELA 22 – CARACTERÍSTICAS DOS VENTILADORES	92
TABELA 23 – CARACTERÍSTICAS DAS UNIDADES EXTERIORES DE CLIMATIZAÇÃO	93
TABELA 24 – CARGAS INTERNAS	94
TABELA 25 – CONSUMOS MENSIS DE ELETRICIDADE E GÁS NATURAL FATURADOS E OBTIDOS POR SIMULAÇÃO	95
TABELA 26 – COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA DA ENVOLVENTE OPACA	98
TABELA 27 – CARACTERÍSTICAS DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS	98
TABELA 28 – CARACTERÍSTICAS DAS UNIDADES DO TIPO <i>ROOFTOP</i>	99
TABELA 29 – CARACTERÍSTICAS DOS VENTILADORES	99
TABELA 30 – CARACTERÍSTICAS DAS UNIDADES EXTERIORES DE CLIMATIZAÇÃO DO TIPO <i>SPLIT</i>	100
TABELA 31 – CARGAS INTERNAS	101

TABELA 32 – CONSUMOS MENSIS DE ELETRICIDADE E GÁS NATURAL FATURADOS E OBTIDOS POR SIMULAÇÃO	102
TABELA 33 – COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA DA ENVOLVENTE OPACA	104
TABELA 34 – CARACTERÍSTICAS DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS	104
TABELA 35 – CARACTERÍSTICAS DAS UNIDADES DO TIPO <i>ROOFTOP</i>	105
TABELA 36 – CARACTERÍSTICAS DA UNIDADE RECUPERADORA	105
TABELA 37 – CARACTERÍSTICAS DOS VENTILADORES	105
TABELA 38 – CARACTERÍSTICAS DAS UNIDADES EXTERIORES DE CLIMATIZAÇÃO DO TIPO <i>SPLIT</i>	106
TABELA 39 – CARGAS INTERNAS	107
TABELA 40 – CONSUMOS MENSIS DE ELETRICIDADE FATURADOS E OBTIDOS POR SIMULAÇÃO	108
TABELA 41 – PRODUÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA (CALDEIRA E <i>CHILLER</i>)	125
TABELA 42 – UNIDADE DE TRATAMENTO DE AR (PISO 0)	126
TABELA 43 – ZONAS TÉRMICAS (PISO 0)	129
TABELA 44 – UNIDADE DE TRATAMENTO DE AR (PISO 1)	132
TABELA 45 – ZONAS TÉRMICAS (PISO 1)	134
TABELA 46 – UNIDADE DE TRATAMENTO DE AR (PISO 2)	136
TABELA 47 – ZONAS TÉRMICAS (PISO 2)	139
TABELA 48 – PRODUÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA (<i>CHILLER</i> BOMBA DE CALOR)	142
TABELA 49 – UNIDADE DE TRATAMENTO DE AR (PISO 3)	145
TABELA 50 – ZONAS TÉRMICAS (PISO 3)	148
TABELA 51 – UNIDADE DE TRATAMENTO DE AR (PISO 4)	150
TABELA 52 – ZONAS TÉRMICAS (PISO 4)	153
TABELA 53 – VENTILADOR DE INSUFLAÇÃO (PISO 5)	156
TABELA 54 – VRV - UNIDADE EXTERIOR (PISO 5)	157
TABELA 55 – ZONAS TÉRMICAS (PISO 5)	158
TABELA 56 – <i>ROOFTOP</i> (PISO 6)	160
TABELA 57 – ZONAS TÉRMICAS (PISO 6)	162
TABELA 58 – <i>ROOFTOP</i> (PISO 7)	164
TABELA 59 – ZONAS TÉRMICAS (PISO 7)	166

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Enquadramento	1
1.2	Legislação nacional.....	3
1.3	Breve introdução ao EnergyPlus™ e à ferramenta existente.....	4
1.4	Objetivos	5
1.5	Estrutura da dissertação	6
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
2.1	CONCEITO DE SIMULAÇÃO DINÂMICA DE EDIFÍCIOS	9
2.2	<i>SOFTWARE ENERGYPLUS™</i>	12
2.2.1	História do EnergyPlus™	12
2.2.2	EnergyPlus™ na atualidade	16
2.2.3	Acreditação ASHRAE.....	19
2.3	SISTEMAS AVAC NO ENERGYPLUS™	21
2.3.1	Sistemas AVAC – modelos pré-definidos.....	21
2.3.2	Sistemas AVAC detalhados.....	22
2.3.3	Sistema de Volume de Refrigerante Variável (VRV).....	27
2.4	PROGRAMAS E FERRAMENTAS AUXILIARES PARA O ENERGYPLUS™	28
2.4.1	DesignBuilder	29
2.4.2	Programas auxiliares no EnergyPlus™	34
2.4.3	Ferramenta auxiliar HVAC Performance Curve Fit Tool	35
2.4.4	Outras ferramentas	36
3	DESENVOLVIMENTO	41
3.1	DESCRIÇÃO DO TRABALHO	41
3.1.1	Metodologia	41

3.1.2	Ferramenta Existente	42
3.2	DEFINIÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO	45
3.2.1	Dados climáticos.....	45
3.2.2	Modelo geométrico.....	46
3.2.3	Caracterização construtiva.....	47
3.2.4	Cargas internas e perfis de funcionamento	48
3.2.5	Caudais de ar novo	50
3.2.6	Sistemas AVAC.....	51
3.2.6.1	Piso 0.....	57
3.2.6.2	Piso 1.....	58
3.2.6.3	Piso 2.....	59
3.2.6.4	Piso 3.....	60
3.2.6.5	Piso 4.....	61
3.2.6.6	Piso 5.....	62
3.2.6.7	Piso 6.....	63
3.2.6.8	Piso 7.....	64
3.3	ENERGYPLUS™	65
3.4	FERRAMENTA EXCEL/ VBA	70
3.4.1	Definição dos dados característicos dos sistemas AVAC.....	70
3.4.2	Desenvolvimento do código.....	74
3.4.2.1	Declaração de variáveis	74
3.4.2.2	Sub-rotinas.....	75
3.4.2.2.1	Sub-rotina <i>Principal</i>	75
3.4.2.2.2	Sub-rotina <i>Dados</i>	75
3.4.2.2.3	Sub-rotinas <i>Sistemas</i>	76
3.4.2.2.4	Sub-rotina <i>availsch</i>	78
3.4.2.2.5	Sub-rotinas <i>Curvas</i>	79
3.5	RESULTADOS	83
3.5.1	Ficheiro base: DesignBuilder vs Ferramenta	83
3.5.2	Caso real 1	85
3.5.2.1	Descrição geral.....	85
3.5.2.2	Caracterização construtiva	85
3.5.2.3	Ventilação	86
3.5.2.4	Climatização.....	86
3.5.2.5	Produção de AQS	86
3.5.2.6	Cargas internas	87
3.5.2.7	Resultados.....	87
3.5.3	Caso real 2	90
3.5.3.1	Descrição geral.....	90
3.5.3.2	Caracterização construtiva	90

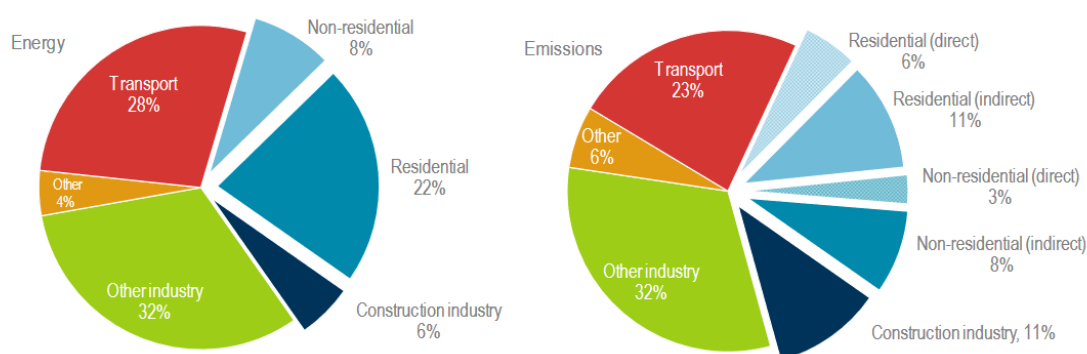
3.5.3.3	Ventilação	91
3.5.3.4	Climatização.....	93
3.5.3.5	Produção de AQS	94
3.5.3.6	Cargas internas	94
3.5.3.7	Resultados.....	94
3.5.4	Caso real 3	98
3.5.4.1	Descrição geral.....	98
3.5.4.2	Caracterização construtiva	98
3.5.4.3	Ventilação	99
3.5.4.4	Climatização.....	100
3.5.4.5	Produção de AQS	100
3.5.4.6	Cargas internas	100
3.5.4.7	Resultados.....	101
3.5.5	Caso real 4	104
3.5.5.1	Descrição geral.....	104
3.5.5.2	Caracterização construtiva	104
3.5.5.3	Ventilação	105
3.5.5.4	Climatização.....	106
3.5.5.5	Produção de AQS	106
3.5.5.6	Cargas internas	106
3.5.5.7	Sistema fotovoltaico	107
3.5.5.8	Resultados.....	107
4	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	113
4.1	CONCLUSÕES.....	113
4.2	PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS.....	115
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO.....	119
6	ANEXOS.....	125
6.1	ANEXO 1 – Parâmetros definidos em cada componente do sistema AVAC	125
6.1.1	Produção de energia térmica para os pisos 0, 1 e 2.....	125
6.1.2	Componentes do piso 0.....	126
6.1.3	Componentes do piso 1.....	131
6.1.4	Componentes do piso 2.....	136
6.1.5	Produção de energia térmica para os pisos 3 e 4.....	141
6.1.6	Componentes do piso 3.....	145
6.1.7	Componentes do piso 4.....	150
6.1.8	Componentes do piso 5.....	156
6.1.9	Componentes do piso 6.....	160
6.1.10	Componentes do piso 7.....	164

INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

O consumo de energia associado ao ambiente construído, incluindo o sector de construção, representou 36% do consumo de energia global e cerca de 40% das emissões diretas e indiretas de CO₂, tendo por base dados obtidos em 2017. (2018 Global Status Report: towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector, 2018)



Note: *Construction industry* is an estimate of the portion of the overall industry sector that applies to the manufacture of materials for buildings construction, such as steel, cement and glass.

Sources: Derived from IEA (2018a), *World Energy Statistics and Balances 2018*, www.iea.org/statistics and IEA *Energy Technology Perspectives buildings model*, www.iea.org/buildings.

Figura 1 – Distribuição dos consumos globais de energia e emissões de CO₂ (2018 Global Status Report: towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector, 2018)]

A crescente preocupação com o aumento das necessidades energéticas e a escassez de recursos tem fomentado o desenvolvimento de políticas energéticas, quer nacionais quer internacionais, o desenvolvimento de normas e regulamentos e a implementação de sistemas de certificação que atestam a qualidade dos diversos índices de sustentabilidade do ambiente construído. Esta preocupação tem fomentado o aparecimento de novas tecnologias e o desenvolvimento de estratégias que promovam sistemas energéticos mais seguros, eficientes, sustentáveis e competitivos.

O desenvolvimento de um edifício eficiente e sustentável, engloba todas as fases do seu ciclo de vida, nomeadamente projeto, construção, operação, reabilitação e demolição. Para um edifício ser considerado eficiente e sustentável deve cumprir com a função a que se destina, ou seja, a atividade para a qual foi construído, mas também resultar no menor impacto possível no meio onde se vai inserir, ser energeticamente eficiente e permitir níveis de conforto adequados com baixo consumo de energia.

Como são tantos os aspetos que implicam que um edifício seja considerado A+++, é necessária a modelação dinâmica multizona de edifícios. A modelação dinâmica multizona é uma ferramenta fundamental no estudo do comportamento térmico e energético de um edifício, tanto na conceção de edifícios novos como na análise do desempenho dos edifícios existentes. Permite avaliar o desempenho de diferentes soluções e tecnologias, sem a construção física efetiva, conduzindo a uma tomada de decisão consciente, tendo em conta os possíveis constrangimentos e o fim a que o edifício se destina. De acordo com (NALL; CRAWLEY, 1983), a simulação energética é também uma ferramenta comparativa de elevada eficácia que deve ser utilizada em todas as fases de projeto, fornecendo informação específica e económica em tempo útil para a tomada de decisão. Os mesmos autores salientam ainda que as simulações energéticas dos edifícios são tão melhores quanto melhor for a metodologia utilizada.

Na perspetiva dos edifícios novos, as fases de conceção e projeto de um edifício são das fases mais importantes do seu ciclo de vida, uma vez que as soluções adotadas irão ser determinantes não só na fase de construção, mas no seu funcionamento. As soluções adotadas terão consequências positivas e negativas no desempenho energético do edifício, manutenção e custos associados, bem como a nível hídrico e ambiental.

Os sistemas de climatização a instalar num edifício têm de garantir as condições de conforto ou outras condições específicas (temperatura, humidade e qualidade do ar interior), sem descuidar a eficiência energética do mesmo. O dimensionamento correto e adequado dos sistemas de climatização garante maior conforto térmico, menores custos de instalação e manutenção e menores consumos de energia.

A simulação energética permite ainda prever o impacto de soluções alternativas, sendo esta uma das suas mais valias, incluindo soluções construtivas, elementos de sombreamento, sistemas AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado) e a implementação de tecnologias de energia renovável.

No que diz respeito a edifícios existentes, a modelação adequada do seu funcionamento real, permite fazer uma avaliação do seu desempenho e desagregar os consumos por tipo de utilização. Deste modo, é possível identificar as medidas de melhoria com maior impacto no desempenho energético e conforto térmico dos ocupantes, bem como a viabilidade económica destas medidas.

1.2 Legislação nacional

A Comunidade Europeia tem vindo a desenvolver e implementar diversas políticas para a utilização racional de energia, incluindo o desempenho energético dos edifícios. A Diretiva n.º 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de dezembro de 2002, relativa ao desempenho energético dos edifícios, foi transposta para o ordenamento jurídico nacional através do Decreto-Lei n.º 78/2006, de 4 de abril, que aprovou o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SNCEQAIE), do Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de abril, que aprovou o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), e do Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de abril, que aprovou o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).

Neste contexto, o Estado promoveu, com forte dinamismo, a eficiência energética dos edifícios e, por essa via, adquiriu uma experiência relevante, que se traduziu não só na eficácia do sistema de certificação energética, mas também no diagnóstico dos aspetos cuja aplicação prática se revelou passível de melhoria. (DL 118/2013, 2013)

A Diretiva n.º 2002/91/CE foi reformulada com a publicação da Diretiva nº 2010/31/EU do Parlamento Europeu e do Conselho a 19 de maio de 2010, tendo por objetivo clarificar alguns princípios e introduzir novas disposições que visam o reforço da melhoria do desempenho energético dos edifícios e aumentar a ambição para a construção de edifícios de balanço energético quase nulo (NZEB - *Nearly Zero Energy Buildings*), tendo em conta as metas acordadas pelos Estados Membros para 2020. A transposição da Diretiva nº 2010/31/EU para Portugal, foi efetuada por publicação do Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de agosto, que aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), e demais legislação complementar associada ao (DL 118/2013, 2013).

O pacote legislativo em vigor tem por objetivo garantir a qualidade térmica da envolvente e definir requisitos de eficiência energética para os principais tipos de sistemas técnicos dos edifícios, como os sistemas de climatização, preparação de água quente sanitária, AQS, iluminação, aproveitamento de energias renováveis e gestão de energia. Deste modo, é promovida a melhoria do comportamento térmico, a prevenção do aparecimento de patologias, a garantia do conforto ambiente e a redução das necessidades energéticas. (DL 118/2013, 2013)

A (Portaria nº 349-D/2013) obriga a que a determinação do desempenho de Grandes Edifícios de Comércio e Serviços seja efetuada através de simulação dinâmica multizona, realizada por programa acreditado pela norma (ANSI/ASHRAE Standard 140 *Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer*

Programs, 2017). Ainda de acordo com a referida portaria, o programa deverá ter, no mínimo, a capacidade para modular:

- Mais do que uma zona térmica ou multizona;
- Com um incremento de tempo horário e por um período de um ano civil, contabilizado em 8760 horas;
- A variação horária das cargas internas, diferenciadas em ocupação, iluminação e equipamentos;
- Os pontos de ajuste dos termostatos das zonas térmicas e a operação dos sistemas de climatização, permitindo a respetiva parametrização, de forma independente, para dias de semana e fins-de-semana;
- A recuperação de calor do ar de rejeição;
- O efeito da massa térmica do edifício.

1.3 Breve introdução ao EnergyPlus™ e à ferramenta existente

O EnergyPlus™, acreditado pela norma (ANSI/ASHRAE Standard 140 *Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs*, 2017) é um dos programas de simulação mais completo e utilizado em todo o mundo. Foi fundado pelo *Building Technologies Office*, BTO, do *United States Department of Energy's*, DOE, e gerido pelo *National Renewable Energy Laboratory*, NREL, sendo desenvolvido em colaboração com esta última entidade, vários *DOE National Laboratories*, instituições académicas e empresas privadas. (<https://energyplus.net/>)

No entanto, o EnergyPlus™ não é um programa intuitivo nem de fácil aprendizagem, sendo que a definição da geometria do edifício e caracterização dos seus elementos construtivos, sistemas técnicos e a inserção dos dados de operação diretamente na *interface IDF-Editor* do EnergyPlus™ pode ser um processo moroso e complexo. Com o objetivo de facilitar o processo de criação do modelo de simulação foram criados vários programas, interfaces e outras ferramentas auxiliares, como por exemplo o DesignBuilder e o OpenStudio®, que utilizam o EnergyPlus™ como motor de cálculo.

Em 2007, o DesignBuilder não oferecia a capacidade de criar sistemas AVAC detalhados, sendo que os sistemas AVAC eram definidos de um modo muito simplificado. O modelo tridimensional do edifício, a sua caracterização construtiva e os dados de atividade eram definidos no DesignBuilder, exportando-se de seguida o respetivo ficheiro *.idf*. Posteriormente, os sistemas AVAC eram introduzidos manualmente no *IDF-Editor* através de *HVAC Templates*, após o qual seria criado o ficheiro *.expid* – versão expandida e detalhada dos sistemas.

Em edifícios de grandes dimensões, como por exemplo hospitais e hotéis, o processo era igualmente muito demorado, tendo surgido a necessidade de criar uma ferramenta para agilizar o processo.

Uma vez que os dados de entrada no EnergyPlus™ são ficheiros de texto com uma determinada estrutura, surgiu a ideia de criar uma ferramenta para introdução dos dados do sistema AVAC no EnergyPlus™. O princípio de funcionamento tem por base a introdução dos dados que caracterizam os sistemas AVAC de um edifício numa folha de Excel e através de programação VBA (*Visual Basic for Applications*), criar um ficheiro de texto onde esses mesmos dados são organizados e estruturados de modo a que o *IDF-Editor* os consiga ler e preencher os respetivos campos. A ferramenta apenas permite criar os sistemas mais habituais, tendo sido atualizada ao longo dos anos de acordo com as novas versões do EnergyPlus™ que foram lançadas, sendo que no momento é utilizada a versão 8.1.

1.4 Objetivos

Os objetivos principais desta dissertação são a atualização da ferramenta existente para introdução dos sistemas AVAC para a versão mais atual do EnergyPlus™ (v9.2), introduzir novos sistemas e equipamentos e incorporar a definição das curvas de funcionamento dos equipamentos AVAC (atualmente são utilizados valores por defeito).

A geometria do edifício, caracterização construtiva e dados de atividade serão definidos no DesignBuilder. Os sistemas AVAC serão definidos de dois modos (DesignBuilder e Excel/VBA), permitindo a comparação em termos dos elementos criados no EnergyPlus™ e resultados de simulação obtidos. Na Figura 2 é apresentada um esquema com a metodologia a seguir.

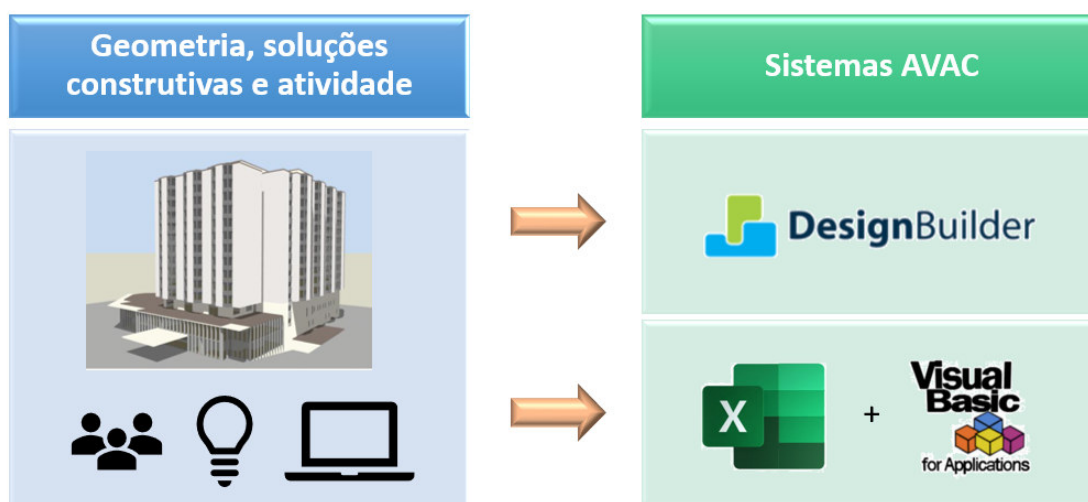


Figura 2 – Metodologia de criação dos modelos de simulação para comparação

A validação da ferramenta será efetuada por comparação dos resultados obtidos pelos dois modos descritos. A ferramenta será ainda utilizada em casos reais, previamente calibrados no âmbito de auditoria energética, para comparação dos resultados obtidos por simulação com os consumos de energia faturados e obtidos através de medições elétricas.

1.5 Estrutura da dissertação

A presente dissertação está organizada em 4 capítulos. No capítulo 1 é realizado o enquadramento, é efetuada a referência à legislação nacional e introduz-se resumidamente o programa EnergyPlus™ e a ferramenta de introdução dos sistemas AVAC existente. Ainda neste capítulo são definidos os objetivos e a estrutura da dissertação.

No capítulo 2 é apresentada a revisão bibliográfica do tema proposto, tendo-se procurado explicar os conceitos envolvidos ao longo de todo o trabalho.

O capítulo 3 corresponde ao desenvolvimento do trabalho, onde é descrita a metodologia seguida, é feita a apresentação do caso base de estudo e se explica o processo de desenvolvimento da ferramenta. Ainda neste capítulo são apresentados os resultados obtidos para o caso base e para os 4 casos reais em análise.

No capítulo 4 são apresentadas as principais conclusões inerentes à presente dissertação e são definidos trabalhos futuros subjacentes ao tema.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- 2.1 CONCEITO DE SIMULAÇÃO DINÂMICA DE EDIFÍCIOS
- 2.2 *SOFTWARE* ENERGYPLUS™
- 2.3 SISTEMAS AVAC NO ENERGYPLUS™
- 2.4 PROGRAMAS E FERRAMENTAS AUXILIARES PARA O ENERGYPLUS™

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONCEITO DE SIMULAÇÃO DINÂMICA DE EDIFÍCIOS

A construção de edifícios sustentáveis é um grande desafio, uma vez que é necessário reconhecer e ter em consideração os vários processos dinâmicos envolvidos, bem como:

- As alterações climáticas;
- A redução das reservas de combustíveis fósseis;
- A constante adaptação e flexibilidade que são necessárias às organizações;
- A crescente exigência dos ocupantes face às necessidades de atingir melhor desempenho profissional;
- As expectativas de conforto térmico, acústico e luminoso;
- A garantia da qualidade do ar interior.

A gestão conjunta de todos estes aspetos para conseguir soluções de arquitetura e sistemas construtivos eficazes, soluções de sistemas técnicos e de gestão de energia capazes de fazer face às necessidades futuras, requer uma abordagem integrada. De acordo com (HENSEN; LAMBERTS, 2011) as interações dinâmicas dos subsistemas dos edifícios estão representadas na Figura 3.

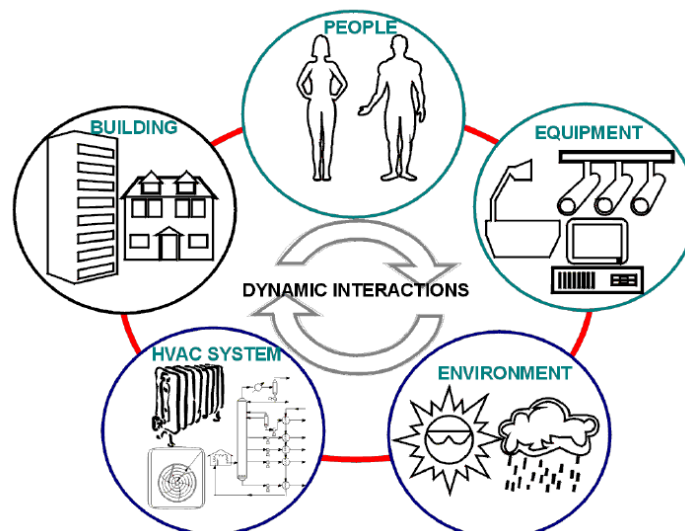


Figura 3 – Interações dinâmicas dos subsistemas dos edifícios em constante mudança (HENSEN; LAMBERTS, 2011)

As ferramentas mais tradicionais de projeto de engenharia são insuficientes para enfrentar os desafios descritos, uma vez que são monodisciplinares e orientadas a soluções com um âmbito muito restrito. Assumem condições fronteira estáticas e

geralmente baseiam-se em métodos analíticos, tendo como objetivo fornecer uma solução exata de uma visão simplificada da realidade.

Segundo (HENSEN; LAMBERTS, 2011), a modelação e simulação computacional de edifícios é multidisciplinar, orientada para o problema e com um âmbito mais alargado. São assumidas condições-fronteira dinâmicas e baseiam-se geralmente em métodos numéricos com o objetivo de fornecer uma solução aproximada de um modelo realista. A modelação de edifícios apresenta-se como uma das ferramentas de análise mais importante no mundo atual, sendo, no entanto, importante reconhecer que é muitas vezes difícil assegurar a qualidade dos resultados obtidos.

Segundo os autores (HARISH; KUMAR, 2016), as técnicas utilizadas na modelação necessitam de maior eficiência computacional e a maioria dos modelos desenvolvidos são modelos previsíveis, faltando-lhe precisão. Os modelos desenvolvidos com um grau razoável de precisão requerem elevados espaços de armazenamento e tempo de processamento, o que implica custos.

A modelação energética e o controlo do funcionamento dos edifícios são áreas multidisciplinares que envolvem conceitos e estudos em várias áreas da engenharia eletrotécnica e eletrónica, mecânica e civil, integradas com a arquitetura. (STRUNGE, 2017) procura salientar o papel da modelação na Arquitetura e refere que o envolvimento dos restantes projetistas no processo de desenvolvimento do edifício permite a criação edifícios de elevada qualidade arquitetónica, eficiência energética e conforto.

É globalmente aceite pela comunidade científica que a previsão e análise prévia do desempenho futuro de um edifício é muito mais eficiente e económico do que arranjar soluções para problemas que surgem quando o edifício está já em utilização.

(HENSEN, 2011) salientou ainda a importância da utilização da simulação nas atividades pós-construção, operação e manutenção. Ainda no âmbito da utilização de modelação na operação dos edifícios (LI; WEN, 2014) analisaram várias abordagens e metodologias, tendo verificado a existência de um grande progresso na aplicação da modelação para redução dos consumos de energia e custos com base no controlo e operação. Existe ainda grande interesse de investigação no que se refere à calibração dos modelos de simulação e previsão mais precisa do desempenho energético de edifícios com vários tipos de utilização, como por exemplo (PANG; WETTER; BHATTACHARYA; HAVES, 2012), (MUSTAFARAJ; MARINI; COSTA; KEANE, 2014), (COAKLEY; RAFTERY; KEANE, 2014), (YANG; BECERIK-GERBER, 2015), (GAJEWSKI; PIENIAŻEK, 2017) e (BOURDEAU; ZHAI; NEFZAOU; GUO *et al.*, 2019).

Existem inúmeros programas de simulação energética de edifícios disponíveis. (CRAWLEY; HAND; KUMMERT; GRIFFITH, 2005) efetuaram um estudo comparativo entre 20 softwares utilizados, tendo em conta diversos parâmetros, divididos pelas seguintes categorias: características gerais, cargas térmicas, envolvente e iluminação natural,

infiltrações, ventilação e circulação do ar multizona, sistemas de energia renovável, sistemas elétricos e equipamentos, sistemas AVAC, equipamentos AVAC, avaliação económica, disponibilidade de dados climáticos, relatórios de resultados, validação, interfaces e possibilidade de utilização com outros programas.

Como já referido no Capítulo 1 da presente dissertação, a legislação nacional obriga a que a determinação do desempenho de Grandes Edifícios de Comércio e Serviços seja efetuada através de simulação dinâmica multizona, realizada por programa acreditado pela norma ASHRAE 140. A simulação energética de edifícios é obrigatória em muitos países, cuja legislação obriga a que os programas utilizados sejam acreditados por normas internacionais, como a norma ASHRAE 140, garantindo assim a fiabilidade dos resultados. No entanto, para assegurar que os resultados obtidos sejam precisos não basta que o software seja adequado, a informação inserida tem também de ser adequada. (HAND; CRAWLEY; DONN; LAWRIE, 2008)

Os sistemas de certificação de sustentabilidade do ambiente construído LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) e BREEAM (*Building Research Establishment's Environmental Assessment Method*), incluem entre os critérios a analisar a simulação energética para avaliação do desempenho energético do edifício. O LEED é um sistema de classificação de edifícios verdes criado pelo *United States Green Building Council*, USGBC. Este sistema está disponível para praticamente todos os tipos de construção e fornece diretrizes para edifícios verdes saudáveis, económica e energeticamente de elevada eficiência. A certificação LEED é um símbolo mundialmente reconhecido de conquista e liderança em sustentabilidade. (<https://www.usgbc.org/leed>)

O BREEAM é um método de avaliação da sustentabilidade do ambiente construído criado em 1990 pelo *Building Research Establishment*, BRE, no Reino Unido. Atualmente é uma norma internacional adaptada localmente, sendo que a sua aplicação permite ajudar a medir e reduzir os impactos ambientais dos edifícios, criando ativos de maior valor e menor risco. O BREEAM procura contribuir significativamente para a sustentabilidade no projeto, construção e utilização dos edifícios (BRE, 2017). A sua utilização promove a inovação e a utilização eficaz e racional dos recursos, pelo que o foco na sustentabilidade e eficiência tornam os empreendimentos certificados mais atrativos ao investimento e contribuem para um ambiente sustentável e para o bem-estar dos seus ocupantes.

No âmbito da simulação energética de edifício importa ainda definir o conceito de Zona térmica. De acordo com o (DL 118/2013) a zona térmica é o espaço ou conjunto de espaços passíveis de serem considerados em conjunto devido às suas similaridades em termos de perfil de utilização, iluminação e equipamentos, ventilação mecânica e sistema de climatização e, quanto aos espaços climatizados, igualmente devido às similaridades em termos de condições de exposição solar.

2.2 SOFTWARE ENERGYPLUS™

EnergyPlus™ é um programa de simulação energética de edifícios utilizado por engenheiros, arquitetos e investigadores para modelação do comportamento térmico e energético dos edifícios, e que tem como resultados o consumo de energia de aquecimento, arrefecimento, ventilação, bombas, iluminação e equipamentos, o conforto térmico e as cargas térmicas. (<https://energyplus.net/>)

2.2.1 História do EnergyPlus™

O EnergyPlus™ começou a ser desenvolvido em 1997 e teve a sua primeira versão lançada em 2001, tendo por base os programas BLAST (*Building Loads Analysis and System Thermodynamics*) e DOE-2. Estes dois programas foram desenvolvidos e lançados no final da década de 1970 / início da década de 1980 para dar resposta à preocupação originada na crise energética no início da década de 1970, reconhecendo que o consumo de energia dos edifícios tem um importante contributo no consumo global de energia nos Estados Unidos. Foram criadas como ferramentas de simulação energética e cargas térmicas, com o objetivo de permitir a engenheiros e arquitetos o dimensionamento adequado dos sistemas AVAC, desenvolver estudos de análise de custos do ciclo de vida dos edifícios, otimização do desempenho energético, etc. (EnergyPlus™ Version 9.2.0 Documentation - EnergyPlus Essentials, 2019, p. 8-9)

O BLAST era um conjunto de programas utilizados para prever o consumo de energia dos edifícios, o desempenho dos seus sistemas energéticos e custos associados. Foi desenvolvido pelo *U.S. Army Construction Engineering Research Laboratory (USA CERL)* e a *University of Illinois*. O programa já não é utilizado, sendo que a última versão foi lançada em 1998. Continha 3 subprogramas principais: *Space Loads Prediction*, *Air System Simulation* e *Central Plant*.

O BLAST era utilizado para analisar o desempenho energético de soluções a implementar num edifício novo ou existente. Além de efetuar os cálculos para o dia de projeto, necessários para o dimensionamento dos sistemas AVAC, também era utilizado para estimar as necessidades de energia da instalação, essenciais para o projeto dos sistemas de energia solar e cogeração e para garantir o cumprimento dos orçamentos. (CRAWLEY; HAND; KUMMERT; GRIFFITH, 2005, p. 2-3)

O programa DOE-2 foi desenvolvido pelo *Lawrence Berkeley National Laboratory's Simulation Research Group* para o *United States Department of Energy*. (<https://simulationresearch.lbl.gov/projects/doe2>)

O DOE-2.1E desenvolvido e lançado por Winkelmann et al. em 1993, prevê os consumos horários e custos de energia de um edifício, tendo por base os dados climáticos horários e a caracterização do edifício em termos da sua geometria e sistemas AVAC. Com a sua utilização os projetistas podem determinar as melhores soluções construtivas com vista

à melhoria da eficiência energética, mantendo o conforto térmico e a relação custo-benefício.

Possui um subprograma para conversão dos dados iniciais (*BDL Processor – Building Description Language Processor*) e quatro subprogramas (*LOADS, SYSTEMS, PLANT* e *ECONOMICS*), sendo que os subprogramas *LOADS, SYSTEMS* e *PLANT* são executados sequencialmente com os resultados do *LOADS* a serem os dados de entrada do *SYSTEMS* e assim sucessivamente. Os resultados são depois introduzidos no *ECONOMICS*. Cada subprograma produz relatórios com os resultados das respetivas simulações efetuadas. O DOE-2.1E foi muito utilizado durante mais de 25 anos em estudos de projeto, análise de oportunidades de *retrofit* e no desenvolvimento e teste das normas e legislação nos Estados Unidos e por todo o mundo. O sector privado adotou o programa, tendo sido criadas mais de 20 interfaces que facilitam a sua utilização. (CRAWLEY; HAND; KUMMERT; GRIFFITH, 2005, p. 4)

No final da década de 1990, as limitações dos dois softwares, bem como a dificuldade em manter as antigas bases de código, levaram ao juntar de esforços para o desenvolvimento de um novo programa denominado EnergyPlus™. O EnergyPlus™ foi inicialmente desenvolvido em Fortran, tendo sido convertido para C++ em 2014. (EnergyPlus™ Version 9.2.0 Documentation - EnergyPlus Essentials, 2019, p. 4)

Em 2001, (CRAWLEY; LAWRIE; WINKELMANN; BUHL *et al.*, 2001) publicaram um artigo onde apresentam uma visão geral da organização e potencialidades do EnergyPlus™, explicando a lógica e a estrutura do programa. A equipa responsável pelo seu desenvolvimento era constituída por *US Army Construction Engineering Research Laboratories (CERL), University of Illinois (UI), Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL), Oklahoma State University (OSU), GARD Analytics* e *DOE*.

O EnergyPlus™ foi criado como um programa completamente novo, apesar de se basear nas características e funcionalidades mais populares do BLAST e do DOE-2. A sua criação incluiu uma nova estrutura código, escrito em Fortran 90, bem organizada e modular de modo a facilitar a introdução de novas funcionalidades e ligações com outros programas. Na Figura 4 é apresentada a estrutura do programa EnergyPlus™, que ainda se mantém atualmente (CRAWLEY; LAWRIE; WINKELMANN; BUHL *et al.*, 2002).

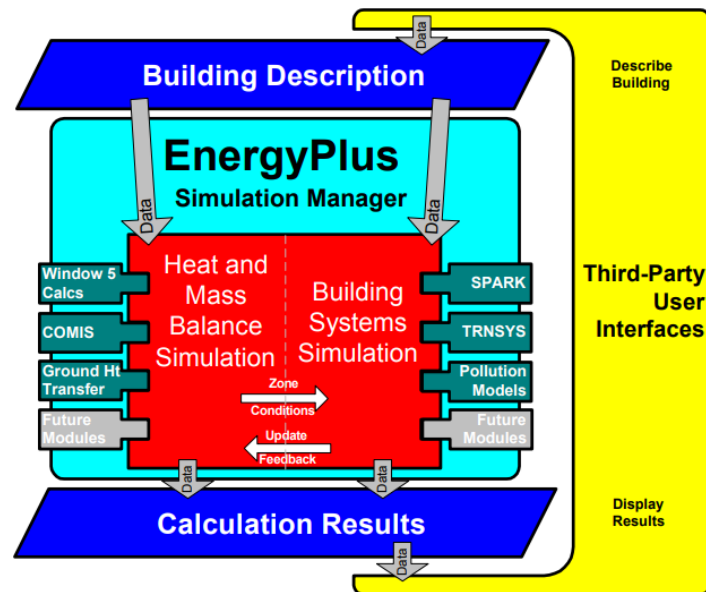


Figura 4 – Estrutura do EnergyPlus™ (CRAWLEY; LAWRIE; WINKELMANN; BUHL *et al.*, 2001)

O EnergyPlus™ é constituído por 3 componentes básicos:

- Gestor de simulação (*Simulation Manager* na Figura 4) – controla todo o processo de simulação
- Módulo de simulação de balanço térmico e de massa (*Heat and Mass Balance Simulation* na Figura 4) – baseado no IBLAST (versão de investigação do BLAST com sistemas AVAC integrados e simulação das cargas térmicas do edifício)
- Módulo de simulação dos sistemas do edifício (*Building Systems Simulation* na Figura 4) – faz a comunicação entre o motor de balanço térmico e os vários módulos dos equipamentos e circuitos de AVAC, como baterias, caldeiras, *chillers*, bombas, ventiladores e outros equipamentos.

Os autores (CRAWLEY; LAWRIE; WINKELMANN; BUHL *et al.*, 2002) mostram ainda as vantagens da utilização do EnergyPlus™, relativamente a vários aspetos:

- Do ponto de vista do utilizador do programa
 - As limitações inerentes ao BLAST e DOE-2 (como por exemplo o número de zonas, perfis de funcionamento ou sistemas) foram eliminadas, sendo que a única limitação se prende com os recursos computacionais do utilizador;
 - Código aberto e compreensível para análise e verificação;
 - Permite a criação de novos módulos (algoritmos ou interfaces);
 - O desenvolvimento de novos módulos pode acompanhar o aparecimento de novas tecnologias, maximizando o impacto da investigação mais recente sobre edifícios.

Do ponto de vista do programador

- Estrutura de código normalizado diminui a curva de aprendizagem para novos programadores;

- Novo código estruturado e modular facilita a sua compreensão e possibilidade de o alterar;
 - Estrutura modular permite aos programadores trabalharem em paralelo em novos módulos.
- Benefícios gerais
- Simulação integrada, incluindo balanço combinado de transferência de calor e de massa, ventilação em várias zonas, sistemas AVAC com estrutura flexível, ligações aos programas de simulação SPARK e TRNSYS e algoritmos desenvolvidos pela ASHRAE;
 - Introdução de dados, obtenção de resultados e funcionalidades mais flexíveis;
 - Estrutura modular permite aos programadores trabalharem em paralelo em novos módulos.

De acordo com (CRAWLEY; LAWRIE; WINKELMANN; BUHL *et al.*, 2002, p. 11), durante o desenvolvimento do EnergyPlus™ foram efetuados testes analíticos e comparativos, tendo sido utilizada a série de testes da norma ASHRAE 140, que consiste num bloco básico com vãos envidraçados e sombreamento, sendo os testes efetuados para construção leve e pesada. Na Figura 5 são apresentados os resultados comparativos obtidos pela versão 1.0 do EnergyPlus™ com outros programas semelhantes, de acordo com a norma ASHRAE 140, onde se demonstra que o EnergyPlus™ produz resultados concordantes com outros programas de simulação para casos simples.

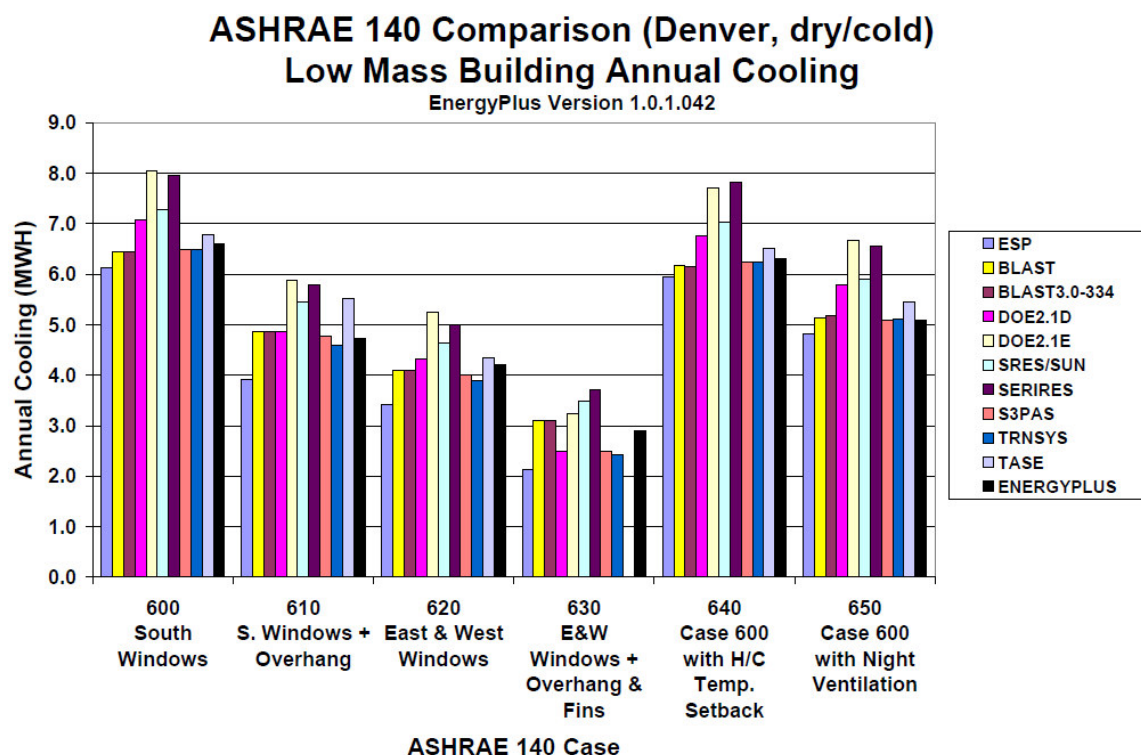


Figura 5 – Resultados dos testes comparativos obtidos pela versão 1.0 do EnergyPlus™ com outros programas semelhantes (CRAWLEY; LAWRIE; WINKELMANN; BUHL *et al.*, 2001)

Os testes independentes realizados durante o desenvolvimento do EnergyPlus™ contribuíram para a criação de uma ferramenta de simulação mais robusta e credível. A aplicação destes testes foi ainda importante na deteção de erros, na validação dos algoritmos básicos de modelação e as comparações matemáticas simplificaram a tarefa de avaliar o impacto das alterações do código-fonte, permitindo aos utilizadores julgarem a credibilidade do programa desenvolvido. (WITTE; HENNINGER; GLAZER; CRAWLEY, 2001, p. 358)

2.2.2 EnergyPlus™ na atualidade

Atualmente na sua versão 9.2.0, disponibilizada em setembro de 2019, as características e capacidades do listadas no endereço eletrónico principal do EnergyPlus™ (<https://energyplus.net/>), incluem:

- Solução simultânea e integrada das condições na zona térmica e da resposta do sistema de AVAC, em que não se assume que o sistema AVAC é capaz de suprir as necessidades térmicas da zona e consegue simular espaços não climatizados;
- Solução baseada no balanço térmico de efeitos radiantes e convectivos que originam cálculos das temperaturas nas superfícies, de conforto térmico e de condensação;
- Intervalos de tempo definidos pelo utilizador para interação entre as zonas térmicas e o ambiente, com intervalos de tempo a variar automaticamente para a interação entre as zonas térmicas e os sistemas AVAC. Isto permite a modelação de sistemas com rápida dinâmica, trocando a velocidade de simulação pela precisão;
- Modelo de transferência de massa e de calor combinado que tem em consideração a movimentação do ar entre zonas;
- Modelos avançados para vãos envidraçados, incluindo o controlo do funcionamento das proteções solares e balanços camada por camada onde é calculada a energia solar absorvida pelos vidros;
- Cálculos de iluminância e ofuscamento para o conforto visual e controlo da iluminação;
- Sistemas AVAC baseados nos componentes, permitindo sistemas *standard* e novas configurações;
- Grande número de estratégias de controlo dos sistemas AVAC e de iluminação;
- Importação e exportação para co-simulação com outras ferramentas informáticas;
- Resumos padrão e relatórios detalhados dos resultados, bem como a possibilidade de seleccionar as variáveis pretendidas, com seleção do intervalo de saída de resultados (desde anual até intervalos inferiores a 1 hora), de acordo com a fonte de energia utilizadas em cada edifício.

No documento (EnergyPlus™ Version 9.2.0 Documentation - EnergyPlus Essentials, 2019, p. 8) são ainda incluídas as seguintes características:

- Dados climáticos, dados característicos do edifício e resultados são ficheiros de texto baseados em ASCII, que incluem informações ambientais horários ou sub-horárias e variáveis de saída definíveis pelo utilizador;
- Condução transiente de calor através dos elementos que constituem o edifício (paredes, coberturas, pavimentos, etc) pela utilização de funções de transferência por condução;
- Modelação do conforto térmico baseado na atividade, temperatura interior de bolbo seco, humidade, etc;
- Modelação anisotrópica para melhorar o cálculo da radiação solar difusa nas superfícies inclinadas;
- Cálculos de poluição atmosférica que preveem os níveis de CO₂, SO_x, NO_x, CO, partículas e hidrocarbonetos por conversão da energia;
- Pode ser utilizado para cálculo das cargas térmicas e dimensionamento dos equipamentos, utilizando o método de balanço térmico recomendado pelo *ASHRAE Handbook Fundamentals*. O dimensionamento adequado dos equipamentos, sem sobredimensionamento, geralmente conduz à redução do consumo de energia, uma vez que os equipamentos operam próximo das cargas ideais;
- Pode ser utilizado em ambiente Windows, MacOS e Linux.

De acordo com (CRAWLEY; LAWRIE; WINKELMANN; BUHL *et al.*, 2001), o EnergyPlus™ é um conjunto de módulos que funcionam em conjunto para calcular as necessidades de energia para aquecimento e arrefecimento de um edifício, utilizando uma variedade de sistemas e fontes de energia. Os cálculos são efetuados através da simulação do edifício e sistemas de energia associados, quando expostos a diferentes condições ambientais e operacionais, tendo por base os princípios fundamentais de balanço e transferência de calor. O gestor de simulação está contido num único módulo, sendo a estrutura do gestor de simulação integrado apresentada na Figura 6.

O módulo de transferência de calor ao nível das superfícies (Figura 6 - *Surface Heat Balance Manager*) simula a transferência de calor entre as superfícies interiores e exteriores, faz as interligações entre os balanços de calor e as condições fronteira e tem em conta os efeitos de condução, convecção, radiação e transferência de massa (vapor de água). Este módulo está ligado aos módulos *Sky Model Module*, *Shading Module*, *Daylighting Module*, *Window Glass Module* e *Construction Module*.

O módulo de balanço mássico do ar (Figura 6 – *Air Heat Balance Manager*) lida com a ventilação, exaustão e infiltrações. Tem em consideração a massa térmica do ar na zona e avalia os ganhos convectivos. Através deste módulo é efetuada a ligação ao COMIS (modelo internacional de fluxo multizona de movimento do ar e de contaminantes) e são efetuados os cálculos de movimento de ar, de infiltrações, de contaminantes no ar interior e de ventilação.

O módulo de simulação dos sistemas do edifício (Figura 6 - Building Systems Simulation Manager) está por sua vez ligado aos seguintes módulos: *Air Loop Module*, *Zone Equip Module*, *Plant Loop Module*, *Condenser Loop Module* e *PV Module*.

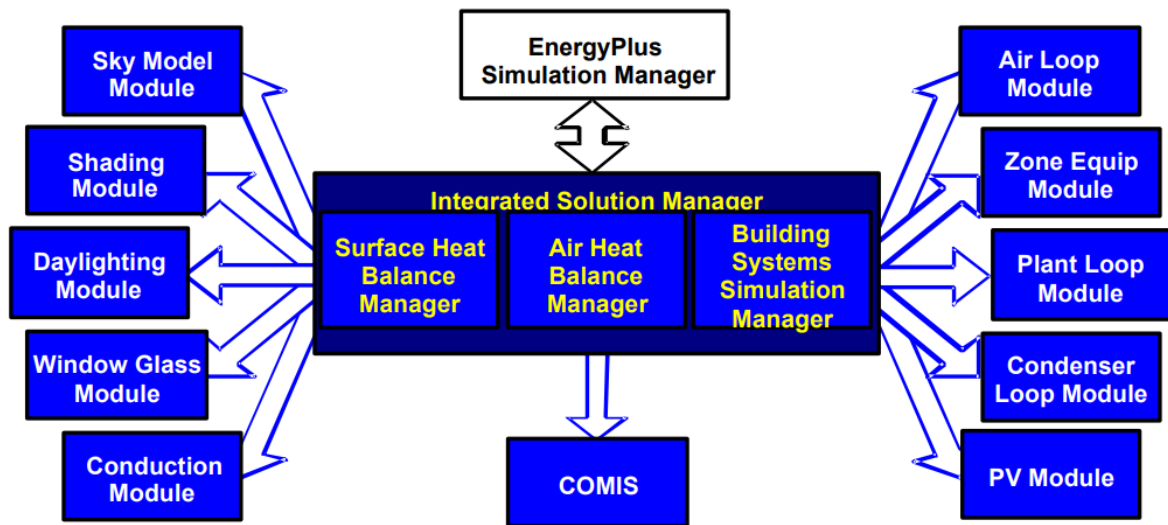


Figura 6 – Gestor de simulação integrado (CRAWLEY; LAWRIE; WINKELMANN; BUHL *et al.*, 2001)

O EnergyPlus™ é um programa de simulação integrada, o que significa que as três componentes principais edifício (Figura 7 – *Zone*), sistema (Figura 7 – *System*) e produção de energia térmica (Figura 7 – *Plant*), têm de ser resolvidas simultaneamente. O programa integrado pode ser representado como uma série de elementos funcionais conectados entre si por circuitos, como apresentado na Figura 7. Por exemplo, as zonas do edifício estão ligadas ao sistema por circuito de ar e o sistema está ligado à produção de energia térmica por um circuito de água.

No EnergyPlus™ todos os elementos estão integrados e são controlados pelo *Integrated Solution Manager* (Figura 6), sendo que os circuitos são divididos em duas partes: parte das necessidades (Figura 7 – *Zone* ↔ *System*: *Air loop*) e a parte da produção/distribuição (Figura 7 – *System* ↔ *Plant*: *Water loop*). A solução geralmente depende de iterações sucessivas de substituição para conciliar a oferta e a procura, usando a filosofia Gauss-Seidell de atualização contínua, (EnergyPlus™ Version 9.2.0 Documentation - Engineering Reference, 2019, p. 25-26)

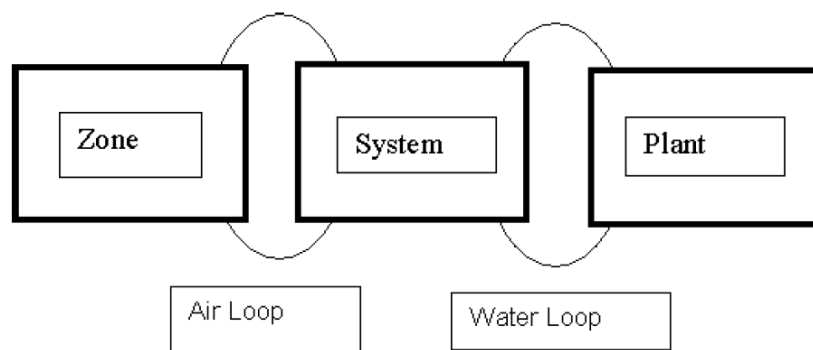


Figura 7 – Esquema da solução simultânea (EnergyPlus™ Version 9.2.0 Documentation - Engineering Reference, 2019, p. 26)

A instalação do EnergyPlus™ inclui vários documentos explicativos das bases e funcionamento do programa, bem como os princípios científicos que estão na sua base e exemplos. São ainda disponibilizados inúmeros de ficheiros com exemplos de várias configurações dos vários sistemas AVAC possíveis de definir no programa.

(EnergyPlus™ Version 9.2.0 Documentation - EnergyPlus Essentials, 2019, p. 9)

2.2.3 Acreditação ASHRAE

Todas as versões do EnergyPlus™, desde a sua criação, são verificadas e testadas, nomeadamente com:

- Testes analíticos:
 - Testes AVAC baseados no *ASHRAE Research Project 865*;
 - Testes à envolvente do edifício baseados *ASHRAE Research Project 1052*.
- Testes comparativos:
 - (ANSI/ASHRAE Standard 140 *Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs*, 2017);
 - Métodos da *International Energy Agency Solar Heating and Cooling Programme (IEA) BESTest (Building Energy Simulation Test)*, que não constam na Norma 140;
 - Testes *EnergyPlus Global Heat Balance*.
- Testes executáveis.

Os relatórios dos últimos testes efetuados (EnergyPlus™ Version 8.3.0-b45b06b780) estão disponíveis para consulta na página web do EnergyPlus™ (<https://energyplus.net/testing>).

Analisando os relatórios referentes aos sistemas AVAC da norma ANSI/ASHRAE 140-2011, denominada *Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs*, verificam-se os resultados apresentados na Tabela 1. Os resultados do EnergyPlus™ são comparados com resultados analíticos e com resultados obtidos por outros programas semelhantes que foram submetidos aos mesmos testes. Na primeira coluna da Tabela 1 são apresentados os tipos de testes efetuados relativamente à norma (ANSI/ASHRAE Standard 140 *Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs*, 2017) e na segunda coluna são apresentados as principais conclusões e resultados que contam nos respetivos relatórios, sendo que os resultados obtidos pelo EnergyPlus™ são bastante satisfatórios.

Tabela 1 – Principais resultados dos testes realizados de acordo com a norma ANSI/ASHRAE 140-2011

Tipo de testes	Principais resultados
<p>Testes de desempenho CE100 a CE200 – Equipamentos AVAC</p> <p>(HENNINGER, ROBERT H.; WITTE, MICHAEL J., 2015a)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • CE100: Caso base e sistema AVAC (1 teste); • CE110 a 200 (13 testes); testam a capacidade do programa de modular o desempenho do equipamento de arrefecimento em condições climáticas e de carga térmica controlada. Dadas as premissas físicas subjacentes nas definições do caso, existe uma solução matematicamente comprovada para cada caso; • Parâmetros variáveis nos testes: ganhos internos sensíveis, ganhos internos latentes, temperatura de bolbo seco interior, temperatura de bolbo seco exterior; • Resultados obtidos diferem 1.1% dos resultados analíticos, exceto nos casos da humidade média (2.7% para cargas sensíveis elevadas e 0.65% para cargas sensíveis baixas).
<p>Testes de desempenho CE300 a CE545 - Equipamentos AVAC</p> <p>(HENNINGER, ROBERT H.; WITTE, MICHAEL J., 2015b)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • CE300: Caso base e sistema AVAC (1 teste); • Restantes 19 testes: variação dos ganhos internos sensíveis e latentes, infiltrações, caudal de ar novo, termostatos e definições de <i>free cooling</i>; • Testes incluem efeitos horários dinâmicos que não podem ser resolvidos analiticamente; • Testam as capacidades de modelação de um programa no que diz respeito ao fluido, num contexto dinâmico horário, numa gama de condições de desempenho; • Resultados obtidos diferem entre 2%-6% dos resultados obtidos por outros 6 programas semelhantes, sendo que em geral os resultados do EnergyPlus™ se situam no intervalo médio.
<p>Testes de desempenho HE100 a HE230 – Caldeiras alimentadas a combustíveis</p> <p>(HENNINGER, ROBERT H.; WITTE, MICHAEL J., 2015)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Casos específicos para testar a capacidade de um programa de simulação quanto aos seguintes componentes: eficiência em estado estacionário do queimador, queimador a carga parcial, temperatura exterior, <i>setpoint</i> da temperatura interior, operação dos ventiladores; • Resultados obtidos pelo EnergyPlus™ diferem dos resultados analíticos entre -0.21% e 0.12% do consumo de combustível e entre -1.08% e 0.00% do consumo do ventilador.

2.3 SISTEMAS AVAC NO ENERGYPLUS™

2.3.1 Sistemas AVAC – modelos pré-definidos

Os *HVAC Templates* foram criados de modo a reduzir o conhecimento e esforço inicial necessário para criar sistemas AVAC detalhados no EnergyPlus™, o que para um utilizador pouco experiente pode ser um processo muito complexo.

Contrariamente a outros dados de entrada, estes componentes, denominados *objects* na estrutura do EnergyPlus™, não são processados diretamente por este, sendo que a aplicação *ExpandObjects* expande e converte os dados introduzidos em *objects* para definição do sistema AVAC detalhado. Esta técnica pode ser utilizada como ferramenta de aprendizagem, uma vez que o ficheiro resultante (*.expidf*), com o sistema detalhado pode ser analisado e alterado.

A principal desvantagem deste método prende-se com o facto de apenas ser possível criar um reduzido número de configurações, apesar de ser possível definir as configurações mais utilizadas.

Através dos *HVAC Templates* podem ser definidos:

- Sistemas de aquecimento por radiadores com opção de caldeira;
- Ventiloincutores com caldeiras e *chillers*;
- Unidade terminal de ar condicionado / *Packaged terminal air conditioner* (PTAC) com opção de caldeira;
- Unidade terminal bomba de calor ar-ar / *Packaged terminal air-to-air heat pump* (PTHP);
- Bombas de calor ar-água com caldeira e torre de arrefecimento;
- Bombas de calor VRV, Volume de Refrigerante Variável;
- Bombas de calor VRV (ar-água) com caldeira e torre de arrefecimento;
- Baterias de expansão direta só frio;
- Baterias de expansão direta bomba de calor;
- Unidade de caudal variável / *Packaged variable air volume* com bateria de expansão direta só frio;
- Sistemas de velocidade variável com caldeiras e *chillers* arrefecidos a ar;
- Sistemas de velocidade variável com caldeiras e *chillers* arrefecidos a água;
- Sistemas de velocidade constante com caldeiras e *chillers* arrefecidos a água;
- Sistemas de dupla conduta (caudal constante ou variável) com caldeiras e *chillers* arrefecidos a água;
- Sistemas dedicados de ar novo combinados com equipamentos de zona.

(EnergyPlus™ Version 9.2.0 Documentation - EnergyPlus Essentials, 2019, p. 44-45)

Os *HVAC templates* podem servir também como ponto de partida para os utilizadores os adaptarem para configurações de sistemas diferentes das configurações padrão. (CRAWLEY; LAWRIE; WINKELMANN; BUHL *et al.*, 2002, p. 7)

2.3.2 Sistemas AVAC detalhados

Os sistemas AVAC dos edifícios são compostos por ventiladores, bombas, baterias, *chillers* e caldeiras, interligados por condutas e tubagens e controlados por sistemas com sensores estrategicamente colocados nos sistemas de distribuição e nas zonas. O EnergyPlus™ representa esses sistemas através de inúmeros componentes e meios para descrever o modo como estão conectados entre si e com os sistemas de controlo.

Cada componente do sistema AVAC tem de ter um “nó” de entrada e um “nó” de saída, sendo que no sistema real um “nó” pode ser um ponto do sistema onde as propriedades do fluido podem ser medidas. Numa simulação no EnergyPlus™, os “nós” são pontos onde as propriedades do fluido são analisadas e passadas ao equipamento seguinte. Os circuitos são construídos pela combinação dos componentes que constituem o sistema AVAC, assim como outros *objects* que descrevem a sua configuração.

Os componentes estão ligados entre si de modo a formar circuitos na simulação, sendo que o nó de saída de um componente é também o nó de entrada do componente seguinte. A Figura 8 representa um exemplo genérico do conceito de “nó”-circuito de um sistema de ventilação. O ar sai da zona através de um ventilador de retorno (*Return Fan*, “nós”: 1 ⇔ 2) e entra na unidade de ventilação (*Mixed Air Damper*, “nós” 2, 3, 7 e 8), com recuperação de energia (*Heat Recovery*, “nós” 3, 4, 5 e 6) e desumidificação (*Desiccant Wheel*, “nós” 6 ⇔ 7). De seguida o ar é insuflado por um ventilador de insuflação (*Supply Fan*, “nós”: 8 ⇔ 9), existindo a divisão do circuito em dois ramos (*Splitter*, “nós”: 9 ⇔ 10+11), passando por bateria de aquecimento (*Heating Coil*, “nós”: 10 ⇔ 11), e bateria de arrefecimento (*Cooling Coil*, “nós”: 12 ⇔ 13), conforme as necessidade da zona térmica.

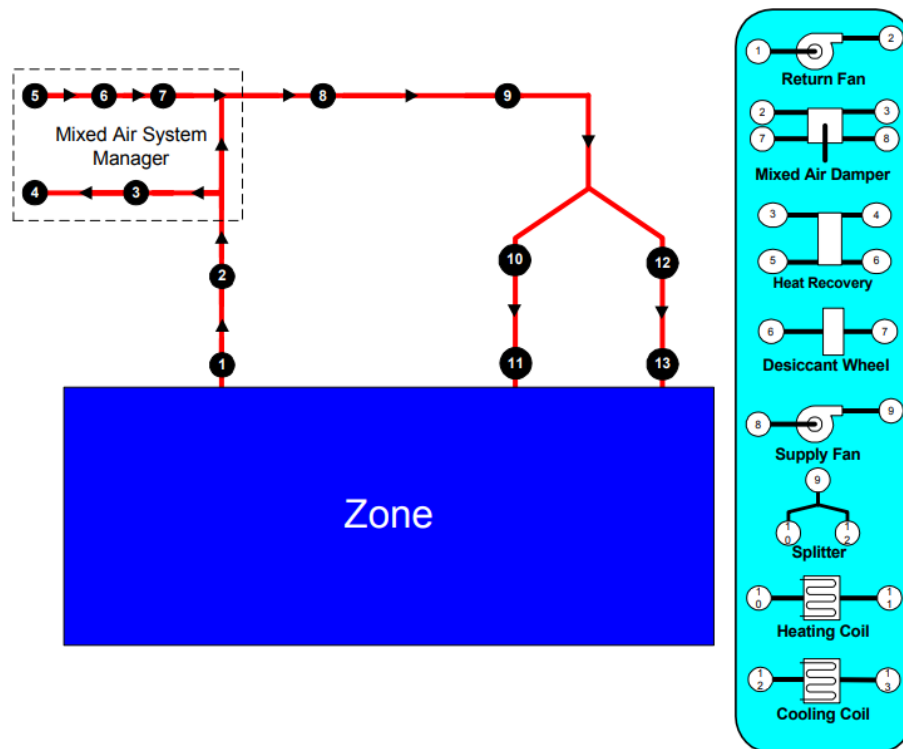


Figura 8 – Exemplo de um diagrama com “nós” (EnergyPlus™ Version 9.2.0 Documentation - EnergyPlus Essentials, 2019, p. 48)

Os “nós” de um circuito são uma definição chave no EnergyPlus™, pelo que é recomendado que um dos primeiros passos dados na definição de um sistema AVAC no EnergyPlus™ seja a definição de um diagrama ou mapa de nós, facilitando a visualização de todo o sistema. (EnergyPlus™ Version 9.2.0 Documentation - EnergyPlus Essentials, 2019, p. 47-48)

De modo a que os sistemas sejam facilmente definidos e alterados, estes podem ser divididos em 4 secções, como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Divisão do sistema AVAC (EnergyPlus™ Version 9.2.0 Documentation - EnergyPlus Essentials, 2019, p. 48-49)

Secções	Descrição
<i>Air Loop Supply Side</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Secção que se inicia após junção dos caudais de ar de retorno e termina imediatamente antes da separação dos caudais para as zonas individualmente; • Pode ser incluído um subsistema de ar exterior.
<i>Air Loop Zone Equipment</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Esta secção corresponde ao restante circuito de circulação de ar, sendo que o ar exterior é tratado separadamente como subconjunto do circuito de circulação de ar; • Inclui todo o tipo de componentes desde que as condutas são divididas para servir várias zonas até que as condutas de retorno se juntam numa única conduta; • Inclui registos, baterias de reaquecimento e outros equipamentos de climatização específicos das zonas como radiadores e ar condicionado de janela; • O controlo é tipicamente efetuado nestes equipamentos.
<i>Plant Loop Demand Side</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Onde são determinadas as necessidades de energia térmica para os vários componentes do circuito de circulação de ar e demais equipamentos na zona; • Tipicamente, representa o lado da água em equipamentos como baterias, radiadores, aquecimento e arrefecimento radiante, etc; • No caso do circuito de condensação, as necessidades de energia dizem respeito ao condensador de um <i>chiller</i> ou outra bomba de calor com água; • Pode incluir um <i>splitter</i>, um <i>mixer</i> e um <i>bypass</i>.
<i>Plant Loop Supply Side</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Secção do circuito de produção de energia térmica onde a energia é fornecida através de vários componentes, incluindo bombas, caldeiras, <i>chillers</i>, redes urbanas, armazenamento de frio, etc; • No caso de condensador, os componentes podem ser uma torre de arrefecimento, um refrigerador de fluidos, um permutador de calor para geotermia, etc; • Pode incluir um <i>splitter</i>, um <i>mixer</i> e um <i>bypass</i>.

O *Air Loop Supply Side* simula o transporte, tratamento e mistura do ar e inclui ventiladores de insuflação e retorno, baterias de aquecimento e arrefecimento, recuperação de calor e controlos para a temperatura de insuflação e *free cooling*.

Este circuito liga à zona através de equipamentos de zona (*Air Loop Zone Equipment*), incluindo difusores, baterias de reaquecimento/arrefecimento, controlo do ar insuflado (registos de mistura, unidades de indução, registos VAV), unidades locais de convecção (ar condicionado de janela, ventiloconvetor, bomba de calor, bomba de calor ar-água), unidades radiantes/convectivas de elevada temperatura (radiadores) e painéis radiantes a baixa temperatura.

Na Figura 9 são apresentadas as possíveis conexões dos equipamentos às zonas. Salienta-se que pode ser especificado mais do que um equipamento para cada zona, sendo que tem de ser definida a ordem pela qual os diferentes equipamentos respondem às necessidades de aquecimento e arrefecimento da zona. (CRAWLEY; LAWRIE; WINKELMANN; BUHL *et al.*, 2002, p. 7)

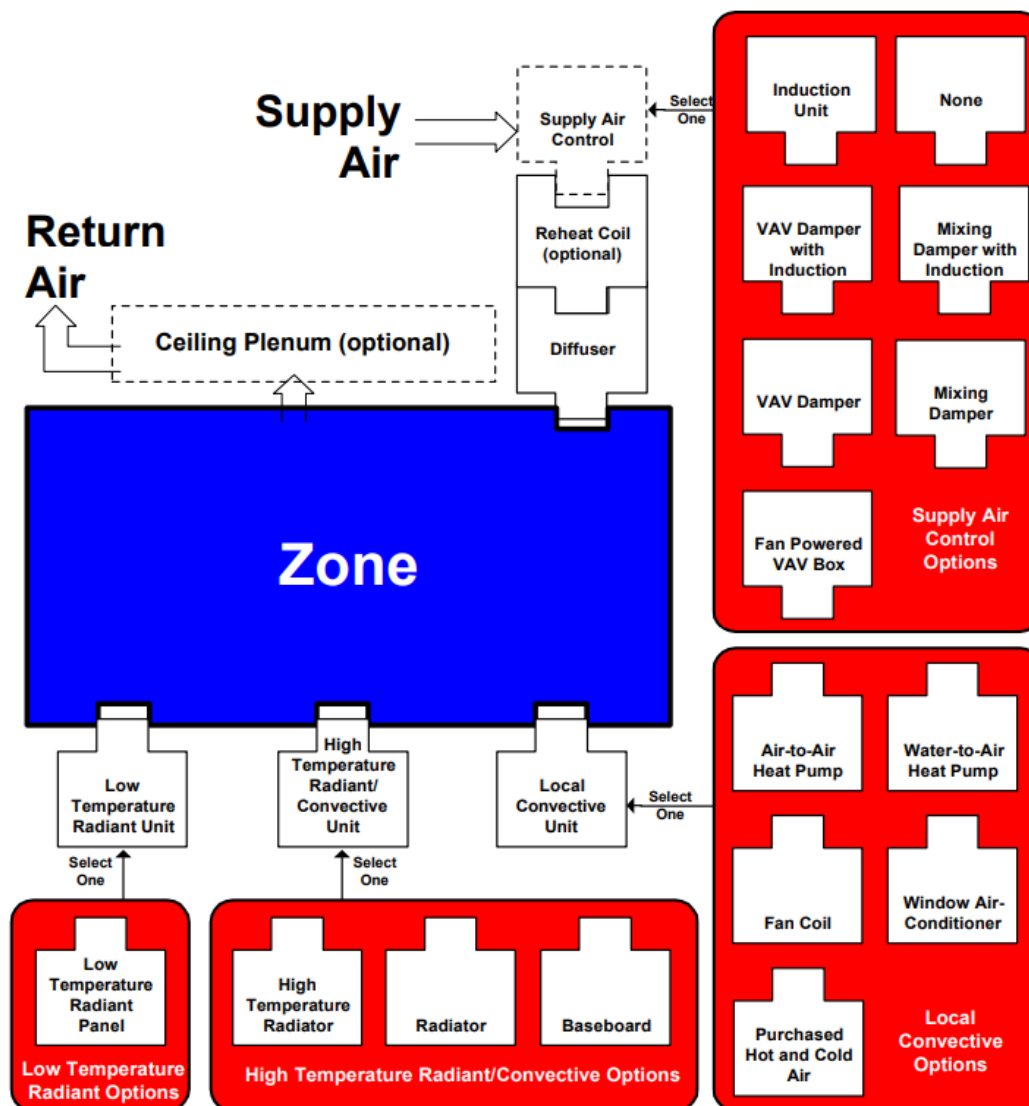


Figura 9 – Módulo dos equipamentos de zona (CRAWLEY; LAWRIE; WINKELMANN; BUHL *et al.*, 2001)

Na Figura 10 é apresentada um esquema do circuito de produção de energia térmica e suas subdivisões. Existem dois circuitos de produção de energia térmica:

- Circuito primário (Figura 10 – *Plant Supply Side*) – produção de energia térmica (caldeiras, *chillers* e bombas de calor);
- Circuito secundário (Figura 10 – *Cond Demand Side Loop + Cond Supply Side Loop*) – equipamentos para rejeição de calor (torres de arrefecimento e condensadores).

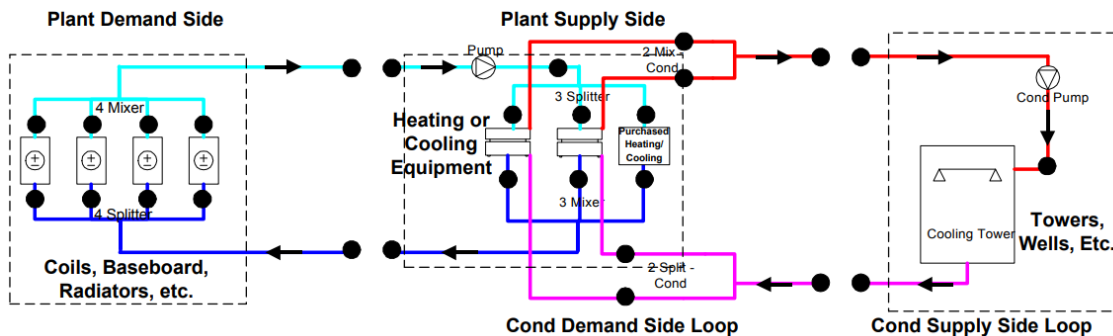


Figura 10 – Exemplo de um circuito de produção de energia térmica (CRAWLEY; LAWRIE; WINKELMANN; BUHL *et al.*, 2001)

Como exemplo apresenta-se na Figura 11 um diagrama com o esquema de um circuito de aquecimento utilizando a metodologia *Detailed HVAC*. Do lado direito da figura está o circuito de produção de energia térmica (*Plant Supply Side*), onde se insere a caldeira e do lado o circuito do lado das necessidades (*Plant Demand Side*), com baterias de aquecimento.

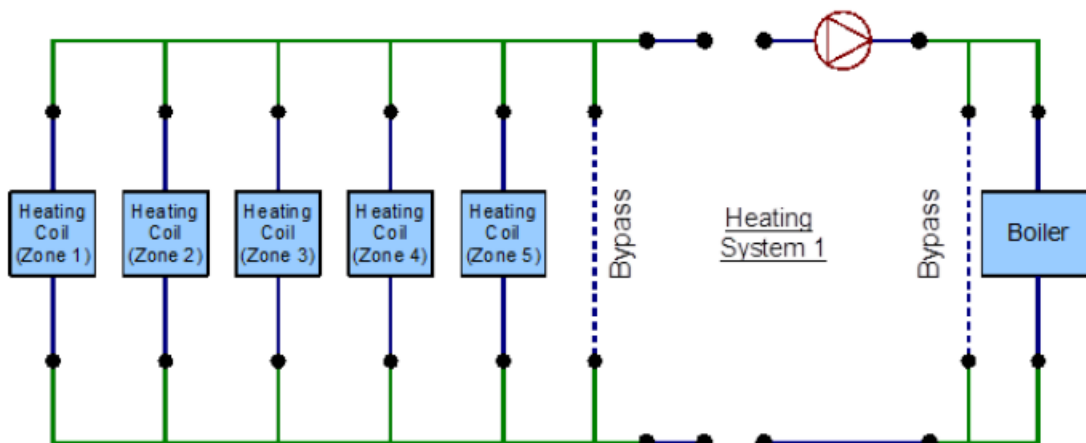


Figura 11 – Diagrama de um circuito de aquecimento utilizando a metodologia *Detailed HVAC* (EnergyPlus™ Version 9.2.0 Documentation - EnergyPlus Essentials, 2019, p. 49)

2.3.3 Sistema de Volume de Refrigerante Variável (VRV)

Um sistema VRV tem a capacidade de controlar o caudal de acordo com as necessidades de aquecimento e/ou arrefecimento, permite a utilização de inúmeras unidades interiores com diferentes capacidades, em conjunto com uma única unidade exterior (AYNUR, 2010). É um sistema onde o caudal do fluido frigorigénio é variável pela utilização de compressores de velocidade variável na unidade exterior, com válvulas de expansão em cada unidade interior. O sistema garante as necessidades de aquecimento e arrefecimento, mantendo a temperatura da zona a uma temperatura definida (CHUA; CHOU; YANG; YAN, 2013).

Existem sistemas VRV a 2 ou 3 tubos. O sistema a 2 tubos, conhecido como bomba de calor VRV, é o tipo de sistema mais comum para aquecimento e arrefecimento, sendo que estes processos não podem ocorrer simultaneamente. (GOETZLER, 2007)

Os sistemas VRV a 3 tubos permitem aquecer e arrefecer simultaneamente diferentes zonas servidas pelo sistema, tendo ainda a capacidade de efetuarem recuperação de energia pela transferência de calor entre unidades interiores, isto é o calor de condensação do gás é aproveitado nas zonas com necessidades de aquecimento em vez de ser rejeitado no condensador exterior. (GOETZLER, 2007; RORIZ, 2007)

Na versão v7.0 do EnergyPlus™, lançada em outubro de 2011, foi incluído o primeiro módulo de sistemas VRV (*EnergyPlus™ Version 9.2.0 Documentation - Tips and Tricks for Using EnergyPlus*, 2019). Entretanto, foram introduzidos novos módulos nas versões seguintes. (HONG; SUN; ZHANG; HINOKUMA *et al.*, 2016) desenvolveram e implementaram no EnergyPlus™, um novo módulo para bombas de calor do tipo VRV, que inclui:

- A introdução de curvas de desempenho ao nível dos componentes e não do sistema global;
- Variação das temperaturas de evaporação e condensação nas unidades interiores e exteriores;
- Velocidade variável com base na temperatura e na carga da unidade interior;
- Um modelo físico que calcula as perdas térmicas através das tubagens, considerando as variações do caudal de refrigerante e as condições de operação.

O módulo foi sujeito a testes e validação, tendo-se concluído que o desempenho do sistema VRV simulado e medido apresenta elevado nível de conformidade, tendo por base os critérios da (*ASHRAE Guideline 14-2014 - Measurement of Energy Demand and Water Savings*, 2014). Concluíram assim que o modelo representa com precisão o desempenho real do sistema VRV.

O novo modelo foi implementado no EnergyPlus™ e validado com dados experimentais obtidos em laboratório. Os resultados obtidos demonstraram que com este modelo se obtêm resultados satisfatoriamente semelhantes aos obtidos experimentalmente em

todos os modos de operação e em vários níveis sub-horários. O modelo foi implementado oficialmente no EnergyPlus™ a partir da versão 8.6 (setembro de 2016), permitindo análises ao desempenho de sistemas VRV mais precisas e credíveis. (ZHANG; SUN; HONG; YURA *et al.*, 2018)

(KANI-SANCHEZ; RICHMAN, 2017) utilizaram o módulo de VRV do EnergyPlus™ para determinar a viabilidade de utilização de sistemas VRV com recuperação de energia num edifício, tendo utilizado medições para calibração do modelo. De acordo com os autores os resultados obtidos por simulação representam satisfatoriamente os resultados medidos.

2.4 PROGRAMAS E FERRAMENTAS AUXILIARES PARA O ENERGYPLUS™

O EnergyPlus™ é dos programas mais utilizados em todos o mundo, sendo que foi efetuado uma média superior a 43000 de *downloads* de cada uma das últimas versões lançadas. Nos últimos anos foram também desenvolvidas e lançadas várias novas ferramentas e interfaces, como por exemplo pela Sefaira, Autodesk e Trane. Na Figura 12 são apresentados alguns programas e ferramentas baseadas no EnergyPlus™, sendo que uma lista mais completa pode ser consultada na página *web Building Energy Software Tools*. (<https://www.energy.gov/eere/buildings/downloads/energyplus-0>)

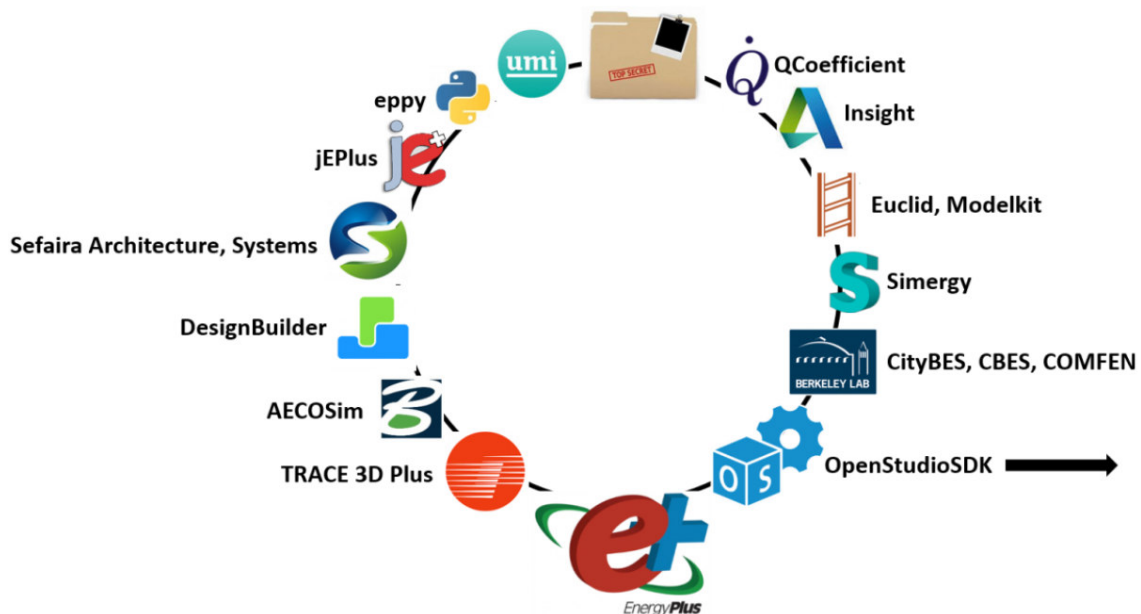


Figura 12 – Programas e ferramentas baseados no EnergyPlus™
(<https://www.energy.gov/eere/buildings/downloads/energyplus-0>)

De entre os programas apresentados na Figura 12, optou-se pelo DesignBuilder para desenvolvimento dos modelos de simulação a utilizar no presente trabalho. O DesignBuilder utiliza o EnergyPlus™ como motor de simulação dinâmica, permitindo simplificar a simulação térmica no EnergyPlus™. Permite ainda gerar uma gama alargada de resultados que facilitam a comparação de diferentes alternativas de projeto, otimizar o desempenho do edifício em qualquer fase do projeto com base nos objetivos do cliente, modular rapidamente edifícios complexos sem grande esforço, importar informação BIM (*Building Information Modeling*) e CAD e gerar imagens e animações realistas. (<https://designbuilder.co.uk/software/product-overview>)

2.4.1 DesignBuilder

O DesignBuilder é um programa de modelação *user-friendly* onde se podem desenvolver modelos virtuais de edifícios, sendo possível analisar diversos dados de desempenho como o consumo de energia, emissões carbónicas, condições de conforto, iluminância da luz natural, temperaturas máximas e dimensionamento dos sistemas AVAC. É tipicamente utilizado para:

- Calcular o impacto de várias opções de projeto nos consumos de energia do edifício;
- Avaliar opções de fachada para sobreaquecimento e aspeto visual;
- Simulação térmica de edifícios naturalmente ventilados;
- Reportar reduções dos consumos de iluminação pela utilização de luz natural;
- Prever a distribuição da luz natural por simulação através do *Radiance and Daysim*;
- Visualização do *layout* do local e proteções solares;
- Cálculo para dimensionamento dos equipamentos de aquecimento e arrefecimento;
- Projeto detalhado, dimensionamento dos sistemas AVAC e ventilação natural, incluindo o impacto da distribuição do ar insuflado na distribuição da temperatura e velocidade do ar num determinado espaço pelo uso de *Computed Fluid Dynamics* (CFD);
- Modelo em conformidade com a norma ASHRAE 90.1 e LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*);
- Análise económica baseada nos custos de construção, operação e ciclo de vida (LCC – *Life cycle cost*);
- Legislação no Reino Unido, Irlanda e França;
- Otimização de projeto com múltiplos objetivos, constrangimentos e variáveis de projeto;
- Análise do ciclo de vida (LCA – *Life-cycle analysis*);
- Ferramenta de comunicação em reuniões de projeto;
- Ferramenta educacional para ensino de simulação de edifícios a estudantes de arquitetura e engenharia.

(<https://designbuilder.co.uk/download/documents/407-designbuilder-printable-documentation-v6-a4-pages/file>)

Nas figuras seguintes são apresentadas fotografias reais e imagens de edifícios criados no DesignBuilder em âmbito profissional na empresa ENES Consulting Engineering, Lda. Comparando as fotografias reais (Figura 13, Figura 15 e Figura 17) com as imagens dos respetivos modelos criados no DesignBuider (Figura 14, Figura 16 e Figura 18) é possível verificar o grau de detalhe e precisão que é possível obter, tanto ao nível da geometria, elementos em contacto com o solo e sombreamento. A utilização das texturas dos materiais e cores permitem também obter um modelo bastante realista em termos de imagem.



Figura 13 – HF Ipanema Park (imagem real) - (ENES Consulting Engineering)



Figura 14 – HF Ipanema Park (modelo DesignBuilder) - (ENES Consulting Engineering)



Figura 15 – Hotel The Yeatman (imagem real) - (<https://oturismo.pt/oturismo/34116-a-conde-nast-traveler-considera-the-yeatman-um-dos-cinco-melhores-hoteis-de-espanha-portugal.html>)



Figura 16 – Hotel The Yeatman (modelo DesignBuilder) - (ENES Consulting Engineering)



Figura 17 – Hospital Pediátrico de Coimbra (imagem real) - (ENES Consulting Engineering)

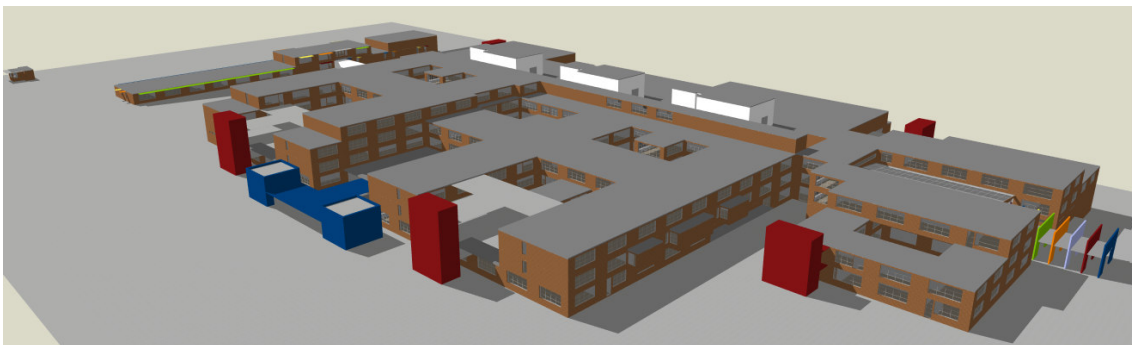


Figura 18 – Hospital Pediátrico de Coimbra (modelo DesignBuilder) - (ENES Consulting Engineering)

Existem 3 formas de modular sistemas AVAC no DesignBuilder:

- *Simple* – sistemas definidos usando descrições básicas dos sistemas AVAC. Cargas térmicas de aquecimento e arrefecimento são calculadas pelo sistema “ideal” do EnergyPlus™ “*Ideal Loads*”. O consumo de energia é calculado no DesignBuilder pelas cargas obtida pelo EnergyPlus™, utilizando fatores de eficiência;
- *Compact* – sistemas são definidos através dos *HVAC Templates* do EnergyPlus™. Estes são expandidos no EnergyPlus™, permitindo a modelação de uma gama de sistemas comuns;
- *Detailed* – os componentes individuais são definidos e interligados no DesignBuilder.

(https://designbuilder.co.uk/helpv4.7/Content/_HVAC_model_detail.htm)

No que diz respeito à simulação detalhada de sistemas AVAC verificam-se as seguintes especificações técnicas:

- Simulação global do edifício para garantir que a interação dinâmica entre a construção e sistemas é considerada com precisão;
- Definição gráfica dos componentes AVAC;
- Definição de modelos de AVAC pré-existentes ou definidos manualmente;
- Biblioteca de componentes do EnergyPlus™ (caldeiras, *chillers*, baterias de aquecimento, bombas de calor, baterias de arrefecimento, bombas, ventiladores, humidificadores, controladores, etc);
- Modelos de equipamentos de AVAC;
- Inclui os 10 tipos de sistema-base da norma ASHRAE 90.1;
- Permite agrupar várias zonas com tipos de sistemas semelhantes, simplificando o *layout* do diagrama de AVAC e tornando a introdução de dados mais célere;
- Representação gráfica com possibilidade de “arrastar” e “largar”;
- Possibilidade de gerar um conjunto de dados para o EnergyPlus™, incluindo temperaturas nos “nós” do sistema, caudais de ar e níveis de humidade em intervalos sub-horários;
- Várias possibilidades de equipamentos terminais, incluindo vigas arrefecidas, ar direto, condutas duplas com caudal constante ou variável, condutas simples com caudal constante ou variável, com ou sem reaquecimento, conduta simples com caudal de ar variável, reaquecimento e ventilador de velocidade variável, unidades de indução a 4 tubos;
- Possibilidade de combinar tetos arrefecidos e pisos radiantes com outros sistemas. Os sistemas radiantes são modelados em detalhe pela utilização de tubos de água integrados nas camadas do elemento construtivo;
- Unidades de tratamento de ar incluem ventiladores, baterias de aquecimento e arrefecimento, humidificadores, etc;
- Vários tipos de caldeiras e *chillers*, com opção do esquema de operação;
- Unidades de ar forçado nas zonas incluem ventiloconvectores, bombas de calor e unidades de ar condicionado;
- Verificação automática da integridade da rede e compatibilidade das ligações;
- Capacidade de importação/exportação para criar e salvar sistemas personalizados na biblioteca;
- Fornece uma variedade de tipos de sistema e todos estão acessíveis exportando um modelo do DesignBuilder para o EnergyPlus™;
- Permutadores de calor permitem a transferência de calor de um circuito para o outro.

(https://designbuilder.co.uk/helpv3.4/Content/Detailed_HVAC/Detailed_HVAC.htm)

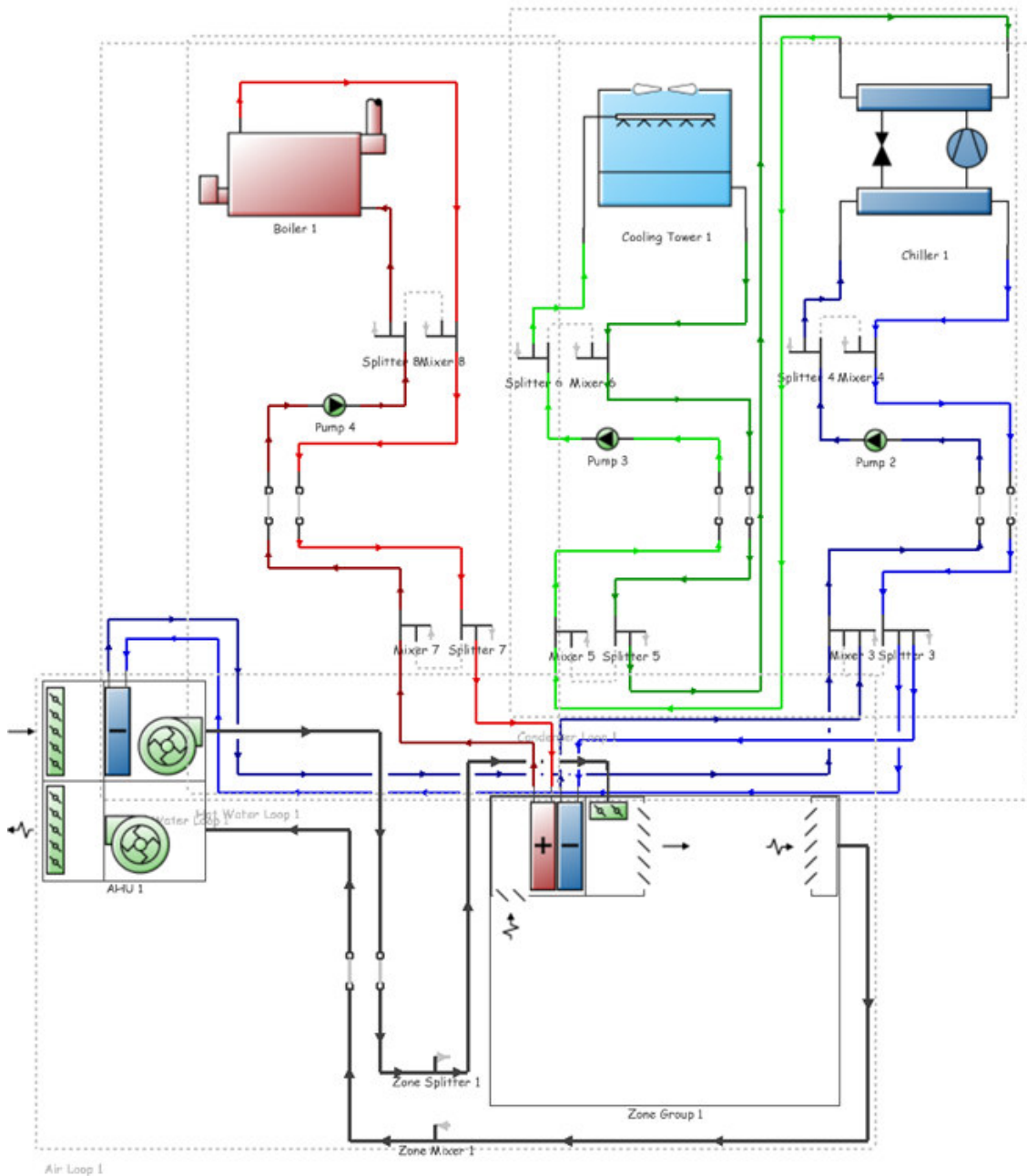


Figura 19 – Exemplo de sistema AVAC no DesignBuilder
 (https://designbuilder.co.uk/helpv3.4/Content/Detailed_HVAC/Detailed_HVAC.htm)

O DesignBuilder é um programa de modelação acreditado pela norma AHRAE 140. Os relatórios com os resultados obtidos nos testes a que foi submetido podem ser consultados em (<https://designbuilder.co.uk/download/documents>), sendo que estão disponíveis os seguintes relatórios:

- (Report ASHRAE_140-2017_FABRIC_DesignBuilder_6.1.0.006, 2019)
- (Report ASHRAE_140-2017_HVAC_HE100-230_DesignBuilder_6.1.0.006, 2019)
- (Report ASHRAE_140-2017_HVAC_CE300-545_DesignBuilder_6.1.0.006, 2019)
- (Report ASHRAE_140-2017_HVAC_AE101-445_DesignBuilder_6.1.0.006, 2019)
- (Report ASHRAE_140-2017_HVAC_CE100-200_DesignBuilder_6.1.0.006, 2019)

2.4.2 Programas auxiliares no EnergyPlus™

No processo de instalação do EnergyPlus™ são fornecidos alguns programas auxiliares, nomeadamente:

- *Weather Converter Program* – dados climáticos;
- *Ground Heat Transfer in EnergyPlus* – temperaturas do solo;
- *View Factor Calculation Program* – cálculo de *View Factors*;
- *Using Older Version Input Files* - conversão de ficheiros criados em versões anteriores do EnergyPlus™ para a versão atual;
- *EPDraw* – criação de ficheiros DXF;
- *Input Macros* – utilização de linguagem macro para aumentar a eficiência na criação dos ficheiros para o EnergyPlus™. Ficheiros IDF com macros não são compatíveis com o IDF Editor;
- *HVAC Diagram* – diagrama do sistema AVAC definido;
- *CoeffConv/CoeffCheck* – conversão das curvas de temperatura do DOE-2 (Fahrenheit) para as curvas de temperatura do EnergyPlus™ (Celsius);
- *ExpandObjects* – expandir *HVAC Templates*;
- *CSVproc* – estatísticas básicas do ficheiro de resultados CSV;
- *convertESOMTR* – converter unidades;
- *CalcSoilSurfTemp Program* – cálculo dos parâmetros do solo utilizados na simulação de *Earth Tube*;
- *HVAC Performance Curve Fit Tool* - gerar curvas de desempenho dos equipamentos AVAC;
- *Parametric Spreadsheets* – folhas de cálculo para ilustrar ou ajudar a calcular aos parâmetros / coeficientes;
- *ParametricPreprocessor* – objetos especiais podem ser inseridos nos ficheiros IDF e gerar uma série de ficheiros IDF a partir de um único ficheiro, que contém objetos e expressões paramétricas. Ao contrário do uso da linguagem macro, esses ficheiros podem ser lidos no *IDF-Editor*;
- *AppGPostProcess - Appendix G PostProcessing program* – processa os resultados de saída para ajudar a avaliar os requisitos da ASHRAE Appendix G.
- *BLASTTranslator* – converte ficheiros do BLAST para o EnergyPlus™;
- *DOE2Translator* - converte ficheiros do DOE-2 para o EnergyPlus™;
- *Running Console Applications* - descreve como executar aplicativos que fazem parte do EnergyPlus™ e como podem ser modificados para necessidades específicas;
- *Technical Details of Running EnergyPlus™*- instruções para utilização do *EP-Launch* e *IDF-Editor*;
- *EP-Compare* – comparar resultados de múltiplos ficheiros de simulação.

(*EnergyPlus™ Version 9.2.0 Documentation - Auxiliary Programs, 2019*)

2.4.3 Ferramenta auxiliar HVAC Performance Curve Fit Tool

Esta ferramenta auxiliar gera curvas de desempenho dos sistemas AVAC no formato lido pelo EnergyPlus™. Para cada conjunto de dados inseridos, são geradas as curvas de desempenho da capacidade do equipamento (*Capacity*) e *Energy Input Ratio, EIR*, em função da temperatura ou do caudal.

As curvas de desempenho dos parâmetros *Capacity* e *EIR* de baterias de expansão direta para arrefecimento em função da temperatura são do tipo biquadráticas. Na situação de aquecimento podem ser usadas curvas biquadráticas, cúbicas e quadráticas. A seleção de um destes tipos de curva está dependente dos dados de desempenho disponíveis. As curvas de desempenho em função do caudal podem ser do tipo cúbicas ou quadráticas, de 1 ou 2 variáveis, como se pode ver na Tabela 3.

Tabela 3 – Exemplos dos tipos de curvas de desempenho possíveis (EnergyPlus™ Version 9.2.0 Documentation - Auxiliary Programs, 2019)

Tipo	Estrutura
Biquadrática	$Valor = a_0 + a_1X + a_2X^2 + a_3Y + a_4Y^2 + a_5XY$
Cúbica	$Valor = a_0 + a_1X + a_2X^2 + a_3X^3$
Quadrática	$Valor = a_0 + a_1X + a_2X^2$

As curvas de desempenho em função da temperatura são geradas para um conjunto de dados a uma determinada velocidade, enquanto que as curvas em função do caudal são geradas nas condições de temperatura nominais, sendo as condições nominais definidas na norma AHRI (2003; 2007; 2008), dependendo do tipo de equipamento.

Para baterias de expansão direta com diferentes velocidades ou estágios múltiplos, as curvas podem ser geradas pela introdução de diferentes conjuntos de dados para cada velocidade ou estágio em determinado momento. A ferramenta preenche automaticamente os parâmetros de entrada quando os utilizadores selecionam o tipo de bateria (*Coil Type*), as variáveis independentes (*Independent Variables*), o tipo de curva (*Curve Type*) e as unidades (*Units*).

Na interface da ferramenta apresentada na Figura 20 estão apresentados os parâmetros selecionados para gerar as curvas biquadráticas de *Capacity* e *EIR* em função da temperatura para uma bateria de arrefecimento. A ferramenta pode ser utilizada para os seguintes tipos de componentes:

- *Coil:Cooling:DX:SingleSpeed*
- *Coil:Heating:DX:SingleSpeed*
- *Coil:Cooling:DX:TwoSpeed* (velocidade alta ou baixa)
- *CoilPerformance:DX:Cooling* (cada estágio)
- Qualquer equipamento AVAC que utiliza curvas biquadráticas, cúbicas ou quadráticas.

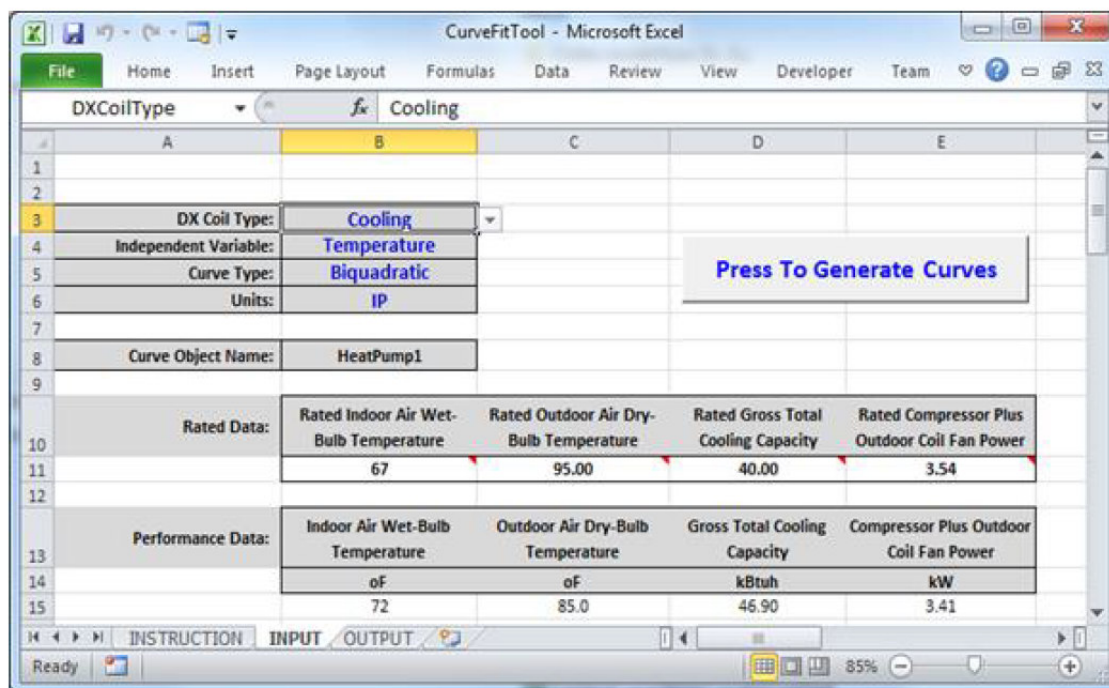


Figura 20 – Interface da ferramenta *CurveFitTool* (EnergyPlus™ Version 9.2.0 Documentation - Auxiliary Programs, 2019)

O modelo computacional VRV bomba de calor no EnergyPlus™ é um modelo de equações baseadas em curvas geradas pelos dados de desempenho do fabricante, que alteram a capacidade nominal e o consumo elétrico para uma previsão do desempenho dos equipamentos. A correção da temperatura é efetuada por curvas biquadráticas e a bateria da unidade interior usa curvas cúbicas ou quadráticas para a variação do caudal. (EnergyPlus™ Version 9.2.0 Documentation - Auxiliary Programs, 2019)

(NIGUSSE; RAUSTAD, 2013), afirmam que em geral, o modelo computacional de sistemas VRV bomba de calor consegue prever a capacidade e potência elétrica a partir dos dados de desempenho dos fabricantes dentro dos limites de precisão. A qualidade do modelo do EnergyPlus™ em prever o desempenho de um sistema é tanto melhor quanto mais precisas forem as curvas de desempenho geradas a partir dos dados dos fabricantes.

2.4.4 Outras ferramentas

O pacote de instalação do EnergyPlus™ inclui uma plataforma Windows, denominado *IDF Editor* para criação de ficheiros com os dados de caracterização do edifício (.idf). Além desta plataforma, os ficheiros podem ser lidos em editores de texto como o *NotePad* ou *WordPad*. Estas últimas aplicações podem ser utilizadas para criar ficheiros ASCII para utilização pelo EnergyPlus™, isto é, se os dados que caracterizam o edifício forem escritos num ficheiro de texto com determinada estrutura, estes são lidos pelo

EnergyPlus™. (EnergyPlus™ Version 9.2.0 Documentation - Tips and Tricks for Using EnergyPlus, 2019)

De modo a facilitar a utilização do EnergyPlus™ na China (PAN; LI; ZHOU; HUANG *et al.*, 2010) desenvolveram um interface gráfica denominada *VisualEPlus*, tendo sido desenvolvido de forma genérica de modo a poder ser utilizado em qualquer país e permitir utilizar outras ferramentas de modelação e interfaces do EnergyPlus™. A ferramenta apresenta 3 módulos principais: *Building Loads Module* para definição da geometria, envolvente e condições interiores, *HVAC System Module* com funcionalidade de *drag-and-drop* para definir o sistema AVAC e o *View Report Module* para visualização de resultados.

(FERNANDES; RODRIGUES; GASPAR; GOMES, 2018) estão a desenvolver uma ferramenta auxiliar de projeto para previsão do desempenho de um edifício em fase de projeto em termos de conforto térmico e consumo de energia. A ferramenta avalia, classifica e otimiza o *layout* do edifício de acordo com os critérios de desempenho térmico, usando o programa de simulação dinâmica EnergyPlus™. Atualmente, a ferramenta utiliza uma ampla variedade de objetos EnergyPlus™, permitindo vários modelos, sistemas e componentes detalhados de AVAC, produção de AQS, além de ganhos internos, elementos construtivos e controlo para economia de energia.

ABEMAT (*Automated Building Energy Modeling and Assessment Tool*) é uma ferramenta que foi desenvolvida para automatização da simulação energética de edifícios e fornecer resultados pela utilização de BIM e código modificado de programas de simulação energética como EnergyPlus™ e o OpenStudio. O arquivo gbXML é inserido na ferramenta e esta reporta os resultados de transferência de calor através de cada elemento da envolvente, como janelas, portas e paredes, através de um processo automático. (KAMEL; MEMARI, 2018)

(XU; CHONG; LAM; WANG, 2019) pretendem desenvolver um “tradutor” de código aberto gbXML para o EnergyPlus™, denominado *gbEPlus*, permitindo flexibilidade para a introdução de módulos criados pelo utilizador. Adota o “tradutor” inverso do OpenStudio para garantir a qualidade da geometria e conversão dos dados construtivos. Foi projetada uma interface para importação de dados a partir de recursos externos para o processo de conversão gbXML-EnergyPlus e todos os módulos desenvolvidos anteriormente podem ser armazenados numa biblioteca para reutilização futura.

DESENVOLVIMENTO

- 3.1 DESCRIÇÃO DO TRABALHO
- 3.2 DEFINIÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO
- 3.3 ENERGYPLUS™
- 3.4 FERRAMENTA EXCEL/ VBA
- 3.5 RESULTADOS

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 DESCRIÇÃO DO TRABALHO

O principal objetivo do presente trabalho consiste em alterar a ferramenta para definição de sistemas AVAC no EnergyPlus™, desenvolvida em 2007, com vista a:

- Atualizar a ferramenta para a versão mais atual do EnergyPlus™ (v9.2);
- Introduzir novos sistemas AVAC, nomeadamente chillers bomba de calor e sistemas VRV;
- Definição das curvas características dos diferentes equipamentos;
- Reestruturação da folha de cálculo onde são inseridos os dados característicos dos sistemas AVAC;
- Reestruturação do código VBA.

3.1.1 Metodologia

A ferramenta a desenvolver tem de ter a capacidade de definir os vários componentes dos sistemas AVAC existentes num edifício e as diferentes configurações possíveis.

Nesse sentido, o presente trabalho envolveu a criação de um edifício fictício de 6 pisos, onde foi definido em cada piso uma configuração diferente de sistemas AVAC. Deste modo, foi possível garantir que os diferentes sistemas são incluídos e desenvolver o código garantido a possibilidade da sua coexistência.

O modelo de simulação do edifício foi desenvolvido no DesignBuilder, incluindo a caracterização construtiva. Ainda neste software foram definidos os diferentes sistemas AVAC e respetivas características. A versão atual do DesignBuilder (v6) utiliza a versão 8.1 do EnergyPlus™. Após exportação do ficheiro *.idf*, foi utilizada a ferramenta auxiliar *IDFVersionUpdater* do EnergyPlus™, que converteu este ficheiro para a versão 9.2.

De seguida a folha de cálculo foi reorganizada, incluindo a introdução dos dados necessários para especificar os novos sistemas. Tendo por base o ficheiro obtido pelo DesignBuilder, todo o código VBA foi verificado e alterado, tendo sido ainda introduzido novo código para definição dos novos sistemas e curvas de funcionamento dos equipamentos.

A fase seguinte consistiu em retirar os objetos referentes aos sistemas AVAC do ficheiro criado no DesignBuilder e inserir os objetos criados pela ferramenta desenvolvida,

mantendo todos os demais objetos. Assim, foram criados dois modelos de simulação, onde as características geométricas, construtivas e de funcionamento foram definidas no mesmo software e os sistemas AVAC foram definidos por dois métodos diferentes.

A validação da ferramenta foi efetuada por comparação da estrutura e objetos criados nos dois ficheiros (.idf) e pela comparação dos resultados obtidos, sendo que deverão ser iguais nas duas situações.

Posteriormente a ferramenta foi utilizada em quatro situações reais, com modelos de simulação calibrados pela realização de auditorias energéticas no âmbito do SCE.

3.1.2 Ferramenta Existente

A ferramenta existente consiste numa folha de cálculo Excel onde são definidos os dados característicos dos sistemas AVAC a introduzir. Na Figura 21 é apresentada a zona da folha de cálculo referente à indicação da localização do ficheiro de saída, os dados de produção de energia térmica, tipologias de funcionamento, perfis de funcionamento auxiliares a criar e unidades de ventilação.

Na Figura 22 é apresentada a zona da folha de cálculo onde são definidas as características dos sistemas AVAC por zona térmica.

Guardar em: C:\Users\Joana Cardoso\Desktop\ENES\Q1191_Colégio_Luro Francés\Simulação\EP\Real Ficheiro

Tipo de sistemas: Caldeira e Chiller Efic: 0.89 EER: 2.9

Crauto de Água: Aquec: Arref: Tin (°C): 80 Tout (°C): 7

Piso Radiante: Nib: Aquec: Arref: Tin (°C): 40 Tout (°C): 21

SZ/ch: 19 20

7		1		10																								
Bases/Objetos Extra																												
Tipologias	Compact HVAC	Bomba de calor	VAV	Zona de Controlo	Tipologia	Ar. Insuf. (m³/s)	Ar. Novo (m³/s)	ΔP Pa	Efic	Heat Recovery	T (°C)	s/n	Omex	s/n	max	min	Controlo Humidade	Singlezone/Single duleid	TSZ	Tinsuf Min	Tinsuf Max	Arref (m³/s)	Aquec (m³/s)	UA Factor	Aquec (kW)	Arref (kW)	COP	EER
geral	4	n	n	POEGuitarra	geral	0.732	0.732	700	0.70	s	20	n	0.722	n	40	60	n	40	SZ	18	20	0.00000	0.00000	0	0.0	0.0	3.00	2.90
Atício		n	n	PO-Circ	geral	0.389	0.389	700	0.70	s	20	n	0.389	n	40	60	n	40	SZ	18	20	0.00000	0.00000	0	0.0	0.0	3.00	2.90
Zciclo		n	n	PZ2Clab	geral	2.044	2.044	700	0.70	s	20	n	2.044	n	40	60	n	40	SZ	18	20	0.00000	0.00000	0	0.0	0.0	3.00	2.90
creche		n	n	POJSalas4	creche	0.806	0.806	700	0.70	s	20	n	0.806	n	40	60	n	40	SZ	18	20	0.00000	0.00000	0	0.0	0.0	3.00	2.90
ginasio		n	n	POJSalas2	creche	1.472	1.472	700	0.70	s	20	n	1.472	n	40	60	n	40	SZ	18	20	0.00000	0.00000	0	0.0	0.0	3.00	2.90
auditorio		n	n	POJSalas3	geral	6.569	6.569	700	0.70	s	20	n	6.569	n	40	60	n	40	SZ	18	20	0.00000	0.00000	0	0.0	0.0	3.00	2.90
st		n	n	PIA.2CSalab	geral	1.125	1.125	700	0.70	s	20	n	1.125	n	40	60	n	40	SZ	18	20	0.00000	0.00000	0	0.0	0.0	3.00	2.90
RT		s	n	POJ.Auditorio	auditorio	8.006	3.603	700	0.70	s	20	n	8.006	n	40	60	n	40	SZ	18	20	0.00000	0.00000	0	0.0	0.0	4.13	3.09
VT		n	n	POJ.Entrada	geral	0.881	0.881	700	0.70	n	20	n	0.881	n	40	60	n	40	SZ	18	20	0.00000	0.00000	0	0.0	0.0	3.00	2.90
Transf		n	n	POJ.I51	geral	0.042	0.042	700	0.70	n	20	n	0.042	n	40	60	n	40	SZ	18	20	0.00000	0.00000	0	0.0	0.0	3.00	2.90

Figura 21 – Print screen da ferramenta atual (dados gerais, produção de energia térmica e unidades de tratamento de ar)

Zonas

Nome Zona	UTA	Tipologia	Ar. Insuf. (m³/s)	Ar. Novo (m³/s)	Q (m³/s)	ΔP (Pa)	Colts (caudais água)			Unidades tipo Bomba de Calor			VÉs			Reheat Coil	Radiadores		PR superfície		
							Arref (m³/s)	Aquec (m³/s)	Factor	Aquec (kW)	Arref (kW)	COP	EER	Caudal (m³/s)	Q (m³/s)		ΔP (Pa)	Pot (kW)		Controlo	
POL.EFseguranca	VN	ginasio	0.007	0.007	5	0.000	150	0.00000	0.0	n	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	150	n	5	0.0	MAT	n
POL.ADCirc	RT	auditorio	0.750	0.338	n	0.000	150	0.00000	0.0	n	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	150	n	5	0.0	MAT	n
POL.ADBasididores	RT	auditorio	0.583	0.263	n	0.000	150	0.00000	0.0	n	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	150	n	5	11.0	MAT	n
POL.Auditorio	RT	auditorio	5.756	2.590	n	0.000	150	0.00000	0.0	n	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	150	n	5	0.0	MAT	n
POL.Arrumos1	RT	geral	0.083	0.038	n	0.000	150	0.00000	0.0	n	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	150	n	5	0.0	MAT	n
POL.Aseguranca	VN	geral	0.000	0.000	n	0.000	150	0.00000	0.0	n	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	150	n	5	0.5	MAT	n
POJ.Circ1	UT44	creche	0.222	0.222	5	0.000	150	0.00000	0.0	n	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	150	n	5	8.2	MAT	n
POJ.Polivalente	UT45	creche	0.194	0.194	5	0.000	150	0.00000	0.0	n	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	150	n	5	4.1	MAT	n
POJ.Circ2	UT45	creche	0.222	0.222	5	0.000	150	0.00000	0.0	n	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	150	n	5	8.2	MAT	n
POJ.Salas1	UT45	creche	0.194	0.194	5	0.000	150	0.00000	0.0	n	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	150	n	5	4.1	MAT	n
POJ.I51	Transf	creche	0.000	0.000	5	0.000	150	0.00000	0.0	n	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	150	n	5	2.2	MAT	n
POJ.Salas2	UT45	creche	0.583	0.583	5	0.000	150	0.00000	0.0	n	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	150	n	5	12.3	MAT	n
POJ.Recreio	UT45	creche	0.278	0.278	5	0.000	150	0.00000	0.0	n	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	150	n	5	10.4	MAT	n
POJ.Salas3	UT44	creche	0.194	0.194	5	0.000	150	0.00000	0.0	n	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	150	n	5	4.1	MAT	n
POJ.I52	Transf	creche	0.000	0.000	5	0.000	150	0.00000	0.0	n	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	150	n	5	2.2	MAT	n
POJ.Salas4	UT44	creche	0.389	0.389	5	0.000	150	0.00000	0.0	n	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	150	n	5	8.2	MAT	n
POJ.Entrada	VN	geral	0.117	0.117	5	0.000	150	0.00000	0.0	n	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	150	n	5	0.0	MAT	n

Figura 22 – Print screen da ferramenta atual (zonas térmicas)

A ferramenta existente permite criar alguns dos sistemas mais comuns instalados nos edifícios, nomeadamente:

- Sistemas principais de produção de energia: caldeira, *chiller*, redes urbanas e sistemas de climatização ideais;
- Sistemas de ventilação: unidades de tratamento de ar (UTA), unidades de tratamento de ar novo (UTAN) e *Rooftop's*, com opção variação de caudal, recuperação de calor e *free cooling*;
- Sistemas de climatização locais: ventiloconvectores (VC's), unidades de climatização individual com baterias de expansão direta, radiadores de água quente e pavimento radiante.

No entanto, a ferramenta apresenta algumas limitações no que diz respeito à introdução das características dos diferentes componentes:

- Em caldeiras e *chillers* apenas podem ser indicadas as eficiências e temperaturas de ida e retorno;
- Todas as unidades de ventilação são criadas com baterias de água quente e água fria, sendo que quando se trata de ventiladores de insuflação ou quando não existe uma das baterias, é necessário alterar no próprio EnergyPlus™ os perfis de funcionamento, definindo como *Off*;
- Ainda no que diz respeito a unidades de ventilação não é possível indicar a eficiência de recuperação, tendo este valor que ser alterado no EnergyPlus™;
- Não é possível definir sistemas VRV, sendo que as unidades interiores são definidas com baterias de expansão direta individuais;
- A maior parte das características são definidas com os valores por *default*, incluindo as curvas de funcionamento dos equipamentos;
- Existem dados que nunca são utilizados, como por exemplo o tipo de sistema *IdealLoadSystems* (sistema simplificado ideal onde apenas são definidos os caudais de ar novo e as temperaturas de conforto);
- É possível definir os caudais nos circuitos de água das unidades de tratamento de ar e ventiloconvectores. No entanto, uma vez que a maioria dos dados são definidos por *default*, a definição destes valores resulta frequentemente em erros de simulação, com os valores de dimensionamento dos restantes parâmetros fora dos intervalos permitidos;
- A utilização da ferramenta ao longo dos anos evidenciou ainda alguns problemas na organização da folha de introdução de dados, que pode perfeitamente ser otimizado.

3.2 DEFINIÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO

O modelo de simulação foi criado na versão 6.1.5.002 do DesignBuilder, com uma licença temporária e gratuita de 30 dias. No entanto, esta versão revelou-se insuficiente para o trabalho a desenvolver, não só pela limitação de tempo, bem como pelas restrições inerentes à versão gratuita, onde se destaca a impossibilidade de exportação direta do ficheiro (.idf).

Apesar de ter sido possível obter o ficheiro (.idf) através de ficheiros intermédios, criados aquando da simulação, as restrições incluem ainda a substituição da nomenclatura de zonas e materiais definidos pelo utilizador por números, sem comentários auxiliares. Este fator releva-se importante uma vez que dificulta a identificação das zonas e impossibilita a utilização da nomenclatura dada pelo utilizador na definição dos sistemas AVAC afetos a essas zonas. Deste modo, optou-se pela aquisição de uma licença de estudante para completar o trabalho.

A definição do modelo de simulação teve por base as soluções de referência e os requisitos mínimos aplicáveis para edifícios de comércio e serviços no âmbito do SCE, definidos na Portaria n.º 349-D/2013 de 2 de dezembro, retificada pela Declaração de Retificação n.º 3/2014 de 31 de janeiro e alterada pela Portaria n.º 17-A/2016 de 4 de fevereiro e pela Portaria n.º 42/2019 de 30 de janeiro.

3.2.1 Dados climáticos

Os requisitos mínimos aplicáveis dependem da localização do edifício, tendo-se optado por localizar o edifício na cidade do Porto, a uma altitude de 94 m, correspondente à altitude de referência para este concelho. O Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG) disponibilizou a aplicação “CLIMAS-SCE”, onde se pode selecionar o município de interesse, especificar a altitude do local e obter as estatísticas climatológicas e o Ano Meteorológico de Referência para executar simulações dinâmicas de sistemas e edifícios, sendo que os dados vêm corrigidos com a altitude do local. Os dados climáticos para o edifício em análise foram obtidos através da versão 1.05 desta ferramenta, tendo-se obtido as características climáticas apresentadas na Figura 23 e o ficheiro *EPW* (*EnergyPlus Weather*) para a simulação anual.

Assim, considerou-se que o edifício está localizado no concelho do Porto, a uma altitude de 94 m. Esta situação geográfica é classificada como zona climática I1 V2 no Grande Porto (referência de Nomenclatura das Unidades Territoriais para fins Estatísticos - NUTS III) e caracterizada por 1250 graus-dias, duração da estação de aquecimento de 6.2 meses, temperatura média do ar exterior de 20.9°C na estação de arrefecimento e 9.9°C na estação de aquecimento.

Anos Meteorológicos de Referência para simulação dinâmica



versão 1.05 (13 fevereiro 2014)

Seleção por município

Porto

preparar ficheiro

EPW (formato EnergyPlus Weather)

Zona climática

NUTS 3: Grande Porto
 Latitude: 41.3 °N (nominal)
 Longitude: 8.6 °W (nominal)
 Altitude: 94 m (referência)

Local específico

Município: Porto
 Altitude: 94 m

Dados climáticos

	Referência	Neste local
Estação de aquecimento		
Período:	6.2	6.2 meses
T média:	9.9	9.9 °C
Graus-dia:	1250	1250 °C
Estação de arrefecimento		
T média:	20.9	20.9 °C

Zonas de verão e inverno

V 2 I 1



Sistema Nacional de Certificação de Edifícios
Decreto-Lei 118/2013 de 20 agosto

Figura 23 – Dados climáticos para o concelho do Porto (altitude de 94 m)

3.2.2 Modelo geométrico

O modelo desenvolvido envolve um edifício de 7 pisos (Figura 24), onde cada piso com as dimensões de 20 m x 10 m e pé direito de 3 m, é dividido em 4 zonas iguais (Figura 25), garantindo a existência de várias zonas com o mesmo sistema de climatização.

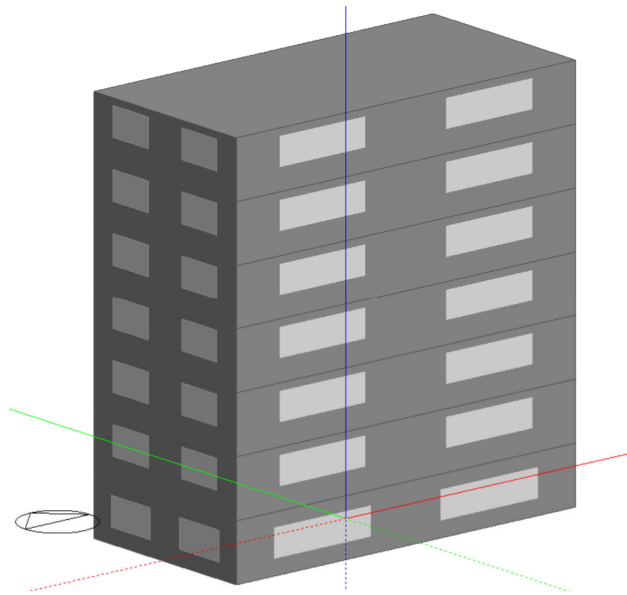


Figura 24 – Modelo geométrico tridimensional

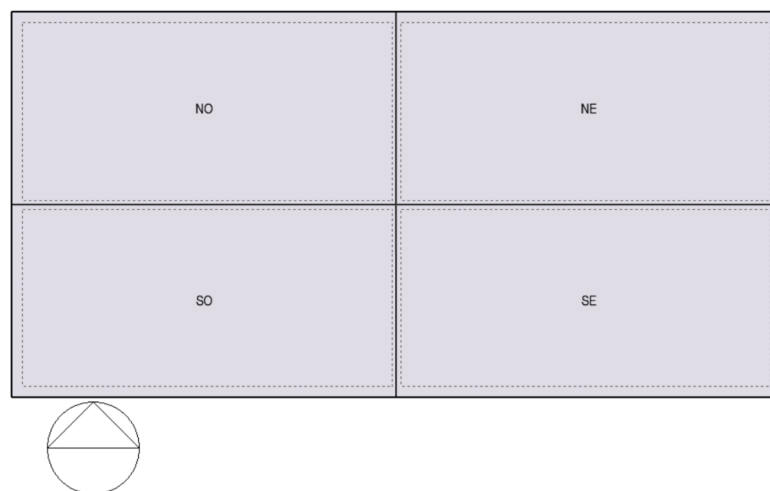


Figura 25 – Zonamento térmico

3.2.3 Caracterização construtiva

No que diz respeito à envolvente foram utilizadas as seguintes premissas:

- Coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência de elementos opacos e vãos envidraçados constantes na Tabela 4, que correspondem também aos valores máximos;
- Área de vãos envidraçados igual a 30% da área de fachada e 0% nas coberturas;
- Fator solar (g) dos vãos envidraçados de referência constantes na Tabela 4;

Tabela 4 – Valores de referência

Zona corrente	U referência [W/(m ² .°C)]			g referência		
	I1	I2	I3	V1	V2	V3
Elementos opacos verticais exteriores	0.70	0.60	0.50	-	-	-
Elementos opacos horizontais exteriores	0.50	0.45	0.40	-	-	-
Vãos envidraçados exteriores	4.30	3.30	3.30	0.25	0.20	0.15

3.2.4 Cargas internas e perfis de funcionamento

As cargas internas foram definidas de acordo com a Tabela 5.

Tabela 5 – Cargas internas

Tipo	Densidade	Observações
Ocupação	5 m ² /ocupante	<ul style="list-style-type: none"> • Questão P13.v1 do documento Perguntas & Respostas, publicado pela ADENE (outubro 2019) para a tipologia “lojas”, uma vez que para a tipologia “escritórios” a densidade de 15 m²/ocupante resulta em apenas 3 ocupantes por zona térmica de 50 m²
Iluminação	10.5 W/m ²	<ul style="list-style-type: none"> • Iluminância de acordo com o ponto 5.3 “Requisitos de iluminação para espaços interiores, tarefas e atividades” da EN 12464-1 para “escritórios”: 500 lux • Valor máximo de densidade de potência de iluminação (DPI) definido na Portaria nº 349-D/2013, na sua redação atual, para “Escritórios com mais de 6 pessoas”: 2.1 W/m²/100 lux
Equipamentos	15 W/m ²	<ul style="list-style-type: none"> • Questão P13.v1 do documento Perguntas & Respostas, publicado pela ADENE (outubro 2019) para a tipologia “escritórios”

Os perfis de funcionamento foram definidos tendo por base os perfis por defeito estabelecidos na questão P13.v1 do documento Perguntas & Respostas, publicado pela ADENE em outubro de 2019. Os perfis de funcionamento a utilizar são apresentados na Figura 26 (ocupação), Figura 27 (iluminação) e Figura 28 (equipamentos).

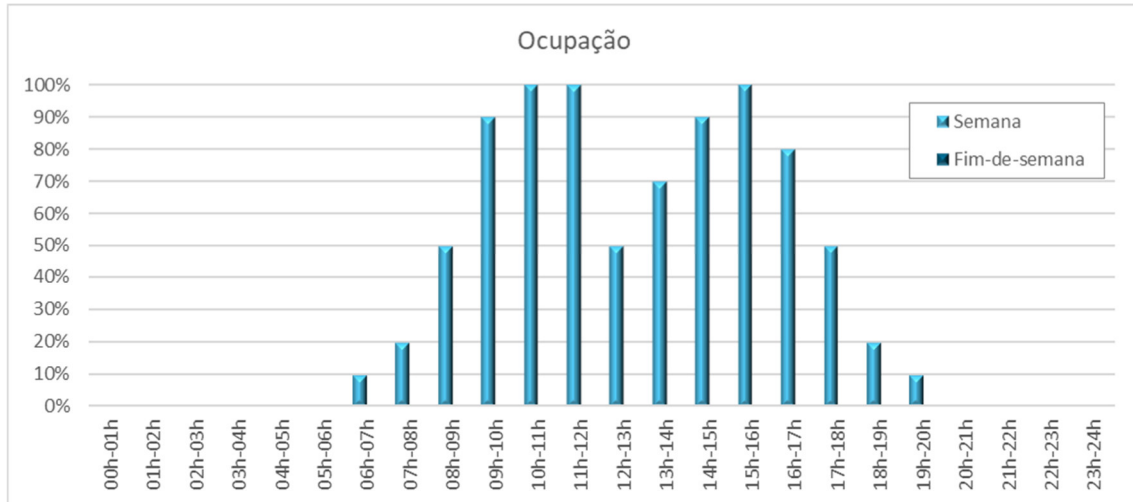


Figura 26 – Perfil de ocupação

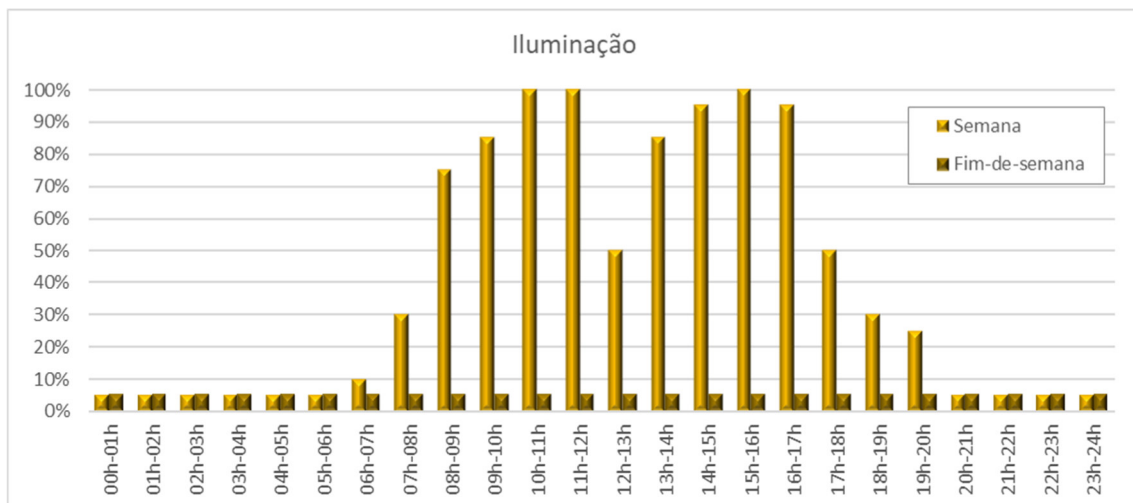


Figura 27 – Perfil de funcionamento de iluminação

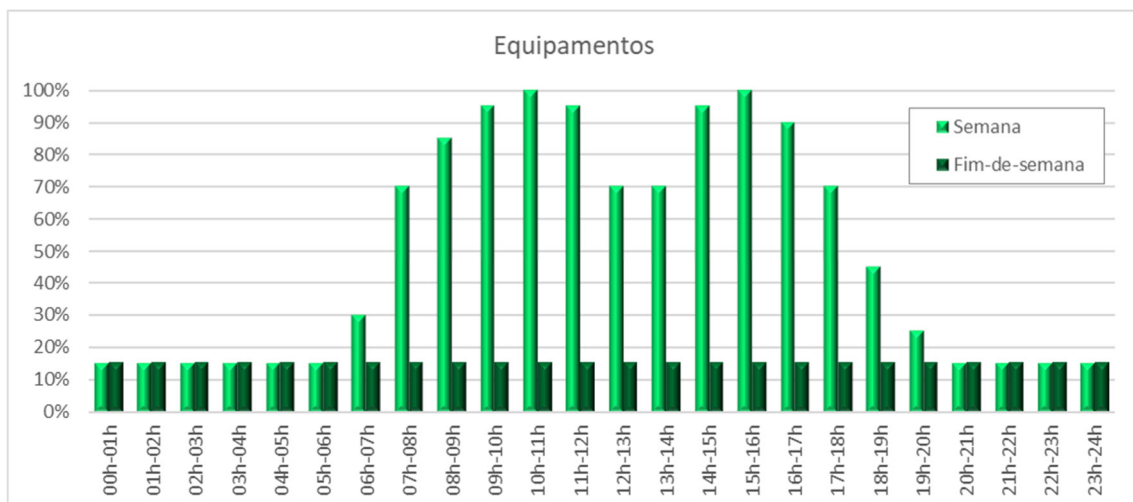


Figura 28 – Perfil de funcionamento de equipamentos elétricos

3.2.5 Caudais de ar novo

De acordo com a Portaria nº 349-D/2013, na sua redação atual, na solução de referência devem ser utilizados os valores de caudal de ar novo por espaço, determinados pelo método prescritivo e utilização de um sistema de ventilação exclusivamente mecânico, com uma eficácia de ventilação de 0.8.

O método prescritivo está definido na Portaria nº 353-A/2013 de 4 de dezembro e baseia-se na determinação dos caudais de ar novo que garantem a diluição da carga poluente devido:

- Aos ocupantes do espaço e em função do tipo de atividade física (atividade metabólica) aí desenvolvida;
- Ao próprio edifício e em função do tipo de materiais usados na construção, nos revestimentos das superfícies e no mobiliário.

O caudal mínimo de ar novo a considerar por aplicação deste método é o maior dos valores determinados para os dois tipos de carga poluente acima referidos e para o espaço em causa.

Cálculo do caudal mínimo de ar novo

O caudal mínimo de ar novo para diluição da carga poluente devida aos ocupantes foi determinado para um tipo de atividade sedentária (Escritórios): 24 m³/h/ocupante.

O valor de caudal mínimo de ar novo do espaço para diluição da carga poluente devida ao próprio edifício e seus materiais e às atividades desenvolvidas foi determinado considerando que não existem atividades que envolvam a emissão de poluentes específicos: 3 m³/h/m². Na Tabela 6 é apresentado o cálculo do caudal de ar novo por zona térmica.

Tabela 6 – Caudal de ar novo por zona térmica

Diluição	Tipo	Requisito	Caudal Mínimo [m ³ /h]	ε _v	Caudal Ar Novo [m ³ /h]
Por ocupação	Sedentário	10 ocupantes 24 m ³ /h/ocup.	240		
Devido aos materiais e utilização	Sem atividades que envolvam a emissão de poluentes específicos	50 m ² 3 m ³ /h/m ²	150	0.8	300

3.2.6 Sistemas AVAC

De acordo com a Portaria nº 349-D/2013, na sua redação atual, os sistemas de ar condicionado, bombas de calor com ciclo reversível e *chillers* de arrefecimento devem obedecer aos requisitos mínimos de eficiência apresentados na Tabela 7, baseados na classificação Eurovent de acordo com a classe de eficiência mínima exigida: B. Para efeitos de cálculo os valores de eficiência dos equipamentos a definir no modelo de simulação (COP – *Coefficient of Performance* e EER – *Energy Efficiency Ratio*), correspondem aos valores mínimos de eficiência, mediante o tipo de equipamento.

Tabela 7 – Valores mínimos de eficiência

Tipo	Tipo de permuta	Aquecimento	Arrefecimento
Unidades <i>split</i> , <i>multisplit</i> e VRV	ar-ar	COP = 3.40	EER = 3.00
	ar-água	COP = 3.70	EER = 3.30
Unidades compactas	ar-ar	COP = 3.20	EER = 2.80
	ar-água	COP = 4.40	EER = 4.10
Rooftop	ar-ar	COP = 3.20	EER = 2.80
	ar-água	COP = 4.40	EER = 4.10
<i>Chiller</i> bomba de calor de compressão	ar-ar	COP = 3.00	EER = 2.90
	ar-água	COP = 4.15	EER = 4.65

As caldeiras a combustível líquido ou gasoso devem obedecer os requisitos mínimos de eficiência na forma de classe de eficiência. A classe de eficiência mínima é A, a que corresponde um rendimento de 89%, sendo este o valor utilizado para efeitos de cálculo.

Definição dos sistemas AVAC

A definição dos sistemas AVAC no DesginBuilder é efetuada de modo detalhado através da introdução dos modelos pré-definidos e apresentados na Figura 29 ou através da definição componente a componente, sendo depois necessário efetuar as respetivas ligações.

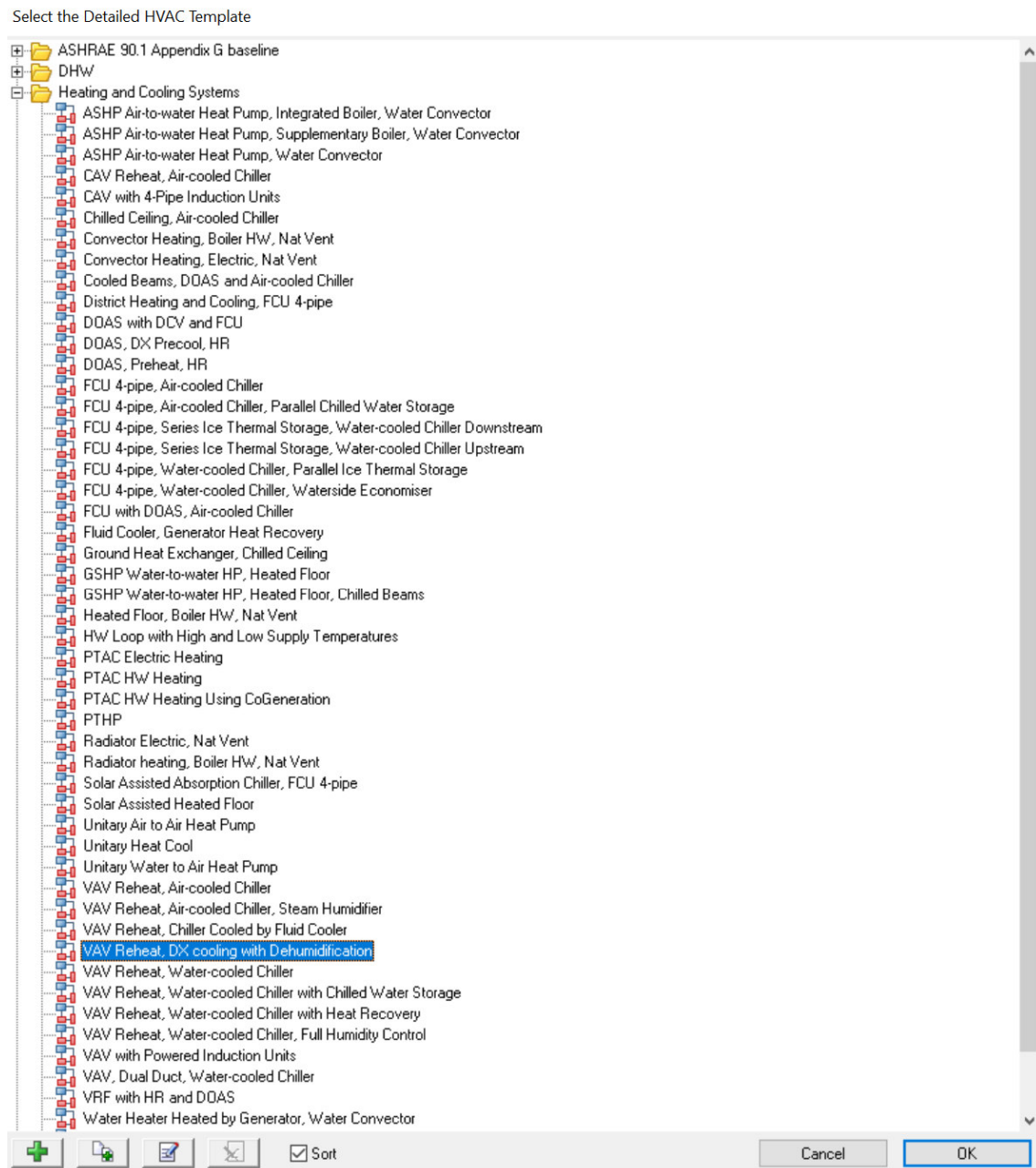


Figura 29 – Modelos pré-definidos de sistemas AVAC existentes no DesginBuilder

Na Figura 30 é apresentado um exemplo de um sistema pré-definido, constituído por uma UTA, com baterias de água quente e água fria, módulo de recuperação de calor e ventiladores de insuflação e retorno. O ar é insuflado a caudal constante através de uma bateria de reaquecimento terminal. A produção de energia térmica é efetuada através de uma caldeira e de um *chiller*.

Após introdução do modelo pré-definido, este pode ser alterado pela adição ou eliminação de diferentes componentes, sendo ainda possível alterar as suas características.

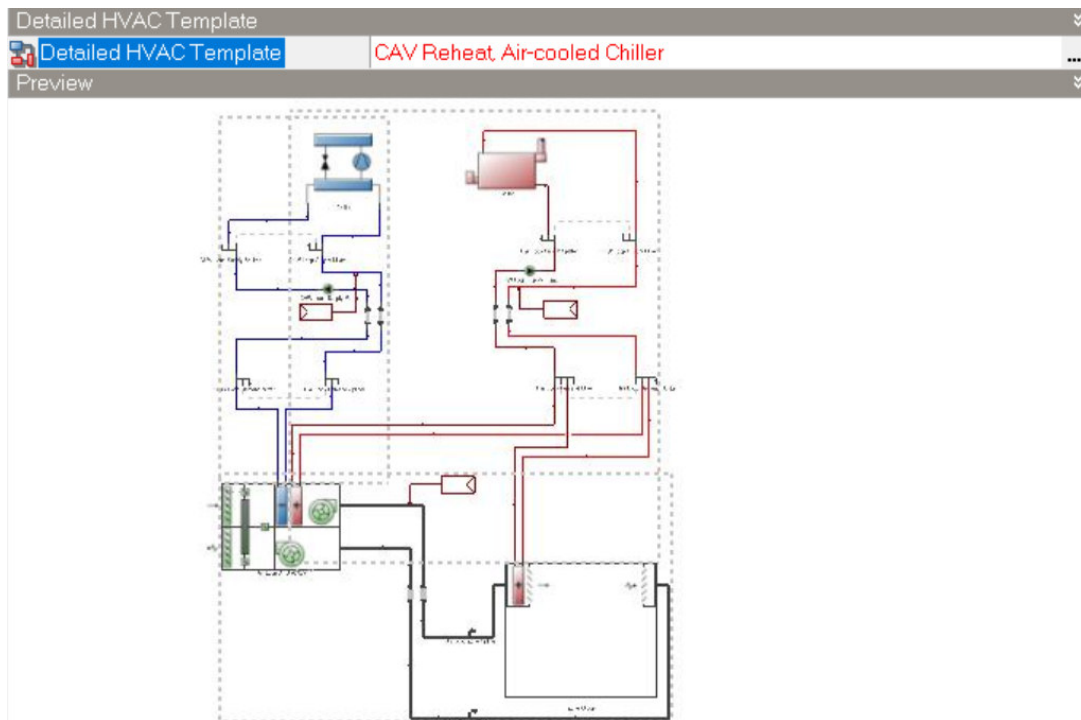


Figura 30 – Exemplo de um modelo pré-definido no DesignBuilder










No presente trabalho, optou-se por inserir os componentes individualmente e efetuar as ligações necessárias entre si, bem como alterar as definições por *default*, de modo a conceber o sistema pretendido. Na Figura 38 é apresentada a listagem dos principais componentes / circuitos, exteriores às zonas térmicas, possíveis de definir no DesignBuilder.

- [Add Generic Air Loop](#)
- [Add Dual Duct Air Loop](#)
- [Add Unitary Air-to-Air Heat Pump Air Loop](#)
- [Add Unitary Water-to-Air Heat Pump Air Loop](#)
- [Add Unitary Heat Cool Air Loop](#)
- [Add Hot Water Plant Loop](#)
- [Add Heat Pump Heating Plant Loop](#)
- [Add Chilled Water Plant Loop](#)
- [Add Heat Pump Cooling Plant Loop](#)
- [Add Primary/Secondary Chilled Water Plant Loop](#)
- [Add Condenser Loop](#)
- [Add DHW Loop](#)
- [Add Solar Heating Loop](#)
- [Add Auxiliary Heating Loop](#)
- [Add Ground Heat Exchanger Loop](#)
- [Add VRF Loop](#)
- [Add Heat Recovery Loop](#)

Figura 31 – Listagem dos componentes principais existentes

Ao nível das zonas térmicas, existem componentes adicionais possíveis de serem introduzidos no modelo de simulação, sendo estes apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Componentes ao nível das zonas térmicas

Símbolo	Componente	Subcomponente
	Add Radiative-convective unit	<ul style="list-style-type: none"> □ Add Water convector □ Add Electric convector □ Add Water radiator □ Add Electric radiator
	Add Extract	-
	Add Zone exhaust Fan	-
	Add Chilled Ceiling	-
	Add Heated Floor	-
	Add Radiant surface	-
	Add forced air unit	<ul style="list-style-type: none"> □ Add Fan coil unit (FCU) □ Add Packaged terminal heat pump (PTHP) □ Add Packaged terminal air conditioner (PTAC) □ Add Zone water-to-air heat pump □ Add VRF indoor unit
	Add Air distribution unit	<ul style="list-style-type: none"> □ Add CAV (Constat air volume) no reheat □ Add CAV reheat □ Add VAV(Variable air volume) reheat □ Add VAV reheat, variable speed □ Add VAV No reheat □ Add Series PIU (Powered Induction Unit) with reheat □ Add Parallel PIU with reheat □ Add CAV 4-pipe induction unit □ Add Dual duct CAV □ Add Dual duct VAV □ Add Cooled beam □ Add Outdoor air VAV
	Add Water heater heat pump	-

Na Tabela 9 é apresentado um resumo dos sistemas AVAC definidos no modelo de simulação, sendo cada um deles apresentado em maior pormenor nas secções seguintes. Na Figura 32 é apresentado uma visão global de todos os sistemas AVAC definidos no modelo de simulação em estudo.

Tabela 9 – Resumo dos sistemas AVAC definidos no modelo de simulação

Piso	Sistemas	Controlo temperatura insuflação
0	<ul style="list-style-type: none"> • Caldeira + <i>Chiller</i> • UTA, caudal constante • VC's 	<i>Single Zone</i>
1	<ul style="list-style-type: none"> • Caldeira + <i>Chiller</i> • UTAN, caudal constante e recuperação de calor • VC's + Radiadores 	<i>Scheduled</i>
2	<ul style="list-style-type: none"> • Caldeira + <i>Chiller</i> • UTA, variação de caudal e <i>free cooling</i> • VC's + Pavimento radiante 	<i>Multizone</i>
3	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Chiller</i> bomba de calor • UTA, caudal constante, recuperação de calor e <i>free cooling</i> • VC's 	<i>Scheduled</i>
4	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Chiller</i> bomba de calor • UTA, caudal variável, recuperação de calor e <i>free cooling</i> • Unidades de climatização individual com baterias de expansão direta tipo <i>split</i> 	<i>Multizone</i>
5	<ul style="list-style-type: none"> • Ventilador de insuflação • Sistema VRV 	-
6	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Rooftop</i> • Unidades de climatização individual com baterias de expansão direta tipo <i>split</i> 	<i>Single Zone</i>
7	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Rooftop</i> com recuperação de calor e <i>free cooling</i> • Unidades de climatização individual com baterias de expansão direta tipo <i>split</i> 	<i>Single Zone</i>

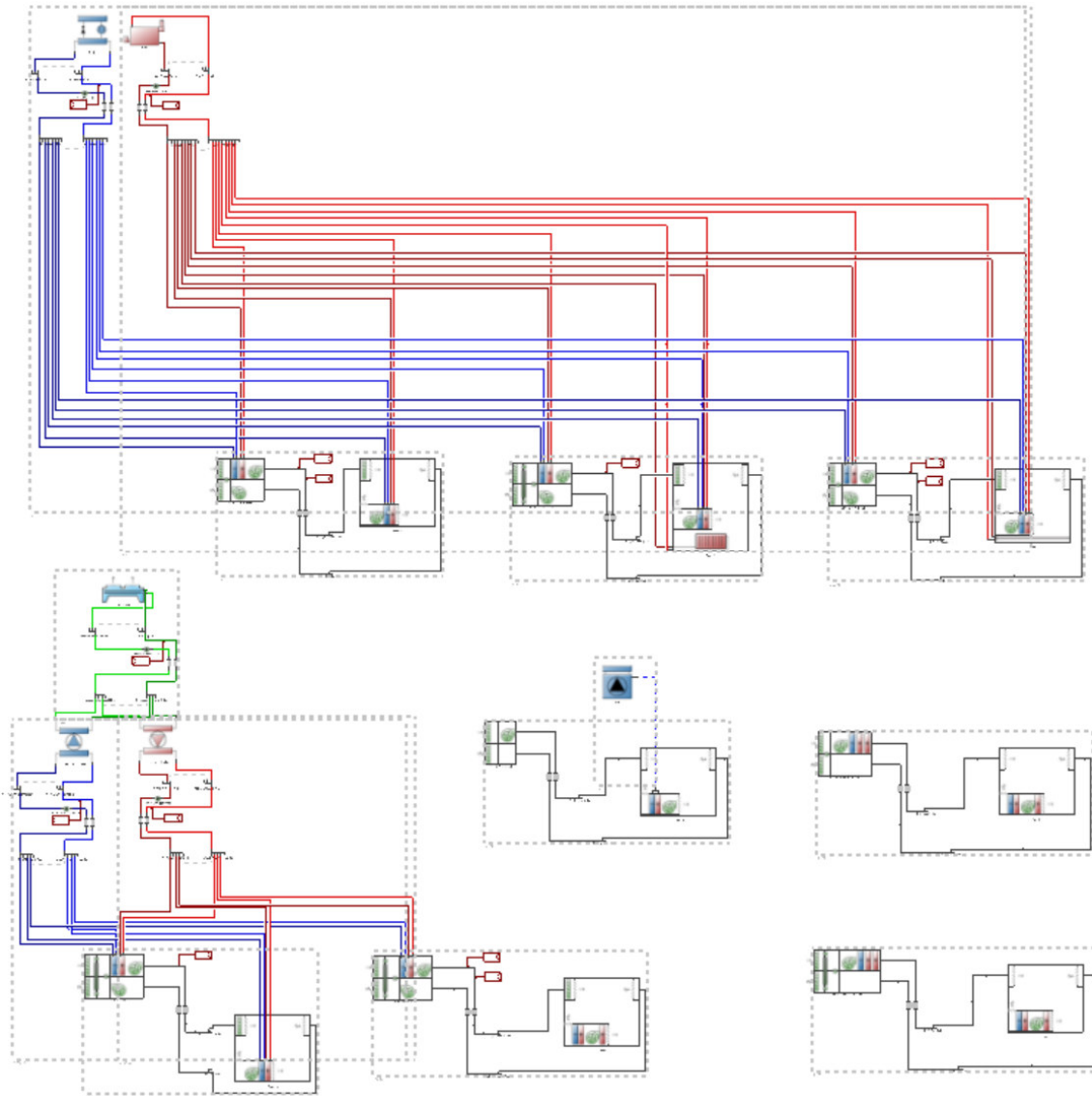


Figura 32 – Sistemas de AVAC definidos no modelo de simulação em estudo

3.2.6.1 Piso 0

No piso 0 a renovação do ar é garantida por uma UTA com ventilador de insuflação e ventilador de retorno, sendo ainda dotada de bateria de água quente e bateria de água fria (Figura 33 – A).

O ar é insuflado nas zonas térmicas a caudal constante (Figura 33 – C), apesar de se ter definido um dispositivo de caudal variável. Esta opção prende-se com o facto de que um dispositivo de caudal variável pode ser definido como caudal constante, mas um dispositivo de caudal constante não permite ser definido como variável.

As condições de conforto das zonas térmicas são garantidas pelo ar tratado insuflado pela UTA e por VC's (Figura 33 – D) definidos em cada zona.

A produção de energia térmica de aquecimento é efetuada através da caldeira e a energia térmica de arrefecimento é garantida pelo *chiller*. Os parâmetros que caracterizam estes componentes são descritos no Anexo 1 (secção 6.1.1 Produção de energia térmica para os pisos 0, 1 e 2).

O controlo da temperatura do ar insuflado é do tipo *Single Zone*, com definição de dois controladores (Figura 33 – B), um em modo aquecimento e outro em modo arrefecimento, sendo a zona de controlo a zona PO:SO. O intervalo da temperatura de insuflação é de 18°C - 20°C, consoante as necessidades da zona de controlo.

Todos os parâmetros que caracterizam cada um dos componentes apresentados na Figura 33 são descritos no Anexo 1 (secção 6.1.2 Componentes do piso 0).

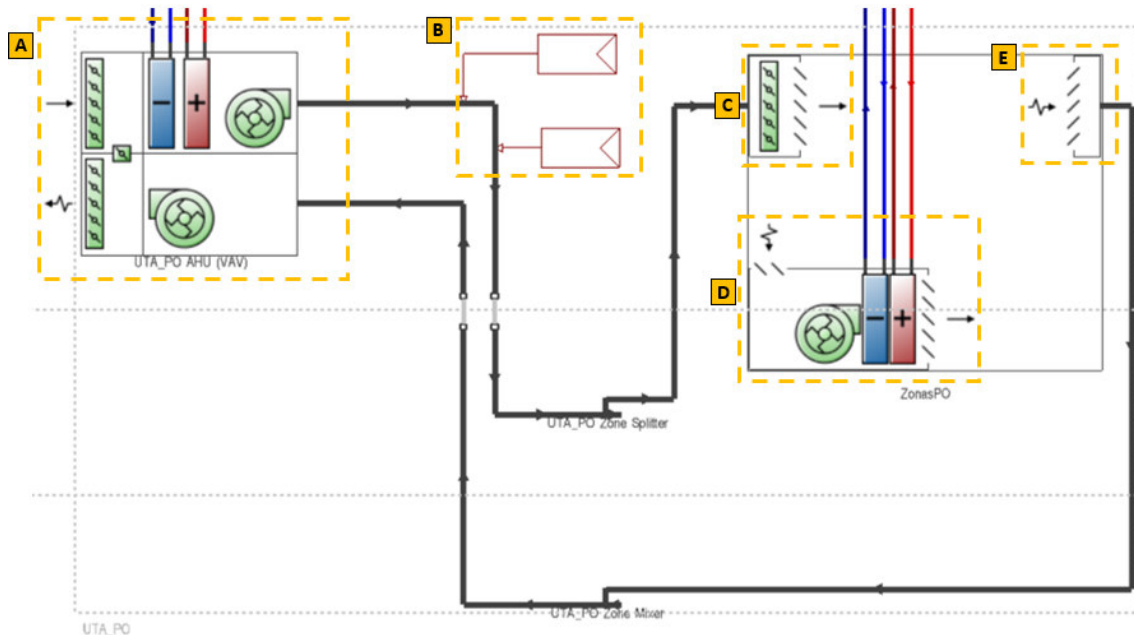


Figura 33 – Sistema AVAC exclusivo do piso 0

3.2.6.2 Piso 1

A renovação do ar no piso 1 é garantida por uma UTAN, com ventilador de insuflação e ventilador de retorno. A unidade é dotada de bateria de água quente, bateria de água fria e módulo de recuperação de energia (Figura 34 – A).

O ar é insuflado nas zonas térmicas a caudal constante (Figura 34 – C).

As condições de conforto das zonas térmicas são garantidas pelo ar tratado insuflado pela UTAN, por radiadores de água quente (Figura 34 – E) e VC's (Figura 34 – D), definidos em cada zona. Em modo aquecimento a prioridade é dada aos radiadores de água quente.

A produção de energia térmica de aquecimento é efetuada pela caldeira e a energia térmica de arrefecimento é garantida pelo *chiller*. Os parâmetros que caracterizam estes componentes são descritos no Anexo 1 (secção 6.1.1 Produção de energia térmica para os pisos 0, 1 e 2).

O controlo da temperatura do ar insuflado é do tipo *Scheduled*, com definição de um controlador (Figura 34 – B), tendo-se definido uma temperatura de insuflação constante de 19°C.

Todos os parâmetros que caracterizam cada um dos componentes apresentados na Figura 34 são descritos no Anexo 1 (secção 6.1.3 Componentes do piso 1).

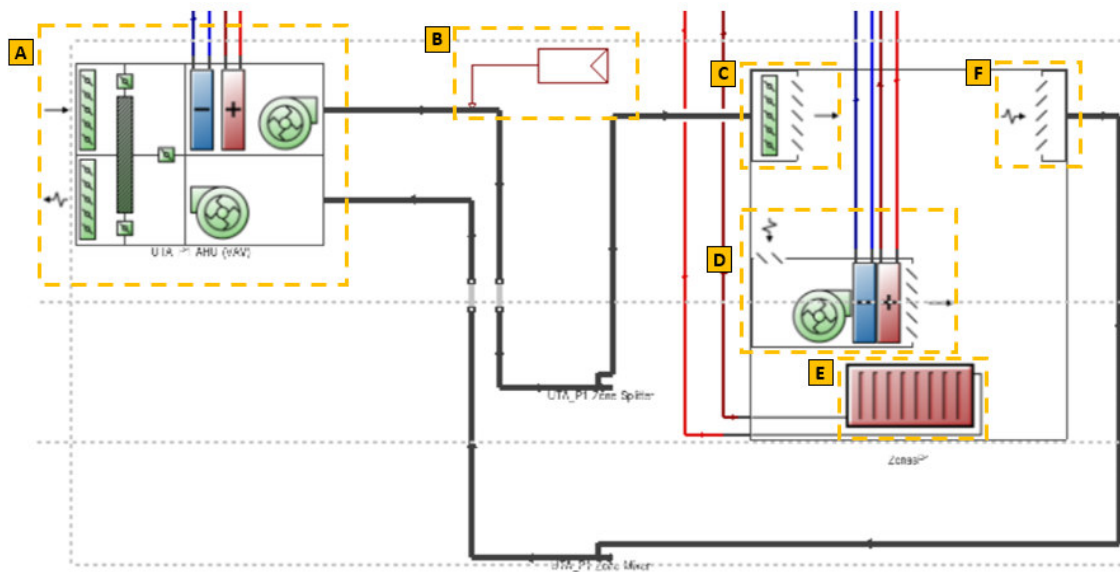


Figura 34 – Sistema AVAC exclusivo do piso 1

3.2.6.3 Piso 2

Para renovação do ar do piso 2 foi definida uma UTA com ventilador de insuflação e ventilador de retorno, sendo ainda dotada de baterias de água quente e água fria e possibilidade de *free cooling* (Figura 35 – A). Foi selecionada a opção *DifferentialDryBulb*, onde a regulação do caudal de ar novo a insuflar é efetuada pela diferença entre a temperatura de bolbo seco no exterior e no ar de retorno. Na situação onde a temperatura de bolbo seco do ar exterior seja superior à temperatura de bolbo seco no ar de retorno, é insuflado o caudal de ar novo mínimo.

O ar é insuflado nas zonas térmicas a caudal variável, de acordo com o perfil de ocupação (Figura 35 – C).

As condições de conforto das zonas térmicas são garantidas pelo ar tratado insuflado pela UTAS, por pavimento radiante (Figura 35 – E) e por VC's (Figura 35 – D), definidos em cada zona. Em modo aquecimento a prioridade é dada ao pavimento radiante.

A produção de energia térmica de aquecimento é efetuada através da caldeira e a energia térmica de arrefecimento é garantida pelo *chiller*. Os parâmetros que caracterizam estes componentes são descritos no Anexo 1 (secção 6.1.1 Produção de energia térmica para os pisos 0, 1 e 2).

O controlo da temperatura do ar insuflado é do tipo *Multi-Zone*, com definição de dois controladores (Figura 35 – B), um em modo aquecimento e outro em modo arrefecimento, sendo a temperatura de insuflação calculada de acordo com a média das necessidades dos espaços que a unidade serve. O intervalo da temperatura de insuflação é de 18°C - 20°C.

Todos os parâmetros que caracterizam cada um dos componentes apresentados na Figura 35 são descritos no Anexo 1 (secção 6.1.4 Componentes do piso 2).

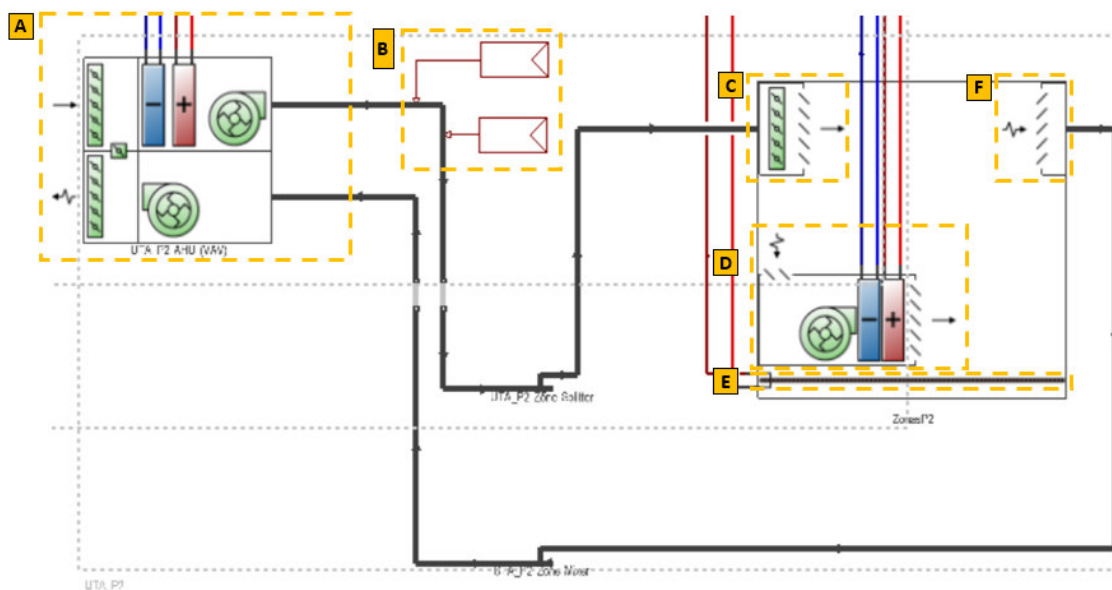


Figura 35 – Sistema AVAC exclusivo do piso 2

3.2.6.4 Piso 3

A renovação do ar no piso 3 é garantida por uma UTA, com ventilador de insuflação e ventilador de retorno. A unidade é dotada de baterias de água quente e água fria, módulo de recuperação de energia e possibilidade de *free cooling* (Figura 36 – A).

O ar é insuflado nas zonas térmicas a caudal constante (Figura 36 – C).

As condições de conforto das zonas térmicas são garantidas pelo ar tratado insuflado pela UTA e por VC's (Figura 36 – D) definidos em cada zona.

A produção de energia térmica de aquecimento e arrefecimento é garantida por um *chiller* bomba de calor. Os parâmetros que caracterizam este componente são descritos no Anexo 1 (secção 6.1.5 Produção de energia térmica para os pisos 3 e 4).

O controlo da temperatura do ar insuflado é do tipo *Scheduled*, com definição de um controlador (Figura 36 – B), tendo-se definido uma temperatura de insuflação constante de 19°C.

Todos os parâmetros que caracterizam cada um dos componentes apresentados na Figura 36 são descritos no Anexo 1 (secção 6.1.6 Componentes do piso 3).

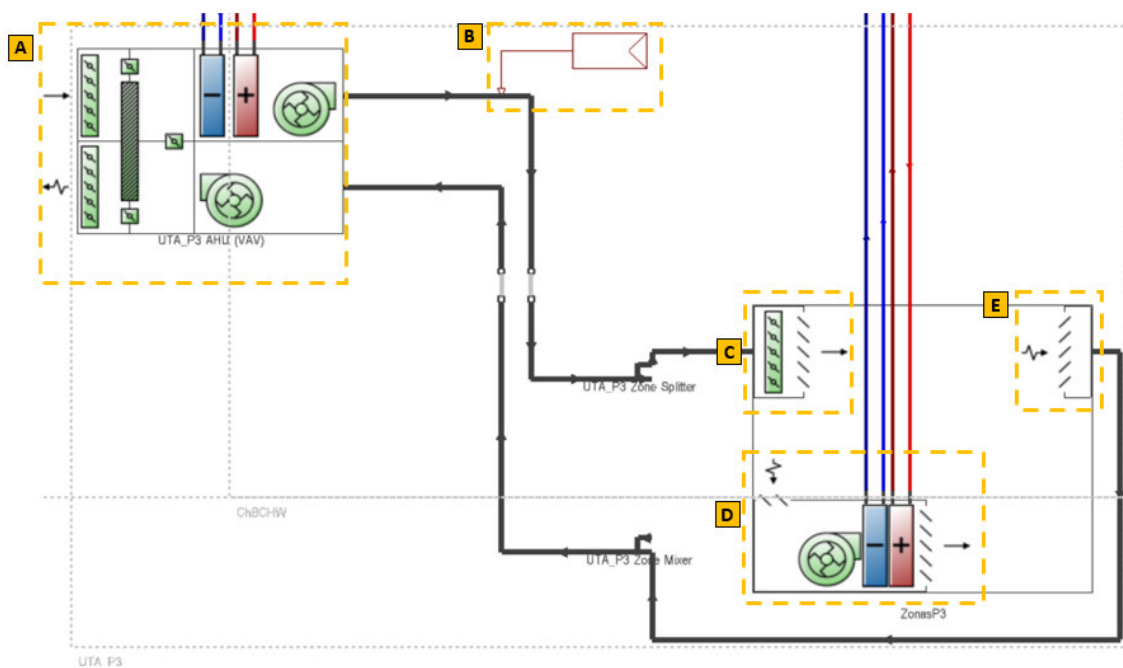


Figura 36 – Sistema AVAC exclusivo do piso 3

3.2.6.5 Piso 4

Para o piso 4 preconizou-se uma UTA, com ventilador de insuflação e ventilador de retorno. A unidade é dotada de baterias de água quente e água fria, módulo de recuperação de energia e possibilidade de *free cooling* (Figura 37 – A).

O ar é insuflado nas zonas térmicas a caudal variável, de acordo com o perfil de ocupação (Figura 37 – C).

As condições de conforto das zonas térmicas são garantidas pelo ar tratado insuflado pela UTA e por unidades individuais de expansão direta (Figura 37 – D) definidas em cada zona, com vista a simular unidades do tipo *split*.

A produção de água quente e água fria para a unidade de tratamento de ar é garantida pelo *chiller* bomba de calor. Os parâmetros que caracterizam este componente são descritos no Anexo 1 (secção 6.1.5 Produção de energia térmica para os pisos 3 e 4).

O controlo da temperatura do ar insuflado é do tipo *Multi-Zone*, com definição de dois controladores (Figura 37 – B), um em modo aquecimento e outro em modo arrefecimento, sendo a temperatura de insuflação calculada de acordo com a média das necessidades dos espaços que a unidade serve. O intervalo da temperatura de insuflação é de 18°C - 20°C.

Todos os parâmetros que caracterizam cada um dos componentes apresentados na Figura 37 são descritos no Anexo 1 (secção 6.1.7 Componentes do piso 4).

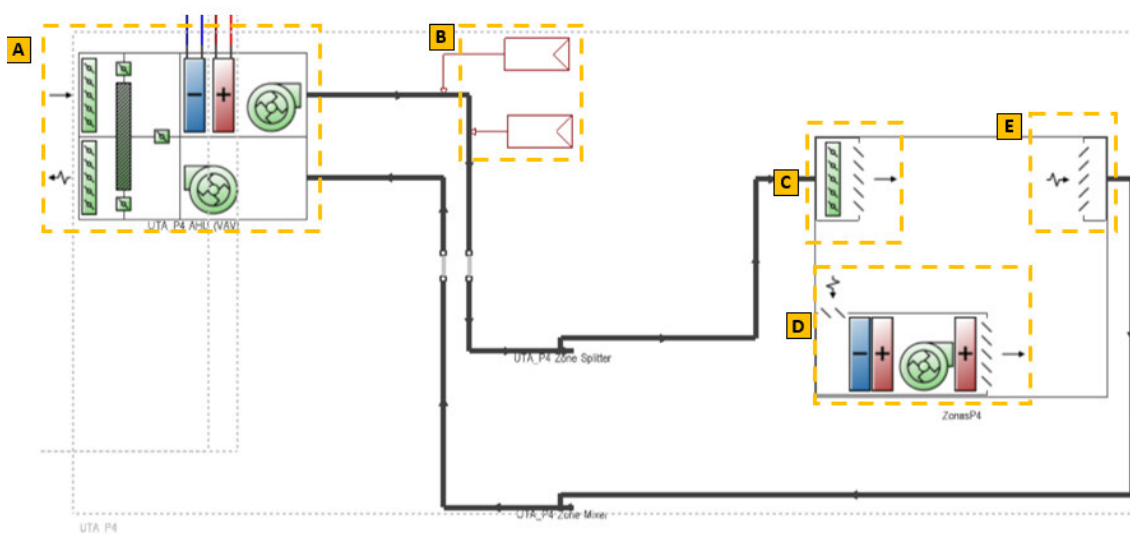


Figura 37 – Sistema AVAC exclusivo do piso 4

3.2.6.6 Piso 5

No piso 5 foi definido um ventilador de insuflação para garantir a renovação do ar (Figura 38 – A).

As condições de conforto nas zonas térmicas são garantidas através de um sistema do tipo VRV, com uma unidade exterior (Figura 38 – B) e unidades interiores (Figura 38 – D) localizadas em cada zona térmica.

Todos os parâmetros que caracterizam cada um dos componentes apresentados na Figura 38 são descritos no Anexo 1 (secção 6.1.8 Componentes do piso 5).

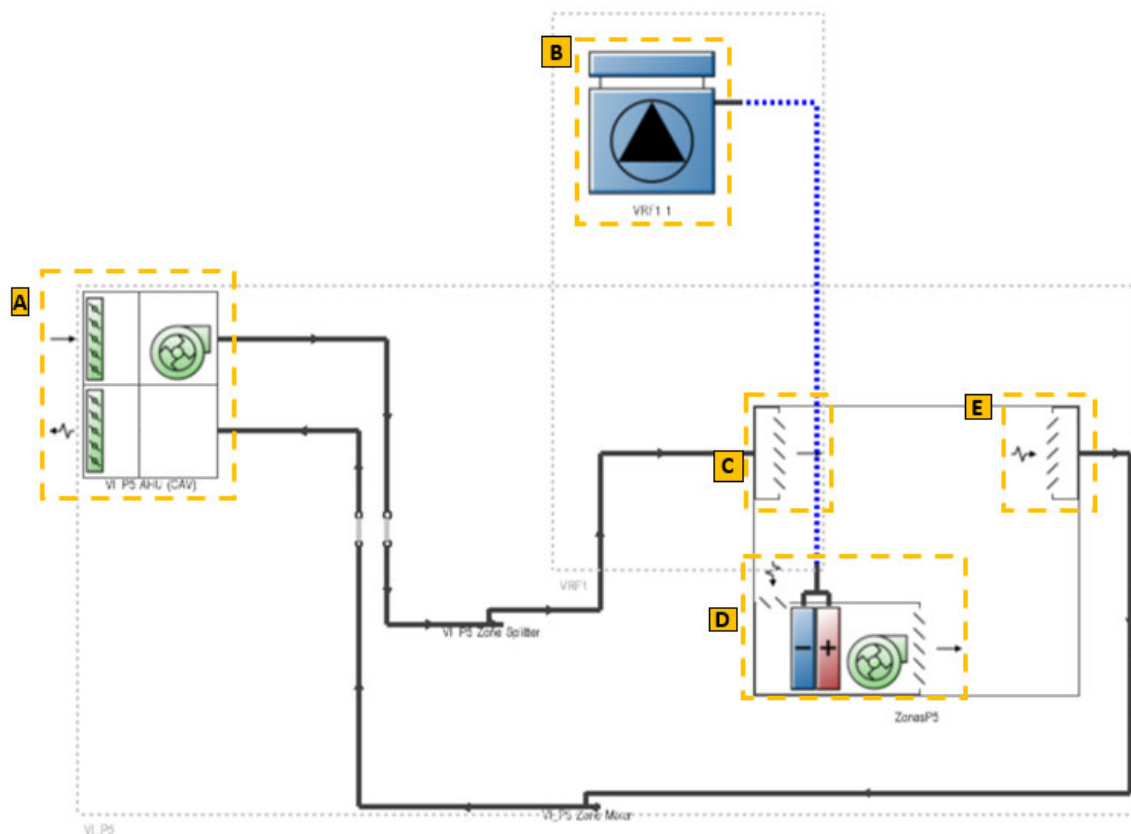


Figura 38 – Sistema AVAC exclusivo do piso 5

3.2.6.7 Piso 6

Para o piso 6 preconizou-se uma unidade que pretendia representar uma unidade do tipo *Rooftop*. É dotada de ventilador de insuflação, baterias de expansão direta, e bateria auxiliar de aquecimento (Figura 39 – A).

O ar é insuflado nas zonas térmicas a caudal constante (Figura 39 – B), não sendo permitido um registo de variação de caudal.

As condições de conforto das zonas térmicas são garantidas pelo ar tratado insuflado pela unidade do tipo *Rooftop* e por unidades individuais com baterias expansão direta (Figura 39 – D) definidos em cada zona, com vista a simular unidades do tipo *split*.

Todos os parâmetros que caracterizam cada um dos componentes apresentados na Figura 39 são descritos no Anexo 1 (secção 6.1.9 Componentes do piso 6).

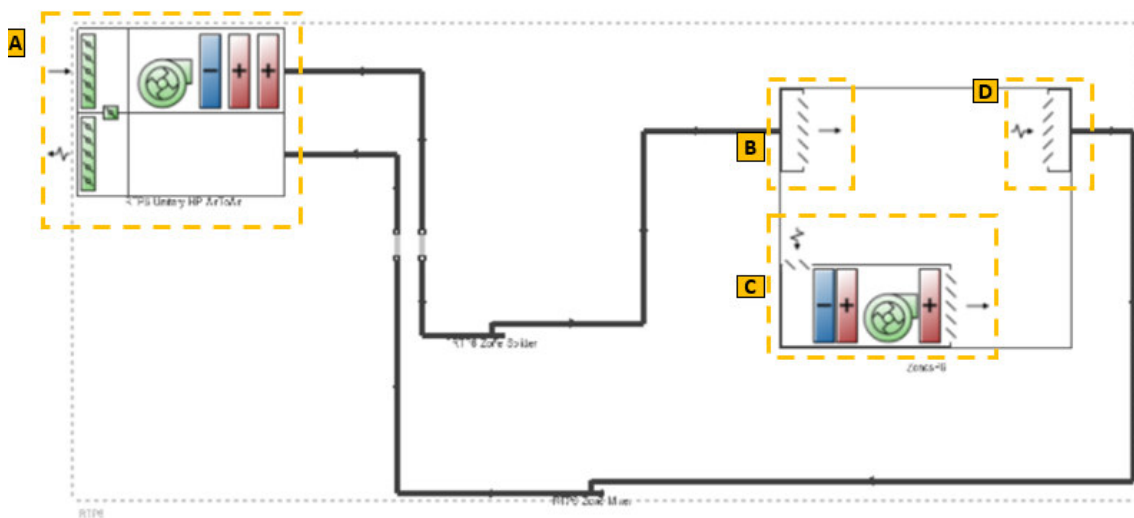


Figura 39 – Sistema AVAC exclusivo do piso 6

3.2.6.8 Piso 7

No piso 7 foi definida uma unidade semelhante ao definido no piso 6, sendo ainda dotada de módulo de recuperação de energia e possibilidade de *free cooling* (Figura 40 – A). O ar é insuflado nas zonas térmicas a caudal constante (Figura 40 – B), não sendo permitido um registo de variação de caudal.

As condições de conforto das zonas térmicas são garantidas pelo ar tratado insuflado pela unidade do tipo *Rooftop* e por unidades individuais com baterias expansão direta (Figura 40 – D) definidos em cada zona, com vista a simular unidades do tipo *split*.

Todos os parâmetros que caracterizam cada um dos componentes apresentados na Figura 40 são descritos no Anexo 1 (secção 6.1.10 Componentes do piso 7).

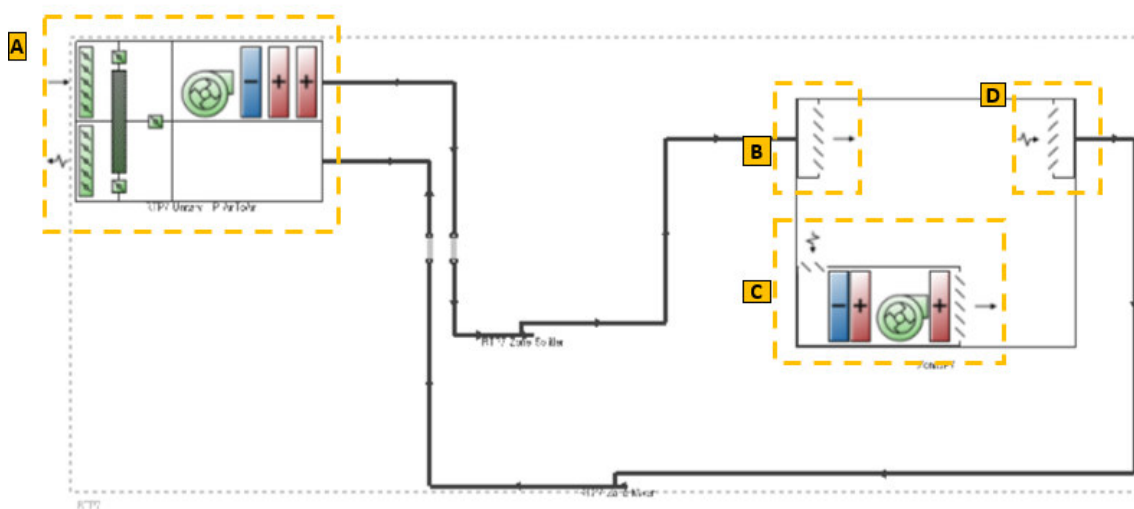


Figura 40 – Sistema AVAC exclusivo do piso 7

3.3 ENERGYPLUS™

Após definição do modelo de simulação no DesignBuilder, exportou-se o ficheiro *.idf* para se trabalhar diretamente no EnergyPlus™. A aplicação *EP-Launch* é a interface do EnergyPlus™ (Figura 41) que permite selecionar o ficheiro *.idf*, selecionar o ficheiro de dados climáticos e iniciar a modelação, após a qual é ainda possível aceder aos ficheiros de resultados.

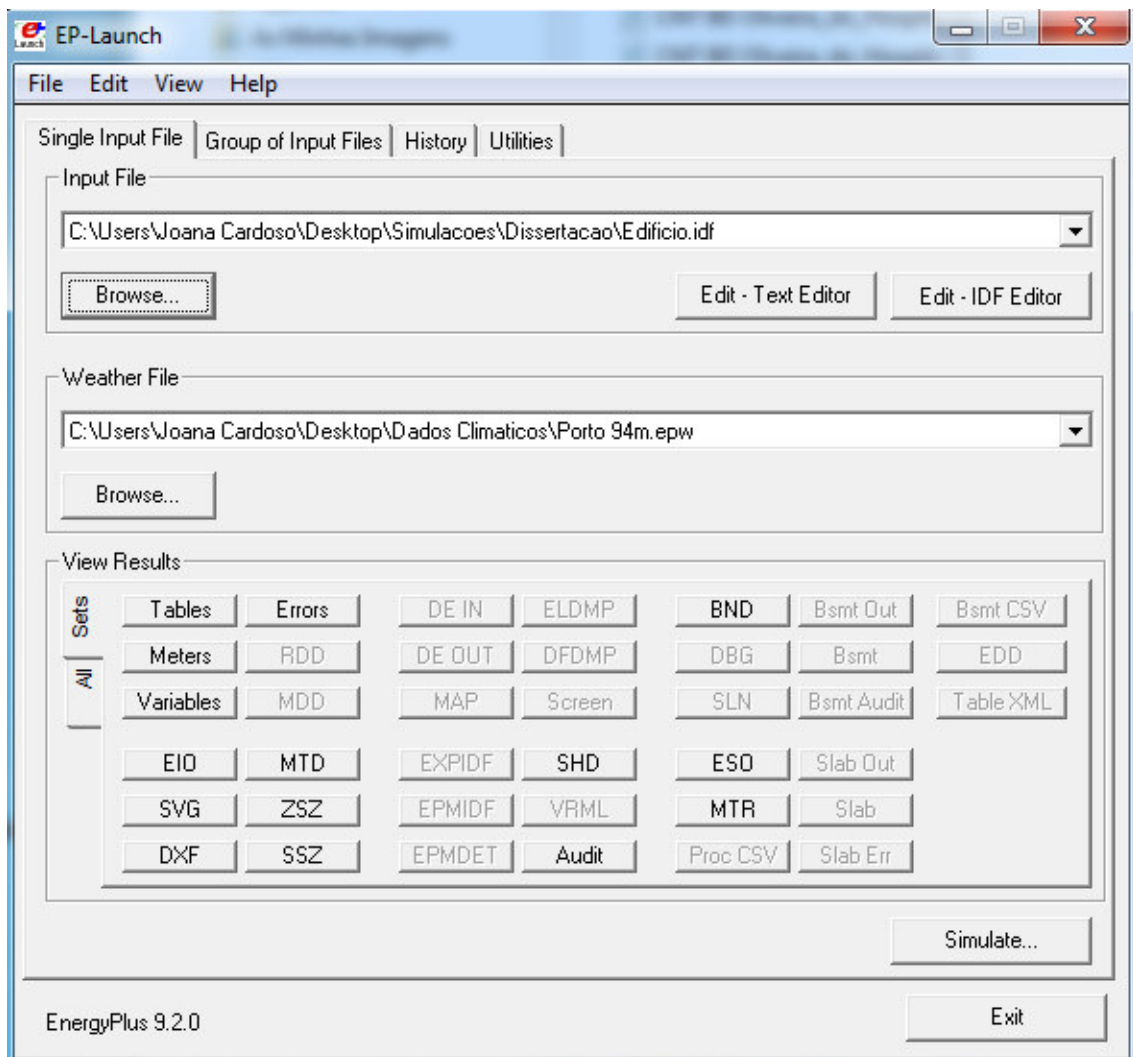


Figura 41 – Aplicação *EP-Launch*

Permite ainda aceder à aplicação *IDF-Editor* (Figura 42), sendo esta aplicação uma interface que permite editar o ficheiro de simulação. A interface é constituída por categorias, dentro das quais existem as classes onde são definidos os *objects* que caracterizam o modelo de simulação. Esta caracterização é efetuada através do preenchimento dos campos específicos de cada *object*.

Cada classe pode ter vários *objects*, desde que estes não sejam incompatíveis entre si. Por exemplo, na categoria *Simulation Parameters*, classe *Version*, só pode existir um *object* indicativo da versão do EnergyPlus™ que será utilizada.

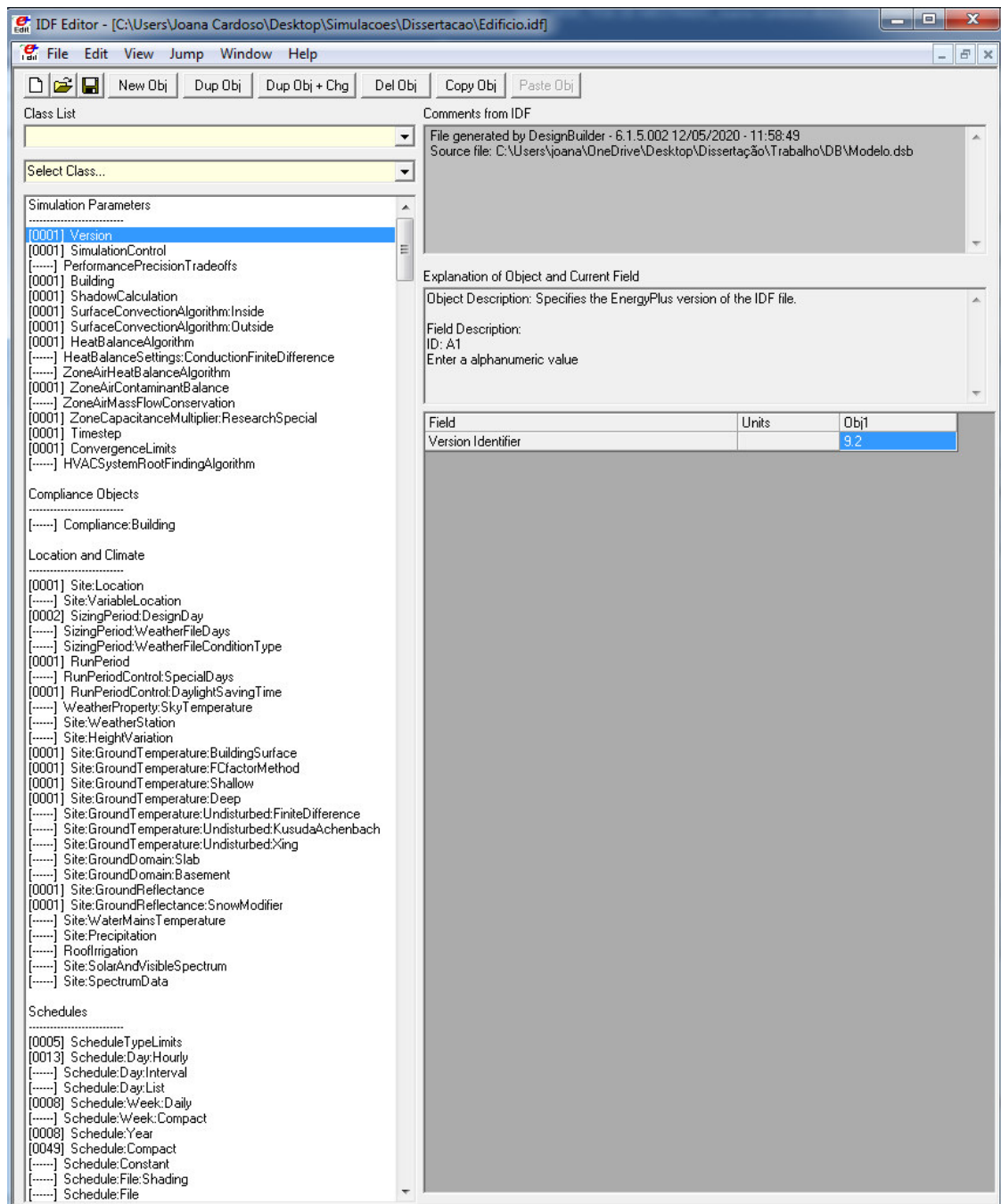


Figura 42 – Aplicação IDF-Editor

Na Figura 43 é apresentada a mesma interface, tendo-se optado por visualizar apenas as classes onde foram definidos *objects*. Verifica-se, por exemplo, que na classe *People*, existem 32 *objects* (1 por cada zona térmica) e cada *object* tem diversos campos preenchidos ou por preencher, que caracterizam a ocupação da respetiva zona térmica. Apenas os campos cuja designação está escrita a azul são de preenchimento obrigatório.

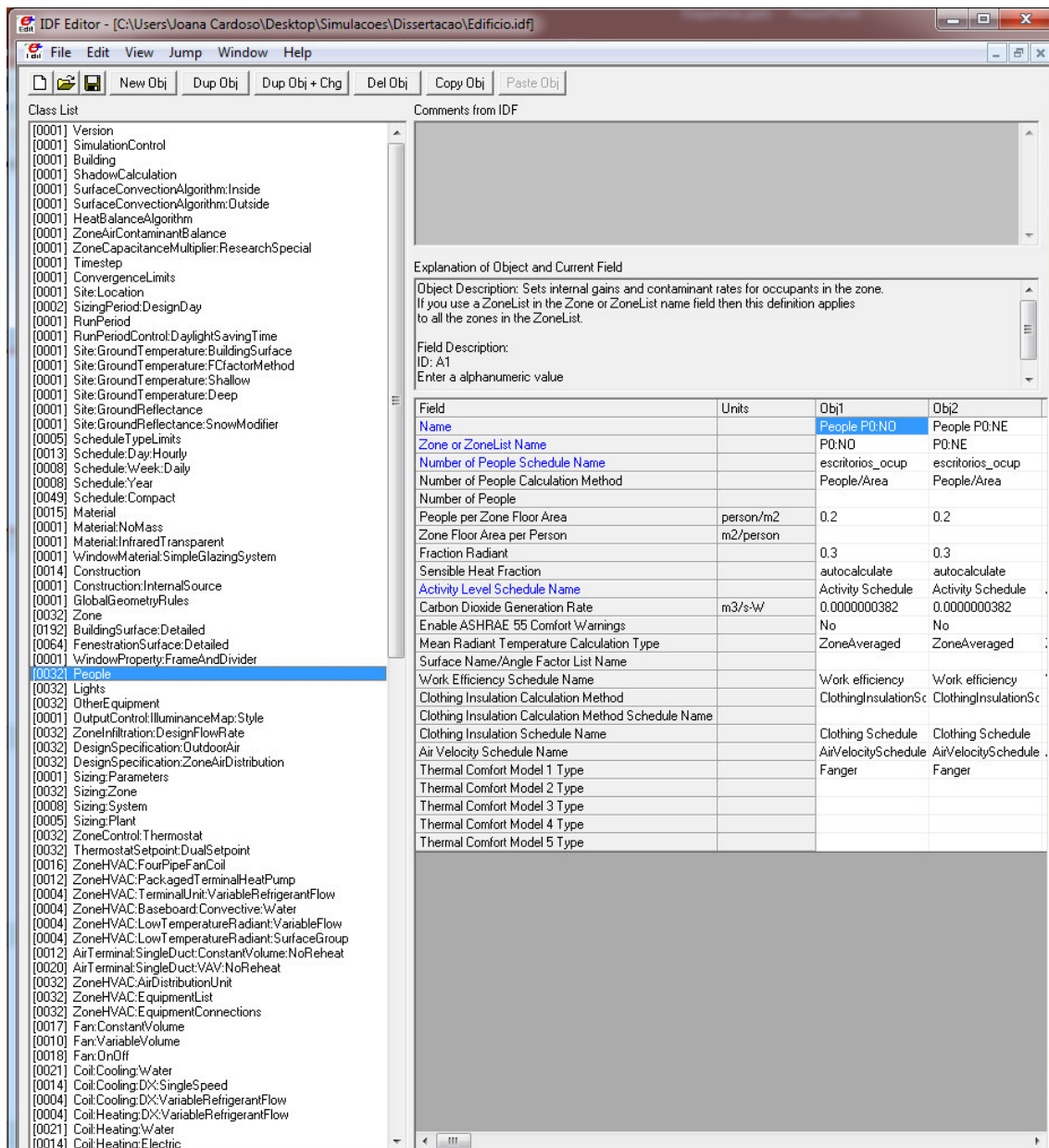


Figura 43 – Aplicação IDF-Editor (apenas subclasses com objects)

A partir do EP-Launch é ainda possível aceder ao ficheiro *.idf* através do editor de texto. Na Figura 44 é apresentado o objeto principal do ventiloconvector definido na zona *P0:NO* no IDF-Editor e na Figura 45 o mesmo objeto em modo ficheiro de texto.

A primeira linha do ficheiro de texto iniciada por “!” é um comentário, onde é indicado que irão ser listados todos os *objects* definidos na classe “*ZoneHVAC:FourPipeFanCoil*”. Cada definição de um *object* inicia com a indicação da classe onde este pertence e posteriormente todos os campos que constam no *IDF-Editor*, até ao último campo preenchido, bem como a designação de cada campo.

O último campo preenchido tem de ter o caracter “;” antes da designação do campo, indicando que terminou a listagem dos campos do referido objeto.

Esta situação verifica-se para todos os *objects* que constituem o ficheiro *.idf*.

Field	Units	Obj1
Name		P0:NO Fan Coil Unit
Availability Schedule Name		escritorios_perfil
Capacity Control Method		ConstantFan/VariableFlow
Maximum Supply Air Flow Rate	m3/s	autosize
Low Speed Supply Air Flow Ratio		0.33
Medium Speed Supply Air Flow Ratio		0.66
Maximum Outdoor Air Flow Rate	m3/s	0
Outdoor Air Schedule Name		
Air Inlet Node Name		P0:NO Fan Coil Unit Return
Air Outlet Node Name		P0:NO Fan Coil Unit Supply Outlet
Outdoor Air Mixer Object Type		OutdoorAir:Mixer
Outdoor Air Mixer Name		P0:NO Fan Coil Unit Outdoor Air Mixer
Supply Air Fan Object Type		Fan:ConstantVolume
Supply Air Fan Name		P0:NO Fan Coil Unit Supply Fan
Cooling Coil Object Type		Coil:Cooling:Water
Cooling Coil Name		P0:NO Fan Coil Unit Cooling Coil
Maximum Cold Water Flow Rate	m3/s	autosize
Minimum Cold Water Flow Rate	m3/s	0
Cooling Convergence Tolerance		0.001
Heating Coil Object Type		Coil:Heating:Water
Heating Coil Name		P0:NO Fan Coil Unit Heating Coil
Maximum Hot Water Flow Rate	m3/s	autosize
Minimum Hot Water Flow Rate	m3/s	0
Heating Convergence Tolerance		0.001
Availability Manager List Name		
Design Specification ZoneHVAC Sizing Object Name		
Supply Air Fan Operating Mode Schedule Name		
Minimum Supply Air Temperature in Cooling Mode	C	
Maximum Supply Air Temperature in Heating Mode	C	

Figura 44 – Object principal do ventiloconvetor da zona P0:NO no IDF-Editor

```

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS: ZONEHVAC:FOURPIPEFANCOIL =====
ZoneHVAC:FourPipeFanCoil,
P0:NO Fan Coil Unit,      !- Name
escritorios_perfil,      !- Availability Schedule Name
ConstantFanVariableFlow, !- Capacity Control Method
autosize,                !- Maximum Supply Air Flow Rate {m3/s}
0.33,                   !- Low Speed Supply Air Flow Ratio
0.66,                   !- Medium Speed Supply Air Flow Ratio
0.0,                    !- Maximum Outdoor Air Flow Rate {m3/s}
,                        !- Outdoor Air Schedule Name
P0:NO Fan Coil Unit Return, !- Air Inlet Node Name
P0:NO Fan Coil Unit Supply Outlet, !- Air Outlet Node Name
OutdoorAir:Mixer,       !- Outdoor Air Mixer Object Type
P0:NO Fan Coil Unit outdoor Air Mixer, !- Outdoor Air Mixer Name
Fan:ConstantVolume,    !- Supply Air Fan Object Type
P0:NO Fan Coil Unit Supply Fan, !- Supply Air Fan Name
Coil:Cooling:water,    !- Cooling Coil Object Type
P0:NO Fan coil unit cooling Coil, !- Cooling Coil Name
autosize,              !- Maximum Cold water Flow Rate {m3/s}
0.000000,             !- Minimum Cold water Flow Rate {m3/s}
0.0010,               !- Cooling Convergence Tolerance
Coil:Heating:water,    !- Heating Coil Object Type
P0:NO Fan Coil Unit Heating Coil, !- Heating Coil Name
autosize,              !- Maximum Hot water Flow Rate {m3/s}
0.000000,             !- Minimum Hot water Flow Rate {m3/s}
0.0010;               !- Heating Convergence Tolerance

```

Figura 45 – Object principal do ventiloconvetor da zona P0:NO no ficheiro de texto

Na Figura 46 são apresentadas as classes correspondentes aos componentes do sistema AVAC definidos no DesignBuilder, bem como as ligações necessárias para a sua modelação integrada.

Verifica-se assim que o sistema AVAC definido no DesignBuilder de um modo gráfico, simples e bastante intuitivo, resulta numa elevada quantidade de informação. Esta informação encontra-se toda interligada entre si, onde por exemplo os nós de saída de um determinado componente, têm de corresponder exatamente aos nós de entrada do componente seguinte.

Caso um sistema não esteja corretamente definido, seja por erro nas ligações, seja porque falta algum componente, a simulação não é executada e o programa cria um ficheiro com avisos e erros identificados na estrutura.

A informação referente apenas aos sistemas AVAC do modelo em análise corresponde a 11811 linhas do ficheiro de texto, das quais 10599 têm texto associado.

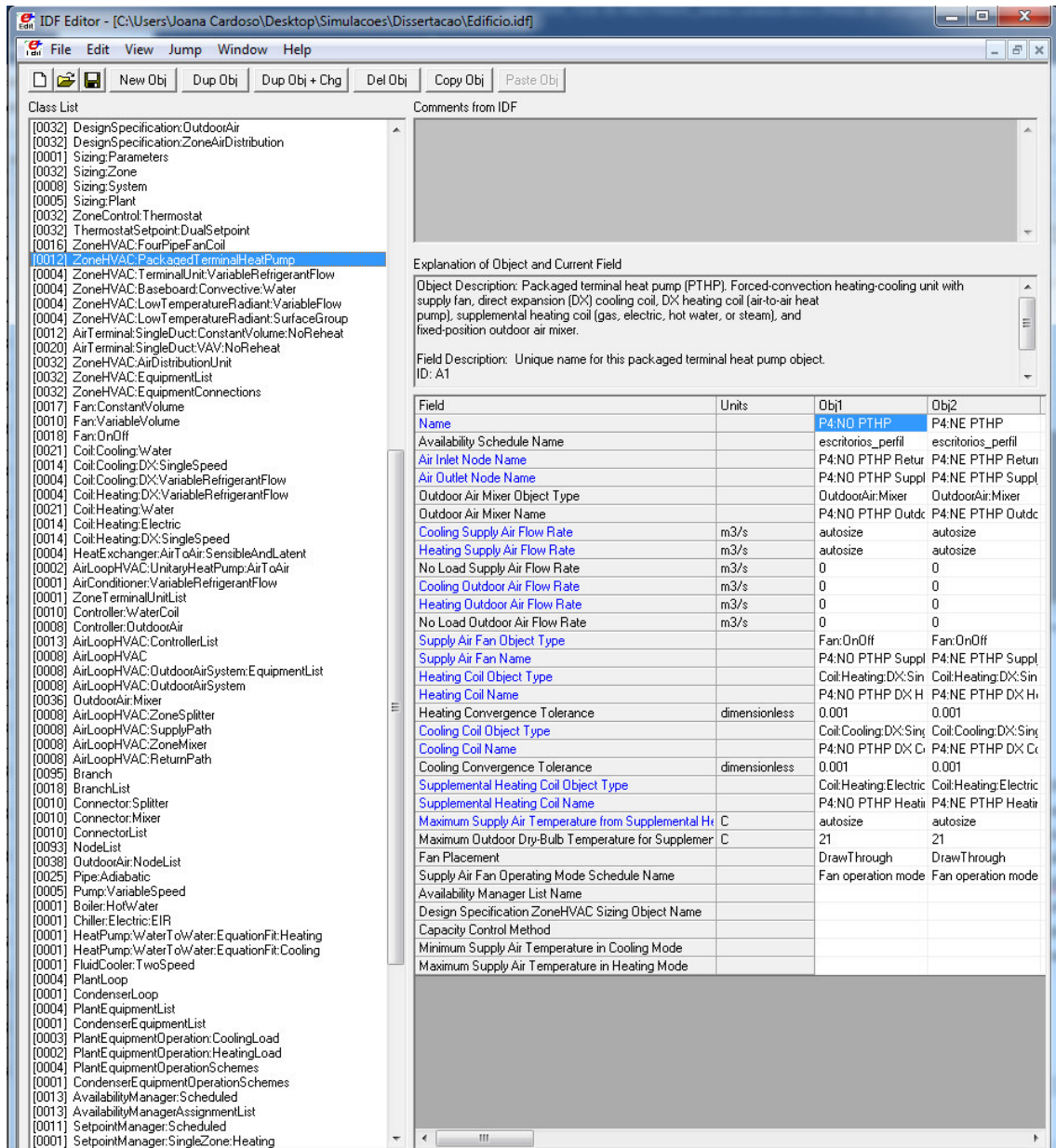


Figura 46 – Aplicação IDF-Editor (objects referentes aos sistemas AVAC)

3.4 FERRAMENTA EXCEL/ VBA

O princípio de funcionamento da ferramenta auxiliar tem por base a introdução dos dados que caracterizam os sistemas AVAC de um edifício numa folha de Excel, sendo este o modo mais simples de organizar toda a informação para modelação de um edifício.

Posteriormente, através de programação VBA, criar um ficheiro de texto onde esses mesmos dados são organizados e estruturados de modo a que o EnergyPlus™ os consegue “ler” e preencher os respetivos campos para simulação.

3.4.1 Definição dos dados característicos dos sistemas AVAC

A primeira fase consistiu em reorganizar a folha de cálculo existente, inserir nova informação e retirar informação que se revelou desnecessária. Na Figura 47 é apresentado um *print-screen* da parte da folha de cálculo onde consta a localização do ficheiro *.txt* a criar, as tipologias/perfis de funcionamento existentes no modelo, horários auxiliares, informação sobre os equipamentos de produção de energia térmica (exceto unidades individuais de climatização com baterias de expansão direta tipo *splits*) e informação sobre os equipamentos principais de ventilação.

A informação referente aos equipamentos de produção de energia térmica consiste em:

- Designação;
- Tipo de equipamento (selecionado numa *drop down list* predefinida);
- Marca/Modelo (selecionado numa *drop down list* predefinida, incluindo um equipamento por *default*). Este parâmetro é importante para definição das curvas características de funcionamento;
- Potência, eficiências, temperatura de ida e temperatura de retorno, em modo aquecimento e arrefecimento.

A informação de todos estes campos é obrigatória, exceto a potência do equipamento, sendo que em caso de não preenchimento será definida como *autosize*.

A informação referente aos equipamentos de ventilação consiste em:

- Designação;
- Caudal de ar insuflado, caudal de ar novo e caudal de retorno, sendo que os caudais de ar insuflado e caudais de ar novo são calculados automaticamente a partir dos dados inseridos nas zonas térmicas;
- Tipologia / perfil de funcionamento;
- Existência ou não de variação de caudal;
- Informação associada ao ventilador;
- Existência ou não de módulo de recuperação de calor e informação associada;
- Existência ou não de *free cooling*, sendo o caudal máximo definido automaticamente como o caudal de ar insuflado;

- Tipo de produção de energia térmica para tratamento do ar insuflado em modo aquecimento e em modo arrefecimento (informação selecionada em *drop down lists* predefinidas);
- Tipo de controlo da temperatura do ar a insuflar e informação associada.

A informação de todos estes campos é obrigatória, exceto na situação do tipo de controlo da temperatura de insuflação, onde só são necessários os dados específicos para o tipo de controlo definido.

Na Figura 48 é apresentado um *print-screen* da parte da folha de cálculo onde consta a informação referente a cada zona térmica, nomeadamente:

- Nome;
- Unidade de ventilação associada, caudal de insuflação e caudal de ar novo;
- Tipologia / perfil de funcionamento;
- Tipo de controlo (Temperatura média do ar ou temperatura operativa);
- Existência ou não de VC's e respetiva informação associada;
- Existência ou não de unidades tipo *split* e respetiva informação associada;
- Existência ou não de sistema VRV e respetiva informação associada;
- Existência ou não de radiadores e respetiva informação associada;
- Existência ou não de pavimento radiante e respetiva informação associada.

A informação de todos estes campos é obrigatória, exceto nas situações onde foi definido que não existe determinado equipamento. De entre VC's, unidades do tipo *split* ou VRV's apenas pode ser selecionada uma opção.

Zona térmica	Ventilação	Ar Insuf. (m³/s)	Ar Novo (m³/s)	Tipologia	Controlo	Ventiloincutores			Splits			VRF			Radiadores			AQ	Sup1	Frag		
						Q (m³/s)	AQ	AF	Marca/Modelo	Aquec	Aref	COP	EER	s/n	UE	s/n	AQ				Pot (KW)	s/n
P0:NE	UTA_P0	0.167	0.083	escritórios	MAT	Sim	0.000	Cald	Ch	0.0	0.0	0.00	0.00	Não	Não	0.0	Não					
P0:SE	UTA_P0	0.167	0.083	escritórios	MAT	Sim	0.000	Cald	Ch	0.0	0.0	0.00	0.00	Não	Não	0.0	Não					
P0:SO	UTA_P0	0.167	0.083	escritórios	MAT	Sim	0.000	Cald	Ch	0.0	0.0	0.00	0.00	Não	Não	0.0	Não					
P0:NO	UTA_P0	0.167	0.083	escritórios	MAT	Sim	0.000	Cald	Ch	0.0	0.0	0.00	0.00	Não	Não	0.0	Não					
P1:NE	UTA_P1	0.083	0.083	escritórios	MAT	Sim	0.000	Cald	Ch	0.0	0.0	0.00	0.00	Não	Sim	Cald	0.0	Não				
P1:SE	UTA_P1	0.083	0.083	escritórios	MAT	Sim	0.000	Cald	Ch	0.0	0.0	0.00	0.00	Não	Sim	Cald	0.0	Não				
P1:SO	UTA_P1	0.083	0.083	escritórios	MAT	Sim	0.000	Cald	Ch	0.0	0.0	0.00	0.00	Não	Sim	Cald	0.0	Não				
P1:NO	UTA_P1	0.083	0.083	escritórios	MAT	Sim	0.000	Cald	Ch	0.0	0.0	0.00	0.00	Não	Sim	Cald	0.0	Não				
P2:NE	UTA_P2	0.167	0.083	escritórios	MAT	Sim	0.000	Cald	Ch	0.0	0.0	0.00	0.00	Não	Sim	Cald	0.0	Não				
P2:SE	UTA_P2	0.167	0.083	escritórios	MAT	Sim	0.000	Cald	Ch	0.0	0.0	0.00	0.00	Não	Sim	Cald	0.0	Não				
P2:SO	UTA_P2	0.167	0.083	escritórios	MAT	Sim	0.000	Cald	Ch	0.0	0.0	0.00	0.00	Não	Sim	Cald	0.0	Não				
P2:NO	UTA_P2	0.167	0.083	escritórios	MAT	Sim	0.000	Cald	Ch	0.0	0.0	0.00	0.00	Não	Sim	Cald	0.0	Não				
P3:NE	UTA_P3	0.167	0.083	escritórios	MAT	Sim	0.000	ChBC	ChBC	0.0	0.0	0.00	0.00	Não	Não	0.0	Sim	Cald	P2:NE_Floor_0_0_10011			
P3:SE	UTA_P3	0.167	0.083	escritórios	MAT	Sim	0.000	ChBC	ChBC	0.0	0.0	0.00	0.00	Não	Não	0.0	Sim	Cald	P2:SE_Floor_0_0_10013			
P3:SO	UTA_P3	0.167	0.083	escritórios	MAT	Sim	0.000	ChBC	ChBC	0.0	0.0	0.00	0.00	Não	Não	0.0	Sim	Cald	P2:SO_Floor_0_0_10013			
P3:NO	UTA_P3	0.167	0.083	escritórios	MAT	Sim	0.000	ChBC	ChBC	0.0	0.0	0.00	0.00	Não	Não	0.0	Não					
P4:NE	UTA_P4	0.167	0.083	escritórios	MAT	Sim	0.000	ChBC	ChBC	0.0	0.0	0.00	0.00	Não	Não	0.0	Não					
P4:SE	UTA_P4	0.167	0.083	escritórios	MAT	Sim	0.000	ChBC	ChBC	0.0	0.0	0.00	0.00	Não	Não	0.0	Não					
P4:SO	UTA_P4	0.167	0.083	escritórios	MAT	Não	0.000			0.0	0.0	3.40	3.00	Não	Não	0.0	Não					
P4:NO	UTA_P4	0.167	0.083	escritórios	MAT	Não	0.000			0.0	0.0	3.40	3.00	Não	Não	0.0	Não					
P5:NE	VI_P5	0.083	0.083	escritórios	MAT	Não	0.000			0.0	0.0	3.40	3.00	Não	Não	0.0	Não					
P5:SE	VI_P5	0.083	0.083	escritórios	MAT	Não	0.000			0.0	0.0	3.40	3.00	Não	Sim	VRF P5	0.0	Não				
P5:SO	VI_P5	0.083	0.083	escritórios	MAT	Não	0.000			0.0	0.0	3.40	3.00	Não	Sim	VRF P5	0.0	Não				
P5:NO	VI_P5	0.083	0.083	escritórios	MAT	Não	0.000			0.0	0.0	3.40	3.00	Não	Sim	VRF P5	0.0	Não				
P6:NE	RT_P6	0.278	0.083	escritórios	MAT	Sim	0.000			0.0	0.0	3.40	3.00	Não	Não	0.0	Não					
P6:SE	RT_P6	0.278	0.083	escritórios	MAT	Sim	0.000			0.0	0.0	3.40	3.00	Não	Não	0.0	Não					
P6:SO	RT_P6	0.278	0.083	escritórios	MAT	Sim	0.000			0.0	0.0	3.40	3.00	Não	Não	0.0	Não					
P6:NO	RT_P6	0.278	0.083	escritórios	MAT	Sim	0.000			0.0	0.0	3.40	3.00	Não	Não	0.0	Não					
P7:NE	RT_P7	0.278	0.083	escritórios	MAT	Sim	0.000			0.0	0.0	3.40	3.00	Não	Não	0.0	Não					
P7:SE	RT_P7	0.278	0.083	escritórios	MAT	Sim	0.000			0.0	0.0	3.40	3.00	Não	Não	0.0	Não					
P7:SO	RT_P7	0.278	0.083	escritórios	MAT	Sim	0.000			0.0	0.0	3.40	3.00	Não	Não	0.0	Não					
P7:NO	RT_P7	0.278	0.083	escritórios	MAT	Sim	0.000			0.0	0.0	3.40	3.00	Não	Não	0.0	Não					

Figura 48 – Folha de cálculo para inserir os dados (zonas térmicas)

3.4.2 Desenvolvimento do código

3.4.2.1 Declaração de variáveis

A primeira fase da parte da programação VBA consiste na declaração de todas as variáveis que serão utilizadas ao longo do código, como apresentado na Figura 49.

Optou-se por ativar a opção *Option Explicit*, forçando a declaração de todas as variáveis e o seu tipo, sendo assim possível detetar à partida qualquer erro de escrita ou valor que não se enquadre do tipo de variável definida. Por exemplo, uma variável do tipo *double* só pode ter valores numéricos, não pode conter texto, ou uma variável do tipo *integer* só pode ser um número inteiro.

Paralelamente, consegue-se uma melhor organização do código e um melhor desempenho, uma vez que o compilador já conhece o tipo de variável de que se trata.

```
Option Explicit

'Ficheiro de saída
Dim ficheiro As String

'Contagem
Dim nzonas As Integer, nutas As Integer, ntipologias As Integer

'Tipologias
Dim tipo() As String

'Compact schedules
Dim valor() As Double, ncompact As Integer

'Producao energia térmica
Dim prodtotal As Double
Dim prod() As String, prod_tipo() As String, prod_modelo() As String
Dim prod_aquec() As Double, prod_aquec_efic() As Double, prod_aquec_TIn() As Double, prod_aquec_TOut()
Dim prod_arref() As Double, prod_arref_efic() As Double, prod_arref_TIn() As Double, prod_arref_TOut()

'Ventilação
Dim uta() As String, uta_tipologia() As String
Dim uta_arinsuf() As Double, uta_arnovo() As Double, uta_retorno() As Double
Dim uta_VAV() As String, uta_dp() As Double, uta_efic_vent() As Double
Dim uta_rec() As String, uta_rec_efic() As Double, uta_trec() As Double
Dim uta_freecool() As String, uta_QMaxFree() As Double
Dim uta_aquec_tipo() As String, uta_aquec_equip() As String, uta_aquec_modelo() As String
Dim uta_arref_tipo() As String, uta_arref_equip() As String, uta_arref_modelo() As String
Dim uta_controlo() As String, uta_zona_controlo() As String, uta_tinsuf_min() As Double, uta_tinsuf_max() As Double

'Zonas
Dim zona() As String, uta_zona() As String, VAVzona() As String, PossivelVAV() As String
Dim arinsuf() As Double, arnovo() As Double, tipologia() As String, controlo() As String

'VCs
Dim vc_exist() As String, vc() As Double, vc_AQ() As String, vc_AF() As String

'Splits
Dim split_exist() As String, split_modelo() As String
Dim split_DX_Aquec() As Double, split_DX_Arref() As Double, split_DX_COP() As Double, split_DX_EER() As Double

'VRF
Dim VRF_exist() As String, VRF_equip() As String

'Radiadores
Dim rad_exist() As String, radiador() As Double, rad_AQ() As String

'PR
Dim PR_exist() As String, PR_AQ() As String, PRsurf() As String, PRsurf_frac() As Double, PRsurf_total() As Double

'contadores e variáveis auxiliares
Dim i As Long, j As Integer, num As Integer, total As Integer, equip As Integer, linha As Integer, coluna As Integer
Dim line As Integer
Dim caldeiratotal As Integer, chillertotal As Integer, chillerBCaquec As Integer, chillerBCarref As Integer
```

Figura 49 – Declaração de variáveis

3.4.2.2 Sub-rotinas

O código é constituído por um sub-rotina principal e oito sub-rotinas secundárias, uma vez que a totalidade dos procedimentos do código eram demasiado complexo para uma única sub-rotina.

3.4.2.2.1 Sub-rotina *Principal*

A sub-rotina principal, cuja código se apresenta na Figura 50, começa por criar o ficheiro *.txt* na localização indicada na folha de cálculo *Dados*, onde será inserida toda a informação, e abre o ficheiro para escrita de informação.

Posteriormente executa cada uma das 8 sub-rotinas secundárias de modo sequencial, retorna à folha de cálculo *Dados* e fecha o ficheiro *.txt*.

```
Sub Principal()  
    ficheiro = Sheets("Dados").Cells(3, 2) & "\Sistemas.txt"  
    Open ficheiro For Output As #1  
    Call dados  
    Call sistemas1  
    Call sistemas2  
    Call availsch  
    Call curvas1  
    Call curvas2  
    Call curvas3  
    Call curvas4  
    Sheets("Dados").Select  
    Close #1  
End Sub
```

Figura 50 – Sub-rotina *Principal*

3.4.2.2.2 Sub-rotina *Dados*

A sub-rotina *Dados* lê todos os valores que foram definidos na folha de cálculo com a mesma designação. Como exemplo, apresenta-se na Figura 51 o código VBA onde se definem todos os valores referentes às unidades principais de ventilação.

Caso a sub-rotina seja executada e se verifique a inexistência de informação necessária, é apresentada uma mensagem de texto, através do comando *Msgbox*, com indicação da informação em falta ou do eventual erro identificado.

```

'Ventilação
If nutas > 0 Then

    ReDim uta(1 To nutas) As String, uta_tipologia(1 To nutas) As String
    ReDim uta_arinsuf(1 To nutas) As Double, uta_arnovo(1 To nutas) As Double, uta_retorno(1 To nutas) As Double
    ReDim uta_VAV(1 To nutas) As String, uta_dp(1 To nutas) As Double, uta_efic_vent(1 To nutas) As Double
    ReDim uta_rec(1 To nutas) As String, uta_rec_efic(1 To nutas) As Double, uta_trec(1 To nutas) As Double
    ReDim uta_freecool(1 To nutas) As String, uta_QMaxFree(1 To nutas) As Double
    ReDim uta_aquec_tipo(1 To nutas) As String, uta_aquec equip(1 To nutas) As String, uta_aquec_modelo(1 To nutas) As String
    ReDim uta_arref_tipo(1 To nutas) As String, uta_arref equip(1 To nutas) As String, uta_arref_modelo(1 To nutas) As String
    ReDim uta_controlo(1 To nutas) As String, uta_zona_controlo(1 To nutas) As String
    ReDim uta_tinsuf_min(1 To nutas) As Double, uta_tinsuf_max(1 To nutas) As Double

    For i = 1 To nutas
        uta(i) = Sheets("Dados").Cells(linha + i, 2)
        uta_arinsuf(i) = Format(Sheets("Dados").Cells(linha + i, 3), "0.000")
        uta_arnovo(i) = Format(Sheets("Dados").Cells(linha + i, 4), "0.000")
        uta_retorno(i) = Format(Sheets("Dados").Cells(linha + i, 5), "0.000")
        uta_tipologia(i) = Sheets("Dados").Cells(linha + i, 6)
        uta_VAV(i) = Sheets("Dados").Cells(linha + i, 7)
        uta_dp(i) = Sheets("Dados").Cells(linha + i, 8)
        uta_efic_vent(i) = Sheets("Dados").Cells(linha + i, 9)
        uta_rec(i) = Sheets("Dados").Cells(linha + i, 10)
        uta_rec_efic(i) = Sheets("Dados").Cells(linha + i, 11) / 100
        uta_trec(i) = Sheets("Dados").Cells(linha + i, 12)
        uta_freecool(i) = Sheets("Dados").Cells(linha + i, 13)
        uta_QMaxFree(i) = Format(Sheets("Dados").Cells(linha + i, 14), "0.000")
        uta_aquec_tipo(i) = Sheets("Dados").Cells(linha + i, 15)
        uta_aquec equip(i) = Sheets("Dados").Cells(linha + i, 17)
        uta_arref_tipo(i) = Sheets("Dados").Cells(linha + i, 18)
        uta_arref equip(i) = Sheets("Dados").Cells(linha + i, 20)
        uta_zona_controlo(i) = Sheets("Dados").Cells(linha + i, 21)
        uta_tinsuf_min(i) = Sheets("Dados").Cells(linha + i, 23)
        uta_tinsuf_max(i) = Sheets("Dados").Cells(linha + i, 24)
    Next
End If

```

Figura 51 – Código para obtenção dos dados referentes às unidades principais de ventilação

3.4.2.2.3 Sub-rotinas *Sistemas*

As sub-rotinas *Sistemas1* e *Sistemas2* vão escrever toda a informação referente aos componentes do sistema AVAC, exceto a informação referente à disponibilidade dos diferentes componentes e *setpoints*. A título de exemplo apresenta-se na Figura 52 o *object* no *IDF-Editor* referente à unidade do tipo *split* da zona *P6:NO*, na Figura 53 a correspondente informação de texto no ficheiro *.idf* e na Figura 54 o código para escrever a informação equivalente no ficheiro de texto criado pela ferramenta.

Field	Units	Obj1
Name		P6:NO PTHP
Availability Schedule Name		escritorios_perfil
Air Inlet Node Name		P6:NO PTHP Return
Air Outlet Node Name		P6:NO PTHP Supply Outlet
Outdoor Air Mixer Object Type		OutdoorAir:Mixer
Outdoor Air Mixer Name		P6:NO PTHP Outdoor Air Mixer
Cooling Supply Air Flow Rate	m3/s	autosize
Heating Supply Air Flow Rate	m3/s	autosize
No Load Supply Air Flow Rate	m3/s	autosize
Cooling Outdoor Air Flow Rate	m3/s	0
Heating Outdoor Air Flow Rate	m3/s	0
No Load Outdoor Air Flow Rate	m3/s	0
Supply Air Fan Object Type		Fan:OnOff
Supply Air Fan Name		P6:NO PTHP Supply Fan
Heating Coil Object Type		Coil:Heating:DX:SingleSpeed
Heating Coil Name		P6:NO PTHP DX Heating Coil
Heating Convergence Tolerance	dimensionless	0.001
Cooling Coil Object Type		Coil:Cooling:DX:SingleSpeed
Cooling Coil Name		P6:NO PTHP DX Cooling Coil
Cooling Convergence Tolerance	dimensionless	0.001
Supplemental Heating Coil Object Type		Coil:Heating:Electric
Supplemental Heating Coil Name		P6:NO PTHP Heating Coil
Maximum Supply Air Temperature from Supplemental Heater	C	autosize
Maximum Outdoor Dry-Bulb Temperature for Supplemental Heater	C	21
Fan Placement		DrawThrough
Supply Air Fan Operating Mode Schedule Name		Off
Availability Manager List Name		
Design Specification ZoneHVAC Sizing Object Name		
Capacity Control Method		
Minimum Supply Air Temperature in Cooling Mode		
Maximum Supply Air Temperature in Heating Mode		

Figura 52 – Object no IDF-Editor referente à unidade do tipo *split* da zona P6:NO

```

!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS: ZONEHVAC:PACKAGEDTERMINALHEATPUMP =====
ZoneHVAC:PackagedTerminalHeatPump,
P6:NO PTHP, !- Name
escritorios_perfil, !- Availability schedule Name
P6:NO PTHP Return, !- Air Inlet Node Name
P6:NO PTHP Supply Outlet, !- Air Outlet Node Name
OutdoorAir:Mixer, !- Outdoor Air Mixer Object Type
P6:NO PTHP Outdoor Air Mixer, !- Outdoor Air Mixer Name
autosize, !- Cooling Supply Air Flow Rate {m3/s}
autosize, !- Heating Supply Air Flow Rate {m3/s}
autosize, !- No Load Supply Air Flow Rate {m3/s}
0.0, !- Cooling Outdoor Air Flow Rate {m3/s}
0.0, !- Heating Outdoor Air Flow Rate {m3/s}
0.0, !- No Load Outdoor Air Flow Rate {m3/s}
Fan:OnOff, !- Supply Air Fan Object Type
P6:NO PTHP Supply Fan, !- Supply Air Fan Name
Coil:Heating:DX:SingleSpeed, !- Heating Coil Object Type
P6:NO PTHP DX Heating Coil, !- Heating Coil Name
0.0010, !- Heating Convergence Tolerance {dimensionless}
Coil:Cooling:DX:SingleSpeed, !- Cooling Coil Object Type
P6:NO PTHP DX Cooling Coil, !- Cooling Coil Name
0.0010, !- Cooling Convergence Tolerance {dimensionless}
Coil:Heating:Electric, !- Supplemental Heating Coil Object Type
P6:NO PTHP Heating coil, !- Supplemental Heating Coil Name
autosize, !- Maximum Supply Air Temperature from Supplemental Heater {C}
21.00, !- Maximum Outdoor Dry-Bulb Temperature for Supplemental Heater operation {C}
drawthrough, !- Fan Placement
off; !- Supply Air Fan Operating Mode Schedule Name

```

Figura 53 – Object no ficheiro de texto do ficheiro *.idf* referente à unidade do tipo *split* da zona P6:NO

```
'Packaged Terminal Heat Pump
Print #1, "!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS: ZONEHVAC:PACKAGEDTERMINALHEATPUMP ====="
Print #1, ""
For i = 1 To nzonas
  If split_exist(i) = "Sim" Then
    Print #1, "ZoneHVAC:PackagedTerminalHeatPump,"
    Print #1, " " & zona(i) & " PTHP," !- Name
    Print #1, " " & tipologia(i) & "_perfil," !- Availability Schedule Name
    Print #1, " " & zona(i) & " PTHP Return," !- Air Inlet Node Name
    Print #1, " " & zona(i) & " PTHP Supply Outlet," !- Air Outlet Node Name
    Print #1, " OutdoorAir:Mixer," !- Outdoor Air Mixer Object Type
    Print #1, " " & zona(i) & " PTHP Outdoor Air Mixer," !- Outdoor Air Mixer Name
    Print #1, " autosize," !- Supply Air Flow Rate During Cooling Operation (m3/s)"
    Print #1, " autosize," !- Supply Air Flow Rate During Heating Operation (m3/s)"
    Print #1, " 0," !- Supply Air Flow Rate When No Cooling or Heating is Needed (m3/s)"
    Print #1, " 0.0," !- Outdoor Air Flow Rate During Cooling Operation (m3/s)"
    Print #1, " 0.0," !- Outdoor Air Flow Rate During Heating Operation (m3/s)"
    Print #1, " 0.0," !- Outdoor Air Flow Rate When No Cooling or Heating is Needed (m3/s)"
    Print #1, " Fan:OnOff," !- Supply Air Fan Object Type
    Print #1, " " & zona(i) & " PTHP Supply Fan," !- Supply Air Fan Name
    Print #1, " Coil:Heating:DX:SingleSpeed," !- Heating Coil Object Type
    Print #1, " " & zona(i) & " PTHP DX Heating Coil," !- Heating Coil Name
    Print #1, " 0.0010," !- Heating Convergence Tolerance (dimensionless)"
    Print #1, " Coil:Cooling:DX:SingleSpeed," !- Cooling Coil Object Type
    Print #1, " " & zona(i) & " PTHP DX Cooling Coil," !- Cooling Coil Name
    Print #1, " 0.0010," !- Cooling Convergence Tolerance (dimensionless)"
    Print #1, " Coil:Heating:Electric," !- Supplemental Heating Coil Object Type
    Print #1, " " & zona(i) & " PTHP Heating Coil," !- Supplemental Heating Coil Name
    Print #1, " autosize," !- Maximum Supply Air Temperature from Supplemental Heater (C)"
    Print #1, " 21.00," !- Maximum Outdoor Dry-Bulb Temperature for Supplemental Heater Operation (C)"
    Print #1, " DrawThrough," !- Fan Placement"
    Print #1, " Off;" !- Supply Air Fan Operating Mode Schedule Name"
    Print #1, ""
  End If
Next
```

Figura 54 – Código para escrita do *Object* referente à unidade do tipo *split* da zona P6:NO

3.4.2.2.4 Sub-rotina *availsch*

A sub-rotina *availsch* escreve a informação referente à disponibilidade dos diferentes componentes e *setpoints*. A título de exemplo apresenta-se na Figura 55 os *objects* no *IDF-Editor* referentes às temperaturas de ida de caldeira, *chiller* e *chiller* bomba de calor, na Figura 56 a correspondente informação de texto no ficheiro *.idf* e na Figura 57 o código para escrever a informação equivalente no ficheiro de texto criado pela ferramenta.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		HW Loop Setpoint 1	CHW Loop Setpoint	ChBCHHW Setpoint	CHBCHW Setpoint
Control Variable		Temperature	Temperature	Temperature	Temperature
Schedule Name		Compact HVAC 80	Compact HVAC 7	Compact HVAC 7	Compact HVAC 45
Setpoint Node or NodeList Name		HW Loop Setpoint 1	CHW Loop Setpoint	ChBCHHW Setpoint	CHBCHW Setpoint

Figura 55 – *Objects* no *IDF-Editor* referentes às temperaturas de ida em aquecimento e arrefecimento da Caldeira, *Chiller* e *Chiller* bomba de calor

```
!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS: SETPOINTMANAGER:SCHEDULED =====

SetpointManager:Scheduled,
  HW Loop Setpoint Manager, !- Name
  Temperature, !- Control Variable
  Compact HVAC 80, !- Schedule Name
  HW Loop Setpoint Manager Node List; !- Setpoint Node or NodeList Name

SetpointManager:Scheduled,
  CHW Loop Setpoint Manager, !- Name
  Temperature, !- Control Variable
  Compact HVAC 7, !- Schedule Name
  CHW Loop Setpoint Manager Node List; !- Setpoint Node or NodeList Name

SetpointManager:Scheduled,
  ChBCHHW Setpoint Manager, !- Name
  Temperature, !- Control Variable
  Compact HVAC 7, !- Schedule Name
  ChBCHHW Setpoint Manager Node List; !- Setpoint Node or NodeList Name

SetpointManager:Scheduled,
  CHBCHW Setpoint Manager, !- Name
  Temperature, !- Control Variable
  Compact HVAC 45, !- Schedule Name
  CHBCHW Setpoint Manager Node List; !- Setpoint Node or NodeList Name
```

Figura 56 – *Objects* no ficheiro de texto do ficheiro *.idf* referentes às temperaturas de ida em aquecimento e arrefecimento da Caldeira, *Chiller* e *Chiller* bomba de calor

```

'Set Point Manager Scheduled

Print #1, "!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS: SETPOINTMANAGER:SCHEDULED ====="
Print #1, ""

For i = 1 To prodttotal
  If prod_tipo(i) = "Caldeira" Then
    Print #1, "SetpointManager:Scheduled,"
    Print #1, "    HW Loop Setpoint Manager,                !- Name"
    Print #1, "    Temperature,                                !- Control Variable"
    Print #1, "    HVACTemplate-Always " & prod_aquec_TIn(i) & " , !- Schedule Name"
    Print #1, "    HW Loop Setpoint Manager Node List;            !- Setpoint Node or NodeList Name"
    Print #1, ""
  ElseIf prod_tipo(i) = "Chiller" Then
    Print #1, "SetpointManager:Scheduled,"
    Print #1, "    CHW Loop Setpoint Manager,                !- Name"
    Print #1, "    Temperature,                                !- Control Variable"
    Print #1, "    HVACTemplate-Always " & prod_arref_TIn(i) & " , !- Schedule Name"
    Print #1, "    CHW Loop Setpoint Manager Node List;            !- Setpoint Node or NodeList Name"
    Print #1, ""
  ElseIf prod_tipo(i) = "Chiller BC" Then
    Print #1, "SetpointManager:Scheduled,"
    Print #1, "    CHBCCHW Setpoint Manager,                !- Name"
    Print #1, "    Temperature,                                !- Control Variable"
    Print #1, "    HVACTemplate-Always " & prod_arref_TIn(i) & " , !- Schedule Name"
    Print #1, "    ChBCHHW Setpoint Manager Node List;            !- Setpoint Node or NodeList Name"
    Print #1, ""
    Print #1, "SetpointManager:Scheduled,"
    Print #1, "    CHBCHW Setpoint Manager,                !- Name"
    Print #1, "    Temperature,                                !- Control Variable"
    Print #1, "    HVACTemplate-Always " & prod_aquec_TIn(i) & " , !- Schedule Name"
    Print #1, "    CHBCHW Setpoint Manager Node List;            !- Setpoint Node or NodeList Name"
    Print #1, ""
  End If
Next

```

Figura 57 – Código para escrita do *Objects* referentes às temperaturas de ida em aquecimento e arrefecimento da Caldeira, *Chiller* e *Chiller* bomba de calor

3.4.2.2.5 Sub-rotinas *Curvas*

As sub-rotinas *Curvas1*, *Curvas2*, *Curvas3* e *Curvas4* escrevem a informação das curvas características dos diferentes equipamentos. Foram criadas folhas de cálculo adicionais, uma para cada tipo de equipamento (*Caldeiras*, *Chillers*, *Chillers* bomba de calor, *Rooftop's*, *VRV's* e *Splits*), onde estão já definidos os parâmetros das curvas características de funcionamento de alguns modelos de equipamentos.

Os valores já inseridos foram obtidos da base de dados do DesignBuilder, incluindo a opção *default*. Esta nova funcionalidade permite que sempre que sejam conhecidos os dados das curvas características de determinado modelo de equipamento, estes valores podem ser inseridos nas respetivas listas e a modelação incluir informação mais realista. Os valores das curvas de desempenho de novos equipamentos podem ser gerados pela ferramenta auxiliar do EnergyPlus™ *HVAC Performance Curve Fit Tool* e introduzidos nas respetivas folhas de cálculo.

Marca/Modelo	Cooling Capacity Function of Temperature Curve										Electric Input to cooling output ratio function of temperature curve										Electric Input to cooling output ratio function of part load ratio curve													
	Typo	C1	C2	C3	MaxX	MinX	MaxY	MinY	MaxX	MinX	MaxY	MinY	MaxX	MinX	MaxY	MinY	MaxX	MinX	MaxY	MinY	MaxX	MinX	MaxY	MinY	MaxX	MinX	MaxY	MinY	MaxX	MinX	MaxY	MinY		
	Typo	C1	C2	C3	MaxX	MinX	MaxY	MinY	MaxX	MinX	MaxY	MinY	MaxX	MinX	MaxY	MinY	MaxX	MinX	MaxY	MinY	MaxX	MinX	MaxY	MinY	MaxX	MinX	MaxY	MinY	MaxX	MinX	MaxY	MinY		
De fault	Bi-Quadratic	0.257896	-0.000217	0.046868	-0.000943	-0.000343	0.046868	0.933884	0.933884	0.002430	0.004486	0.008212	0.005490	0.002430	0.004486	0.008212	0.005490	0.002430	0.004486	0.008212	0.005490	0.002430	0.004486	0.008212	0.005490	0.002430	0.004486	0.008212	0.005490	0.002430	0.004486	0.008212	0.005490	
Carrier 30R81.0 36.5kW/2.8COP	Bi-Quadratic	0.943054	-0.005989	-0.000732	-0.0002706	-0.000089	-0.000440	0.943054	0.943054	0.001367	0.0001367	0.0001367	0.0001367	0.001367	0.0001367	0.0001367	0.0001367	0.001367	0.0001367	0.0001367	0.0001367	0.0001367	0.0001367	0.0001367	0.001367	0.0001367	0.0001367	0.0001367	0.0001367	0.0001367	0.0001367	0.0001367	0.0001367	
Carrier 30R81.0 37.1kW/2.8COP	Bi-Quadratic	0.934725	-0.005989	-0.000732	-0.0002706	-0.000089	-0.000440	0.934725	0.934725	0.001367	0.0001367	0.0001367	0.0001367	0.001367	0.0001367	0.0001367	0.0001367	0.001367	0.0001367	0.0001367	0.0001367	0.0001367	0.0001367	0.0001367	0.001367	0.0001367	0.0001367	0.0001367	0.0001367	0.0001367	0.0001367	0.0001367	0.0001367	
Carrier 30R81.20 41.6kW/2.8COP	Bi-Quadratic	0.956268	-0.006570	-0.000810	-0.000340	-0.000103	-0.000417	0.956268	0.956268	0.001365	0.0001365	0.0001365	0.0001365	0.001365	0.0001365	0.0001365	0.0001365	0.001365	0.0001365	0.0001365	0.0001365	0.0001365	0.0001365	0.0001365	0.001365	0.0001365	0.0001365	0.0001365	0.0001365	0.0001365	0.0001365	0.0001365	0.0001365	0.0001365
Carrier 30R81.30 44.7kW/2.8COP	Bi-Quadratic	0.931330	-0.005864	-0.000615	-0.000260	-0.000103	-0.000426	0.931330	0.931330	0.001365	0.0001365	0.0001365	0.0001365	0.001365	0.0001365	0.0001365	0.0001365	0.001365	0.0001365	0.0001365	0.0001365	0.0001365	0.0001365	0.0001365	0.001365	0.0001365	0.0001365	0.0001365	0.0001365	0.0001365	0.0001365	0.0001365	0.0001365	0.0001365
Carrier 30R81.50 50.7kW/2.8COP	Bi-Quadratic	0.895414	-0.007780	-0.003301	-0.000988	-0.000324	-0.000365	0.895414	0.895414	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287
Carrier 30R81.60 55.8kW/2.9COP	Bi-Quadratic	0.889094	-0.006493	-0.000911	-0.000322	-0.000110	-0.000479	0.889094	0.889094	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287
Carrier 30R81.70 58.5kW/2.8COP	Bi-Quadratic	0.893666	-0.006286	-0.000911	-0.000322	-0.000110	-0.000479	0.893666	0.893666	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287
Carrier 30R81.90 66.9kW/2.8COP	Bi-Quadratic	0.904220	-0.006256	-0.000929	-0.000289	-0.000109	-0.000489	0.904220	0.904220	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287
Carrier 30R82.10 70.0kW/2.9COP	Bi-Quadratic	0.872856	-0.007553	-0.001191	-0.000583	-0.000212	-0.000401	0.872856	0.872856	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287
Carrier 30R82.20 75.3kW/2.8COP	Bi-Quadratic	0.882442	-0.006578	-0.001113	-0.000593	-0.000214	-0.000374	0.882442	0.882442	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287
Carrier 30R82.30 83.6kW/2.8COP	Bi-Quadratic	0.893133	-0.006230	-0.001113	-0.000593	-0.000214	-0.000374	0.893133	0.893133	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287
Carrier 30R82.50 91.5kW/2.8COP	Bi-Quadratic	0.902699	-0.006564	-0.001113	-0.000593	-0.000214	-0.000374	0.902699	0.902699	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287
Carrier 30R83.00 99.8kW/2.8COP	Bi-Quadratic	0.906056	-0.005929	-0.000434	-0.000073	-0.0000106	-0.000504	0.906056	0.906056	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287
Carrier 30R83.15 107.6kW/2.9COP	Bi-Quadratic	0.880477	-0.006753	-0.000918	-0.000325	-0.000109	-0.000482	0.880477	0.880477	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287
Carrier 30R83.30 112.3kW/2.8COP	Bi-Quadratic	0.891067	-0.006509	-0.000974	-0.000256	-0.0000434	0.891067	0.891067	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287
Carrier 30R83.45 117.0kW/2.8COP	Bi-Quadratic	0.892949	-0.006422	-0.000910	-0.000256	-0.0000434	0.892949	0.892949	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287
Carrier 30R83.60 124.8kW/2.8COP	Bi-Quadratic	0.899551	-0.006164	-0.000763	-0.000166	-0.0000109	-0.000463	0.899551	0.899551	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287
Carrier 30R83.90 132.5kW/2.9COP	Bi-Quadratic	0.906157	-0.006233	-0.000650	-0.000142	-0.0000103	-0.000484	0.906157	0.906157	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287
Carrier 30R89.0 303.8kW/2.9COP	Bi-Quadratic	0.914768	-0.006510	-0.000985	-0.000209	-0.000097	-0.000484	0.914768	0.914768	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287
Carrier 30XA100 330.1kW/3.1COP	Bi-Quadratic	0.957481	-0.003212	-0.000832	-0.000095	-0.000248	0.957481	0.957481	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287
Carrier 30XA110 359.9kW/3COP	Bi-Quadratic	0.994857	-0.003488	-0.000134	-0.000303	-0.000047	-0.000255	0.994857	0.994857	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287	0.0001287
Carrier 30XA120 389kW/3COP	Bi-Quadratic	1.028621	-0.003334	-0.000167	-0.000451	-0.000044	-0.000244	1																										

A título de exemplo apresenta-se na Figura 59 o *object* no *IDF-Editor* referente a duas curvas características do *Chiller*, nomeadamente a *Cooling Capacity Function of Temperature Curve* e *Electric Input to Cooling Output Ratio Function of Temperature Curve*, na Figura 60 a correspondente informação de texto no ficheiro *.idf* e na Figura 61 o código para escrever a informação equivalente no ficheiro de texto criado pela ferramenta.

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		Air cooled CentCapFT	Air cooled CentEIRFT
Coefficient1 Constant		0.257896	0.933884
Coefficient2 x		0.0389016	-0.058212
Coefficient3 x**2		-0.00021708	0.00450036
Coefficient4 y		0.0468684	0.00243
Coefficient5 y**2		-0.00094284	0.000486
Coefficient6 x*y		-0.00034344	-0.001215
Minimum Value of x	varies	5	5
Maximum Value of x	varies	10	10
Minimum Value of y	varies	24	24
Maximum Value of y	varies	35	35
Minimum Curve Output	varies		
Maximum Curve Output	varies		
Input Unit Type for X			
Input Unit Type for Y			
Output Unit Type			

Figura 59 – *Objects* no *IDF-Editor* referentes a 2 das 3 curvas características do *Chiller*

```
!- ===== ALL OBJECTS IN CLASS: CURVE:BIQUADRATIC =====
! Curve: Air cooled CentCapFT
Curve:Biquadratic,
  Air cooled CentCapFT,    !- Name
  0.257896,                !- Coefficient1 Constant
  0.0389016,               !- Coefficient2 x
  -0.00021708,            !- Coefficient3 x**2
  0.0468684,              !- Coefficient4 y
  -0.00094284,            !- Coefficient5 y**2
  -0.00034344,            !- Coefficient6 x*y
  5,                       !- Minimum Value of x
  10,                      !- Maximum Value of x
  24,                      !- Minimum Value of y
  35;                      !- Maximum Value of y

! Curve: Air cooled CentEIRFT
Curve:Biquadratic,
  Air cooled CentEIRFT,    !- Name
  0.933884,                !- Coefficient1 Constant
  -0.058212,               !- Coefficient2 x
  0.00450036,              !- Coefficient3 x**2
  0.00243,                 !- Coefficient4 y
  0.000486,                !- Coefficient5 y**2
  -0.001215,               !- Coefficient6 x*y
  5,                       !- Minimum Value of x
  10,                      !- Maximum Value of x
  24,                      !- Minimum Value of y
  35;                      !- Maximum Value of y
```

Figura 60 – *Objects* no ficheiro de texto do ficheiro *.idf* referentes a 2 das 3 curvas características do *Chiller*

```

'Chiller
For i = 1 To prodtotal
  If prod_tipo(i) = "Chiller" Then
    Print #1, " Curve:Biquadratic, "
    Print #1, " " & prod(i) & " Air cooled CentCapFI, !- Name"
    Print #1, " " & Application.WorksheetFunction.VLookup(prod_modelo(i), Sheets("Chillers").Range("A5:AC" & line), 3, False) & ", !- Coefficient1 Constant"
    Print #1, " " & Application.WorksheetFunction.VLookup(prod_modelo(i), Sheets("Chillers").Range("A5:AC" & line), 4, False) & ", !- Coefficient2 x"
    Print #1, " " & Application.WorksheetFunction.VLookup(prod_modelo(i), Sheets("Chillers").Range("A5:AC" & line), 5, False) & ", !- Coefficient3 x**2"
    Print #1, " " & Application.WorksheetFunction.VLookup(prod_modelo(i), Sheets("Chillers").Range("A5:AC" & line), 6, False) & ", !- Coefficient4 x**3"
    Print #1, " " & Application.WorksheetFunction.VLookup(prod_modelo(i), Sheets("Chillers").Range("A5:AC" & line), 7, False) & ", !- Coefficient5 x**2"
    Print #1, " " & Application.WorksheetFunction.VLookup(prod_modelo(i), Sheets("Chillers").Range("A5:AC" & line), 8, False) & ", !- Coefficient6 x*y"
    Print #1, " " & Application.WorksheetFunction.VLookup(prod_modelo(i), Sheets("Chillers").Range("A5:AC" & line), 9, False) & ", !- Minimum Value of x"
    Print #1, " " & Application.WorksheetFunction.VLookup(prod_modelo(i), Sheets("Chillers").Range("A5:AC" & line), 10, False) & ", !- Maximum Value of x"
    Print #1, " " & Application.WorksheetFunction.VLookup(prod_modelo(i), Sheets("Chillers").Range("A5:AC" & line), 11, False) & ", !- Minimum Value of y"
    Print #1, " " & Application.WorksheetFunction.VLookup(prod_modelo(i), Sheets("Chillers").Range("A5:AC" & line), 12, False) & ", !- Maximum Value of y"
    Print #1, ""
    Curve:Biquadratic, "
    Print #1, " " & prod(i) & " Air cooled CentEIRFI, !- Name"
    Print #1, " " & Application.WorksheetFunction.VLookup(prod_modelo(i), Sheets("Chillers").Range("A5:AC" & line), 14, False) & ", !- Coefficient1 Constant"
    Print #1, " " & Application.WorksheetFunction.VLookup(prod_modelo(i), Sheets("Chillers").Range("A5:AC" & line), 15, False) & ", !- Coefficient2 x"
    Print #1, " " & Application.WorksheetFunction.VLookup(prod_modelo(i), Sheets("Chillers").Range("A5:AC" & line), 16, False) & ", !- Coefficient3 x**2"
    Print #1, " " & Application.WorksheetFunction.VLookup(prod_modelo(i), Sheets("Chillers").Range("A5:AC" & line), 17, False) & ", !- Coefficient4 x**3"
    Print #1, " " & Application.WorksheetFunction.VLookup(prod_modelo(i), Sheets("Chillers").Range("A5:AC" & line), 18, False) & ", !- Coefficient5 y**2"
    Print #1, " " & Application.WorksheetFunction.VLookup(prod_modelo(i), Sheets("Chillers").Range("A5:AC" & line), 19, False) & ", !- Coefficient6 x*y"
    Print #1, " " & Application.WorksheetFunction.VLookup(prod_modelo(i), Sheets("Chillers").Range("A5:AC" & line), 20, False) & ", !- Minimum Value of x"
    Print #1, " " & Application.WorksheetFunction.VLookup(prod_modelo(i), Sheets("Chillers").Range("A5:AC" & line), 21, False) & ", !- Maximum Value of x"
    Print #1, " " & Application.WorksheetFunction.VLookup(prod_modelo(i), Sheets("Chillers").Range("A5:AC" & line), 22, False) & ", !- Minimum Value of y"
    Print #1, " " & Application.WorksheetFunction.VLookup(prod_modelo(i), Sheets("Chillers").Range("A5:AC" & line), 23, False) & ", !- Maximum Value of y"
    Print #1, ""
    Curve:Quadratic, "
    Print #1, " " & prod(i) & " Air cooled CentEIRFLR, !- Name"
    Print #1, " " & Application.WorksheetFunction.VLookup(prod_modelo(i), Sheets("Chillers").Range("A5:AC" & line), 25, False) & ", !- Coefficient1 Constant"
    Print #1, " " & Application.WorksheetFunction.VLookup(prod_modelo(i), Sheets("Chillers").Range("A5:AC" & line), 26, False) & ", !- Coefficient2 x"
    Print #1, " " & Application.WorksheetFunction.VLookup(prod_modelo(i), Sheets("Chillers").Range("A5:AC" & line), 27, False) & ", !- Coefficient3 x**2"
    Print #1, " " & Application.WorksheetFunction.VLookup(prod_modelo(i), Sheets("Chillers").Range("A5:AC" & line), 28, False) & ", !- Minimum Value of x"
    Print #1, " " & Application.WorksheetFunction.VLookup(prod_modelo(i), Sheets("Chillers").Range("A5:AC" & line), 29, False) & ", !- Maximum Value of x"
    Print #1, ""
  End If
Next

```

Figura 61 – Código para escrita dos *Objects* referentes a 2 das 3 curvas características do *Chiller*

3.5 RESULTADOS

A validação da ferramenta desenvolvida será efetuada de dois modos:

- Comparação entre os dados obtidos pelo ficheiro criado no DesignBuilder e pelo ficheiro cujos sistemas AVAC foram definidos na ferramenta;
- Modelos reais previamente calibrados em auditorias energéticas.

Por uma questão de confidencialidade, os modelos reais não serão identificados, sendo que se fará a descrição das características mais relevantes para o objetivo do presente trabalho.

3.5.1 Ficheiro base: DesignBuilder vs Ferramenta

Os resultados obtidos pelos ficheiros criados no DesignBuilder e na ferramenta são apresentados na Tabela 10, na Tabela 11 e Tabela 12. Analisando os resultados apresentados verifica-se que foram obtidos os mesmos resultados pelos dois métodos de definição dos sistemas AVAC. As necessidades de aquecimento e arrefecimento são apresentadas na Tabela 10 e na Tabela 11, respetivamente.

Tabela 10 – Necessidades de aquecimento obtidas nos 2 métodos de definição dos sistemas AVAC

Piso	AVAC	Necessidades de aquecimento [kWh]						
		UTA's	VC's	Rad	PR	RT	Split's	VRV
0	DesignBuilder	1191	261	-	-	-	-	-
	Ferramenta	1191	261	-	-	-	-	-
1	DesignBuilder	46	11	87	-	-	-	-
	Ferramenta	46	11	87	-	-	-	-
2	DesignBuilder	1585	38	-	1925	-	-	-
	Ferramenta	1585	38	-	1925	-	-	-
3	DesignBuilder	2	140	-	-	-	-	-
	Ferramenta	2	140	-	-	-	-	-
4	DesignBuilder	154	-	-	-	-	103	-
	Ferramenta	154	-	-	-	-	103	-
5	DesignBuilder	-	-	-	-	-	-	1333
	Ferramenta	-	-	-	-	-	-	1333
6	DesignBuilder	-	-	-	-	610	339	-
	Ferramenta	-	-	-	-	610	339	-
7	DesignBuilder	-	-	-	-	131	871	-
	Ferramenta	-	-	-	-	131	871	-

Tabela 11 – Necessidades de arrefecimento obtidas nos 2 métodos de definição dos sistemas AVAC

Piso	AVAC	Necessidades de arrefecimento [kWh]				
		UTA's	VC's	RT's	Split's	VRV's
0	DesignBuilder	10077	2653	-	-	-
	Ferramenta	10077	2653	-	-	-
1	DesignBuilder	3553	10519	-	-	-
	Ferramenta	3553	10519	-	-	-
2	DesignBuilder	6760	3851	-	-	-
	Ferramenta	6760	3851	-	-	-
3	DesignBuilder	7033	4707	-	-	-
	Ferramenta	7033	4707	-	-	-
4	DesignBuilder	7272	-	-	4780	-
	Ferramenta	7272	-	-	4780	-
5	DesignBuilder	-	-	-	-	11531
	Ferramenta	-	-	-	-	11531
6	DesignBuilder	-	-	16292	621	-
	Ferramenta	-	-	16292	621	-
7	DesignBuilder	-	-	9315	214	-
	Ferramenta	-	-	9315	214	-

No que diz respeito ao consumo global de eletricidade e gás, verifica-se na Tabela 12 que se obtiveram sensivelmente os mesmos valores. A diferença de 1 kWh pode ser explicada por arredondamento de alguns valores definidos na ferramenta.

Tabela 12 – Consumo global de eletricidade e gás

AVAC	Eletricidade kWh	Gás kWh
DesignBuilder	184 706	5 248
Ferramenta	184 705	5 248

3.5.2 Caso real 1

3.5.2.1 Descrição geral

Empreendimento turístico de 3 estrelas localizado no concelho de Lisboa, a uma altitude de 90 m e distância à costa Atlântica superior a 5 km. Esta situação geográfica é classificada como zona climática I1 V2 na Grande Lisboa (referência NUTS III) e caracterizada por 1039 graus-dias, duração da estação de aquecimento de 5.2 meses, energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a sul na estação de aquecimento (GSUL) de 150 kWh/(m².mês) e temperatura média do ar exterior de 21.9°C na estação de arrefecimento e 10.9°C na estação de aquecimento.

O edifício desenvolve-se em 12 pisos, sendo o piso inferior enterrado e destinado às zonas de serviço e zonas técnicas. No piso 0 localiza-se o lobby, sala de pequenos de almoços e cozinha e nos restantes 10 pisos localizam-se os quartos.

3.5.2.2 Caracterização construtiva

Na Tabela 13 são apresentados os coeficientes de transmissão térmica da envolvente opaca definidos no edifício e na Tabela 14 as características dos vãos envidraçados.

Tabela 13 – Coeficientes de transmissão térmica da envolvente opaca

ID	U W/(m ² .°C)
Paredes exteriores	0.81 ; 0.76 ; 0.67
Paredes interiores	1.47
Cobertura exterior	0.47
Pavimento exterior	2.06
Pavimento interior	2.08

Tabela 14 – Características dos vãos envidraçados

ID	g	g ^T	U W/(m ² .°C)
VE1	0.50	0.50	2.9
VE2	0.50	0.25	2.9

3.5.2.3 Ventilação

A renovação do ar é promovida por ventiladores de extração localizados nas zonas de serviço e instalações sanitárias. Foram identificados os ventiladores apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 – Características dos ventiladores

ID	Marca	Modelo	Caudal m ³ /h	Potência Absorvida kW	Função
VE1	S&P	CVAT/4 2600/355	900	0.42	Cave - Vestiários
VE2	S&P	TD-1000/200 SILENT	1100	0.16	Cave
VE4	S&P	CVAT/4 3800/355	2205	0.78	Extração IS Quartos

3.5.2.4 Climatização

A climatização é efetuada por cinco unidades bomba de calor do tipo VRV, de acordo com o apresentado na Tabela 16

Tabela 16 – Características das unidades exteriores de climatização do tipo VRV

ID	Marca	Modelo	Aquecimento		Arrefecimento		Função
			Cap. [kW]	COP	Cap. [kW]	EER	
UE1	LG	ARUB100LTE4	31.5	5.74	28.0	5.20	P8, P9, P10
UE2	LG	ARUB100LTE4	31.5	5.74	28.0	5.20	P5, P6, P7
UE3	LG	ARUB100LTE4	31.5	5.74	28.0	5.20	P2, P3, P4
UE4	LG	ARUB100LTE4	31.5	5.74	28.0	5.20	Cave, Lobby, P1
UE5	LG	ARUN050GSS0	16.0	4.44	14.0	3.99	Corredores

3.5.2.5 Produção de AQS

A produção de AQS é efetuada por duas caldeiras murais de condensação com queimador modulante a gás natural, modelo WGB 70 H da Roca, com capacidade de aquecimento de 70 kW e rendimento de 109%.

3.5.2.6 Cargas internas

O número de ocupantes, iluminação e equipamentos foram definidos zona a zona, de acordo com o levantamento efetuado no local. O sistema de iluminação artificial do edifício é constituído por lâmpadas LED e lâmpadas fluorescentes tubulares e compactas, verificando-se uma potência total instalada de 7347 W. Na Tabela 17 são apresentadas as densidades globais de ocupação, iluminação e equipamentos elétricos. Foram criados 4 tipos de perfis de funcionamento: hotel, cozinha, armazéns e zonas técnicas.

Tabela 17 – Cargas internas

Tipo	Densidade
Ocupação	12.43 m ² /ocupante
Iluminação	4.73 W/m ²
Equipamentos	10.20 W/m ²

3.5.2.7 Resultados

A calibração do modelo no âmbito da auditoria energética foi efetuada através das faturas de energia e medições elétricas realizadas durante uma semana. Nesta situação a diferença verificada entre o consumo medido e obtido por simulação energética foi de -3.4%. No que diz respeito às faturas de energia, obteve-se uma diferença de -7.8% nos consumos de eletricidade e +1.9% nos consumos de gás natural.

A validação da ferramenta desenvolvida foi efetuada com os mesmos parâmetros, sendo que se obteve uma diferença de -2.5% entre os consumos medidos e obtidos por simulação. Na Figura 62 é apresentada a evolução dos consumos de eletricidade medidos e obtidos por simulação.

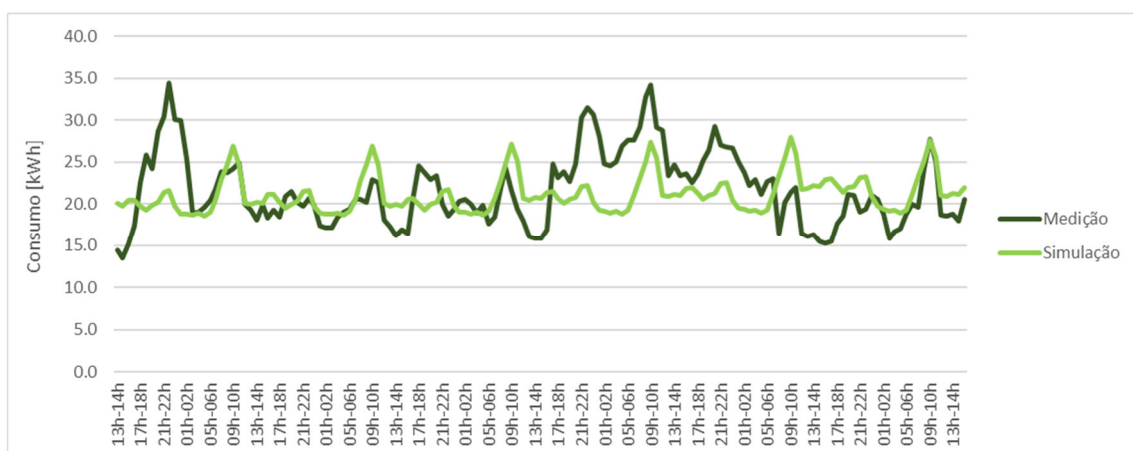


Figura 62 – Evolução dos consumos medidos e obtidos por simulação

Na Tabela 18 são apresentados os consumos faturados e obtidos por simulação de eletricidade e gás natural, verificando-se uma diferença de -6.3% e +1.9%, respetivamente.

Tabela 18 – Consumos mensais de eletricidade e gás natural faturados e obtidos por simulação

Mês	Eletricidade			Gás natural		
	Faturas	Simulação	Diferença	Faturas	Simulação	Diferença
Jan	17717	15651	-11.7%	7369	8038	9.1%
Fev	15241	13736	-9.9%	7594	7260	-4.4%
Mar	15955	14872	-6.8%	9690	8038	-17.1%
Abr	15411	14865	-3.5%	9378	7779	-17.1%
Mai	17018	16496	-3.1%	8160	8038	-1.5%
Jun	17527	17707	1.0%	6417	7779	21.2%
Jul	19126	19112	-0.1%	6845	8038	17.4%
Ago	22126	19090	-13.7%	7959	8038	1.0%
Set	20388	18098	-11.2%	7996	7779	-2.7%
Out	18117	16452	-9.2%	6608	8038	21.6%
Nov	14731	14504	-1.5%	8370	7779	-7.1%
Dez	15735	15338	-2.5%	6486	8038	23.9%
Total	209092	195923	-6.3%	92872	94640	1.9%

Para uma melhor visualização dos resultados, na Figura 63 são apresentados os consumos mensais de eletricidade faturados e obtidos por simulação e na Figura 64 a desagregação dos consumos de eletricidade por tipo de uso obtidos por simulação.

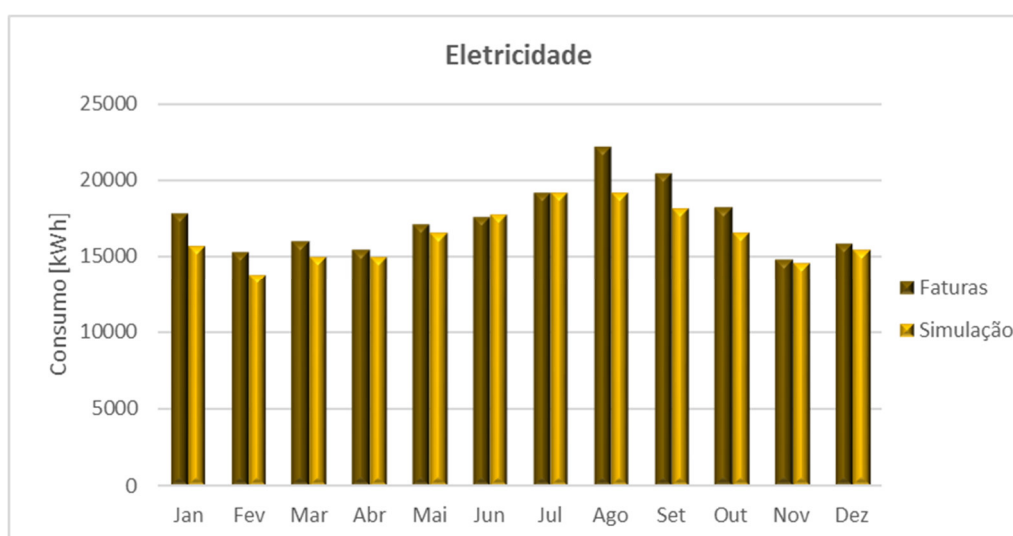


Figura 63 – Consumos mensais de eletricidade faturados e obtidos por simulação

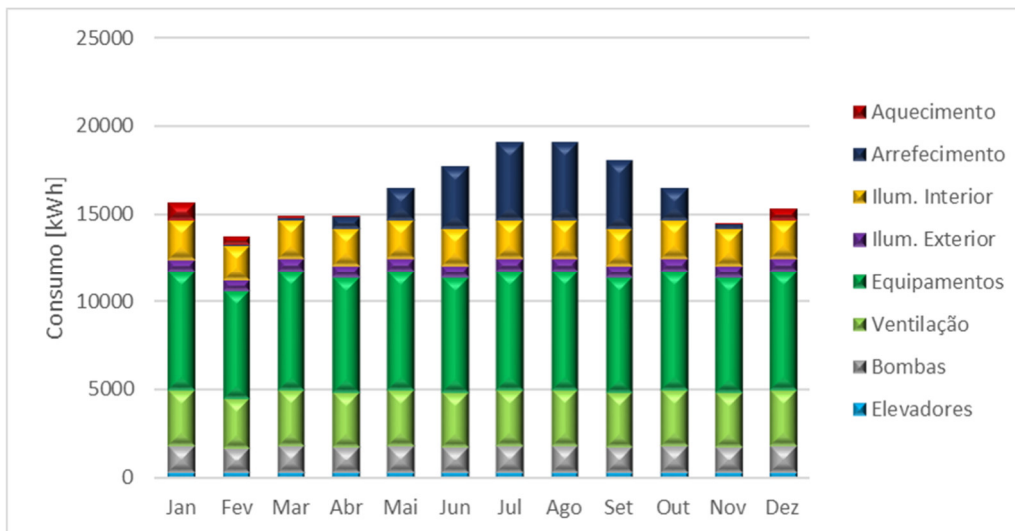


Figura 64 – Desagregação dos consumos de eletricidade obtidos por simulação

De igual modo apresenta-se na Figura 65 os consumos mensais de gás natural faturados e obtidos por simulação, sendo que a totalidade dos consumos se deve à preparação de AQS.

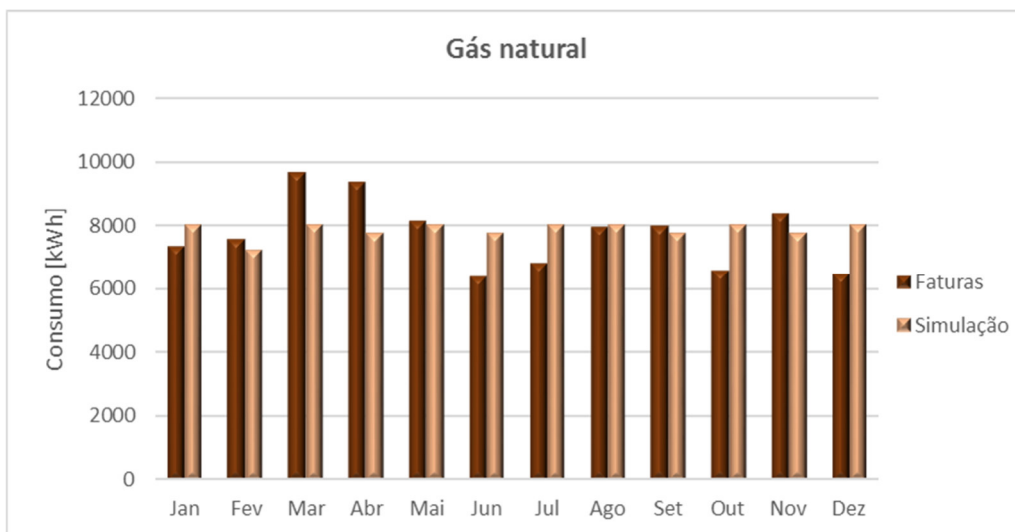


Figura 65 – Consumos mensais de gás natural faturados e obtidos por simulação

3.5.3 Caso real 2

3.5.3.1 Descrição geral

Empreendimento turístico de 5 estrelas localizado no concelho do Porto, a uma altitude de 91 m e distância à costa Atlântica inferior a 5 km. Esta situação geográfica é classificada como zona climática I1 V2 no Grande Porto (referência NUTS III) e caracterizada por 1245 graus-dias, duração da estação de aquecimento de 6.2 meses, energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a sul na estação de aquecimento (GSUL) de 130 kWh/(m².mês) e temperatura média do ar exterior de 20.9°C na estação de arrefecimento e 9.9°C na estação de aquecimento.

O edifício desenvolve-se em 17 pisos, sendo os pisos -2 e -1 totalmente enterrados e destinados a estacionamento e zonas técnicas. No piso 0, parcialmente enterrado situa-se o ginásio, sala de eventos e zonas de serviço. A entrada principal situa-se no piso 1, onde se localiza essencialmente o foyer, bar, restaurantes e cozinha. O piso 2 é constituído por salas de conferências/eventos, cozinha e zona administrativa e o piso 3, além de uma sala de conferências, destina-se a zonas técnicas. Os restantes pisos destinam-se aos quartos.

3.5.3.2 Caracterização construtiva

Na Tabela 19 são apresentados os coeficientes de transmissão térmica da envolvente opaca definidos no edifício e na Tabela 20 as características dos vãos envidraçados.

Tabela 19 – Coeficientes de transmissão térmica da envolvente opaca

ID	U W/(m ² .°C)
Paredes exteriores	0.65 ; 0.58
Paredes interiores	1.47
Cobertura exterior	0.55
Cobertura interior	0.75
Pavimento exterior	1.21
Pavimento interior	1.26

Tabela 20 – Características dos vãos envidraçados

ID	g	gT	U W/(m ² .°C)
VE1	0.45	0.45	2.9
VE2	0.45	0.22	2.9
VE3	0.45	0.23	2.9
VE4	0.45	0.23	2.9
VE5	0.40	0.40	3.1
VE6	0.40	0.20	3.1
VE7	0.40	0.20	3.1

3.5.3.3 Ventilação

A renovação do ar é efetuada por 11 UTAN's e 2 UTA's, com baterias de água quente e água fria. As características possíveis de obter são apresentadas na Tabela 21.

Tabela 21 – Características das unidades de tratamento de ar

ID	Marca	Modelo	Ar Insuf. m ³ /h	Ar Novo m ³ /h	Vent. kW	Função
CTA1	ASEA	MH16024	29700	29700	14.70	Quartos
CTA2	TRANE	MEUC132S4	10130	5290	5.80	Corredor Quartos
CTA3	TRANE	MEUC132M4	13800	8000	7.50	Sala Polivalente
CTA4	TRANE	MEUC132N4	13300	13300	7.50	Hall e Foyer (P1 e P2)
CTA5	TRANE	MEUC132N5	12325	12325	5.50	Zonas com VC P1, P2, P3
CTA6	ASEA	MT909244	3500	3500	1.50	Sala Reuniões
CTA7	TRANE	MEUC112MR4	7500	7500	4.00	Restaurante
CTA8	TRANE	MEUC100S4	4500	4500	2.20	Bar
CTA9	TRANE	MEUC132M4	19100	19100	5.50	Cozinha
CTA10	TRANE	MEUC132S4	11100	11000	5.50	Sala Reuniões
CTA11	ALPAK	D90S	4200	4200	1.10	Refeitório Pessoal
CTA12			2400	2400	1.10	Armazéns P0
CTA13	ASEA	MT100SA28-4	4500	4500	2.20	Night club

Além das unidades de tratamento de ar atrás referidas, estão também incluídos no sistema de ventilação mecânica os ventiladores listados na Tabela 22.

Tabela 22 – Características dos ventiladores

ID	Marca	Caudal m ³ /h	Potência kW	Função
VE1	RABOR	7920	1.10	IS Quartos 11, 15, 17, 18
VE2	RABOR	7920	1.10	IS Quartos 1, 3, 5, 7, 9
VE3	RABOR	7260	0.75	IS Quartos 19, 20, 21, 22, 23
VE4	RABOR	6600	1.50	IS Quartos 2, 4, 6, 8, 10, 24, 25, 26
VE5	RABOR	4840	0.75	Corredor Pisos Quartos
VE6	RABOR	5605	1.10	Sanitários P1 + P2
VE7	RABOR	13000	3.70	P1 Cozinha principal
VE8	RABOR	11700	2.00	P1 Cozinha principal
VE9	RABOR	6200	1.10	P1 Cozinha principal
VE10	RABOR	3500	0.55	P2 Cozinha Banquetes
VE11	RABOR	775	0.20	Ginásio
VE12	EFACEC	6075	1.50	IS P0 e Oficinas do P-1
VE13	RABOR	3300	0.37	Lavandaria
VE14	RABOR	11100	1.50	Sala Reuniões
VE15	RABOR	4500	0.75	Bar
VE16	RABOR	4200	0.55	Restaurante pessoal
VE17	RABOR	4500	0.75	Ginásio + SPA
VE18	RABOR	2400	0.20	Armazéns de géneros
VE19	EFACEC	6250	1.50	Casa das máquinas piso -2
VE20	RABOR	14400	3.00	Parque estacionamento -1
VE21	RABOR	14400	3.00	Parque estacionamento -2
VE22	RABOR	12325	1.50	Zonas com VC P1, P2, P3
VE23	RABOR		0.25	Câmara lixos
VE24	RABOR		0.25	C. Telefónica
VE25	RABOR		0.25	Casa máquinas elevadores Parking
VE26	TRANE	7800	2.20	Casa máquinas elevadores
VE27	EFACEC	7800	0.37	Casa máquinas elevadores
VT1	RABOR	3500	0.55	Vent. Transferência Sala Reuniões
VT2	EFACEC	7500	2.20	Vent. Transferência Restaurante
VT3	EFACEC	2200	0.25	Vent. Transferência Cabines de Projeção
VI1	EFACEC	9300	2.20	Vent. Insuflação - Hall (P0 e P2)
VI2		6250	1.50	Vent. Insuflação - Casa máquinas P-2
VI3			0.37	Vent. Insuflação - Casa caldeiras
VR1		4840	2.95	Vent. Retorno - Corredor quartos/CT2
VR2	RABOR	13260	2.95	Vent. Retorno - Sala polivalente/CT5

3.5.3.4 Climatização

A climatização dos diferentes espaços é efetuada através do ar tratado e insuflado pelas UTA's e UTAN's e por VC's.

A produção de água quente é efetuada por duas caldeiras a gás natural, com funcionamento alternado, modelo SR-HR16S da TERMEC, cada uma com capacidade nominal de aquecimento de 1860.9 kW e rendimento de 94.8%. Apesar dos equipamentos terem sido instalados em 1984, a sua manutenção eficiente tem permitido manter uma boa eficiência do equipamento, comprovada pelos testes realizados no âmbito da manutenção, tendo-se considerado uma eficiência de 90%.

A produção de água gelada é efetuada por dois *chiller's* de condensação a água. O primeiro *chiller*, modelo CVGA 030 HR da Trane, apresenta uma capacidade nominal de arrefecimento de 1122.0 kW (EER=4.65). O segundo *chiller*, modelo CVGA 026 HR da Trane, apresenta uma capacidade nominal de arrefecimento de 1034.0 kW (EER=4.61). Os *chiller's* foram instalados em 1984, pelo que a sua eficiência foi afetada do fator de correção de 0.80, de acordo com o Despacho (extrato) nº 15796-E/2013.

Em zonas com necessidades específicas de climatização foram instaladas unidades bomba de calor do tipo VRV, *Multisplit* e *Split*. Na Tabela 23 são apresentadas as características possíveis de obter das unidades exteriores identificadas.

Tabela 23 – Características das unidades exteriores de climatização

ID	Marca	Modelo	Aquecimento		Arrefecimento		Função
			Cap. [kW]	COP	Cap. [kW]	EER	
2xUE1	Daikin	RXYQ8T7Y1B	25.0	4.54	22.4	4.30	Reuniões
UE2	Daikin	RZQ200C7Y1B	23.0	3.41	20.0	3.21	Club Lounge
UE3	Daikin	RZQ250C7Y1B	26.4	3.21	24.1	2.81	Restaurante
UE4	Daikin	RXS50L2V1B	5.8	4.00	5.0	3.32	<i>Back Office</i>
UE5	Daikin	RZQSG100L9V1B	10.8	3.41	9.5	3.01	Receção
UE6	Daikin	ERQ100A7V1B	12.5	4.56	11.2	3.99	Ginásio
2xUE7	Mitsubishi	MXZ - 3A54VA	6.8	4.67	5.4	4.17	Mezanino
UE8	Sanyo	SPW-C252GH8	7.9	2.86	7.1	2.47	Reuniões
UE9	Sanyo	SPW-C252GH8	7.9	2.86	7.1	2.47	Reuniões
UE10	Sanyo	SPW-C252GH8	7.9	2.86	7.1	2.47	Reuniões
UE11	Daikin	RSEY10KLY1	31.5	3.00	28.0	2.37	Conferências
UE12	Adeo	CS-32H3A-H4A					C. Telefónica

3.5.3.5 Produção de AQS

A produção de AQS é centralizada, sendo efetuada pelas caldeiras a gás natural já descritas. A acumulação é feita em três depósitos de acumulação, cada um com 8.000 L de capacidade máxima, regulados para uma temperatura de acumulação de 60°C. Existem ainda dois depósitos de acumulação de 8.000 litros que funcionam como reserva.

3.5.3.6 Cargas internas

O número de ocupantes, iluminação e equipamentos foram definidos zona a zona, de acordo com o levantamento efetuado no local. O sistema de iluminação artificial do edifício é do tipo fluorescente e LED, verificando-se uma potência total instalada de 69598W. Na Tabela 24 são apresentadas as densidades globais de ocupação, iluminação e equipamentos elétricos.

Foram criados 6 tipos de perfis de funcionamento: hotel com funcionamento contínuo, hotel só com funcionamento diurno, cozinha, armazéns, zonas técnicas e estacionamento.

Tabela 24 – Cargas internas

Tipo	Densidade
Ocupação	7.57 m ² /ocupante
Iluminação	3.55 W/m ²
Equipamentos	8.41 W/m ²

3.5.3.7 Resultados

A calibração do modelo no âmbito da auditoria energética foi efetuada através das faturas de energia e medições elétricas realizadas durante 11 dias. Nesta situação a diferença verificada entre o consumo medido e obtido por simulação energética foi de +0.9%. No que diz respeito às faturas de energia, obteve-se uma diferença de +1.2% nos consumos de eletricidade e +2.8% nos consumos de gás natural.

A validação da ferramenta desenvolvida foi efetuada com os mesmos parâmetros, sendo que se obteve uma diferença de +0.9% entre os consumos medidos e obtidos por simulação. Na Figura 66 é apresentada a evolução dos consumos de eletricidade medidos e obtidos por simulação.

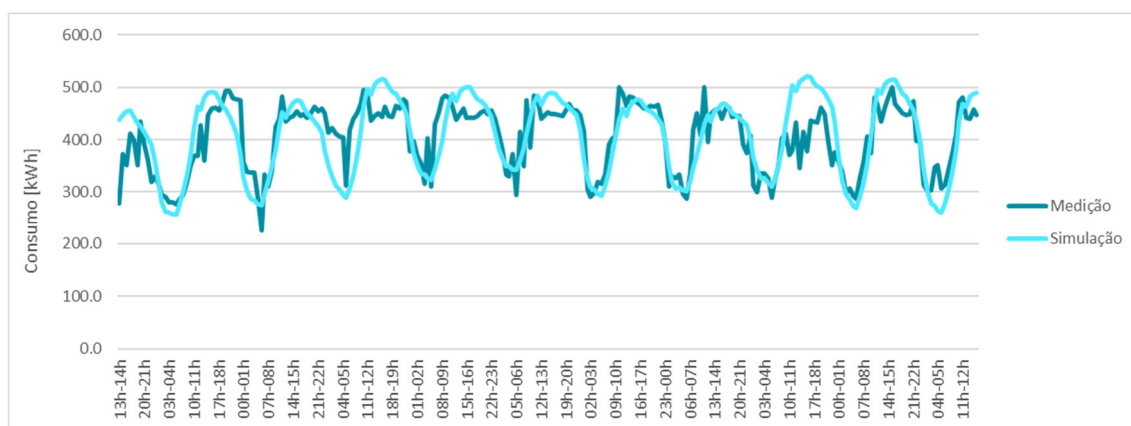


Figura 66 – Evolução dos consumos medidos e obtidos por simulação

Na Tabela 25 são apresentados os consumos faturados e obtidos por simulação de eletricidade e gás natural, verificando-se uma diferença de +0.7% e +3.2%, respetivamente.

Tabela 25 – Consumos mensais de eletricidade e gás natural faturados e obtidos por simulação

Mês	Eletricidade			Gás natural		
	Faturas	Simulação	Diferença	Faturas	Simulação	Diferença
Jan	153535	149173	-2.8%	267888	286350	6.9%
Fev	129450	136453	5.4%	209683	232611	10.9%
Mar	151035	157342	4.2%	219907	217749	-1.0%
Abr	177655	155198	-12.6%	154747	181671	17.4%
Mai	216022	219282	1.5%	121081	140145	15.7%
Jun	238801	239848	0.4%	88368	89197	0.9%
Jul	272746	285015	4.5%	75591	81376	7.7%
Ago	265899	288929	8.7%	74452	97886	31.5%
Set	232157	264835	14.1%	91648	96643	5.4%
Out	238486	229453	-3.8%	105446	125401	18.9%
Nov	172819	150265	-13.1%	189921	172183	-9.3%
Dez	157812	147556	-6.5%	279131	217218	-22.2%
Total	2406416	2423348	0.7%	1877862	1938431	3.2%

Para uma melhor visualização dos resultados, na Figura 67 são apresentados os consumos mensais de eletricidade faturados e obtidos por simulação e na Figura 68 a desagregação dos consumos de eletricidade por tipo de uso obtidos por simulação.

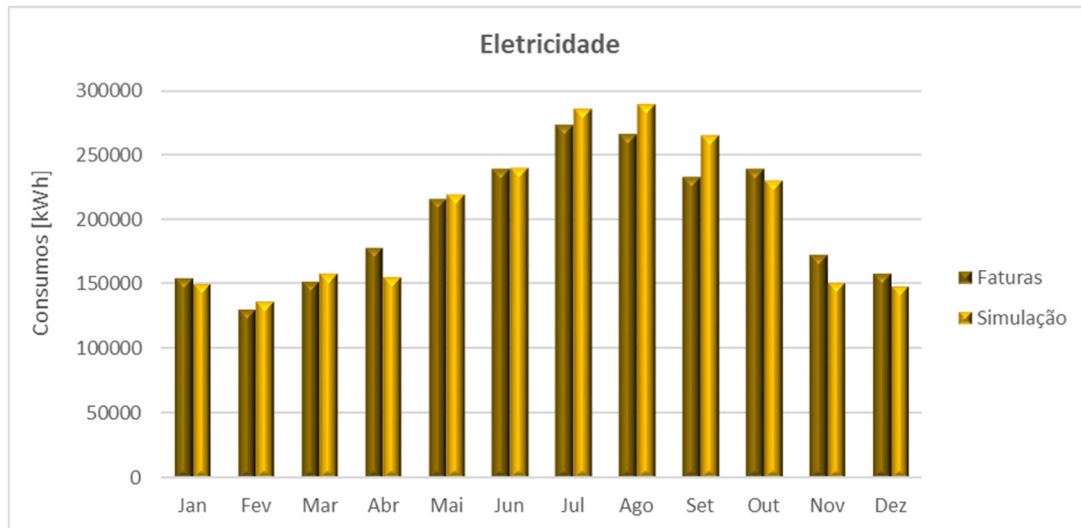


Figura 67 – Consumos mensais de eletricidade faturados e obtidos por simulação

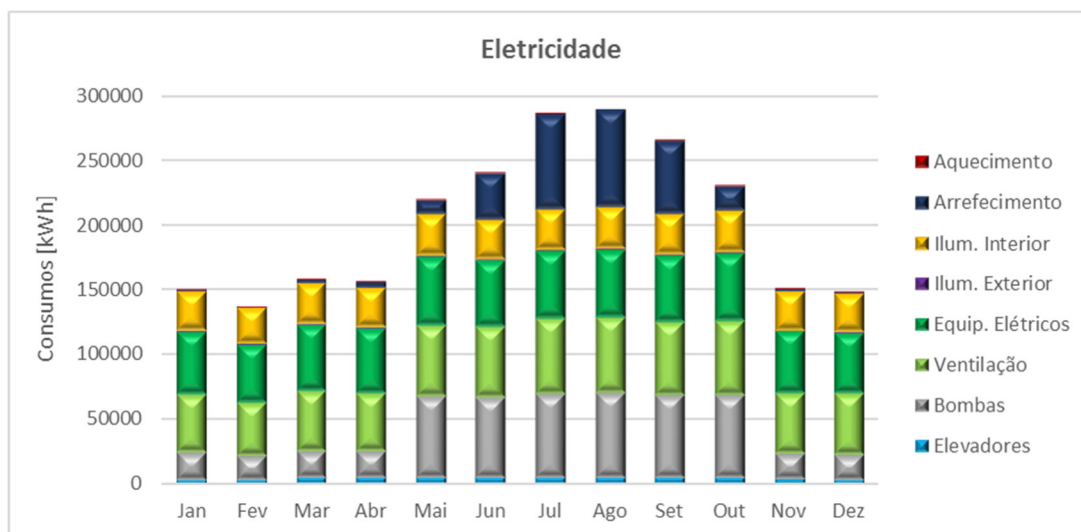


Figura 68 – Desagregação dos consumos de eletricidade obtidos por simulação

De igual modo apresentam-se na Figura 69 são os consumos mensais de eletricidade faturados e obtidos por simulação e na Figura 70 a desagregação dos consumos de eletricidade por tipo de uso obtidos por simulação.

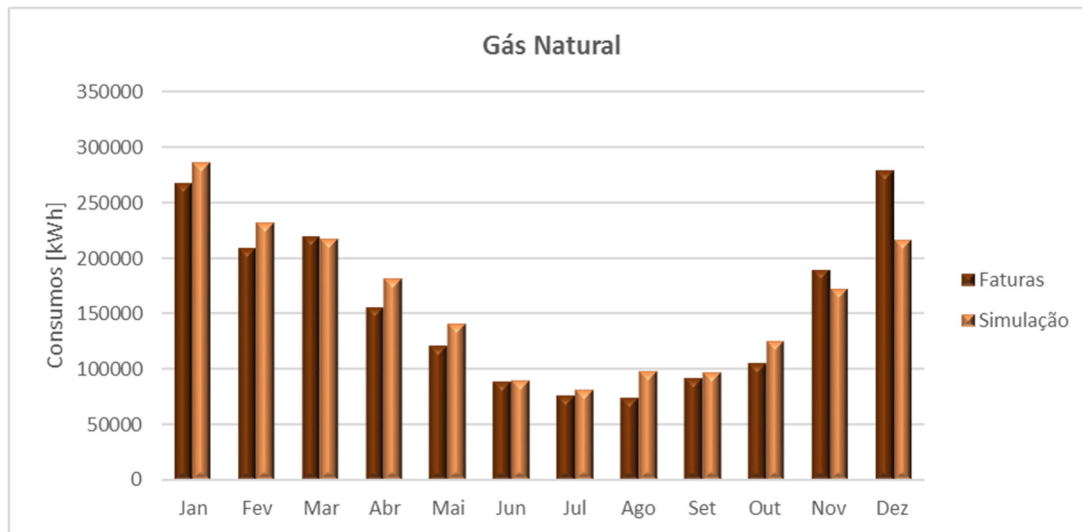


Figura 69 – Consumos mensais de gás natural faturados e obtidos por simulação

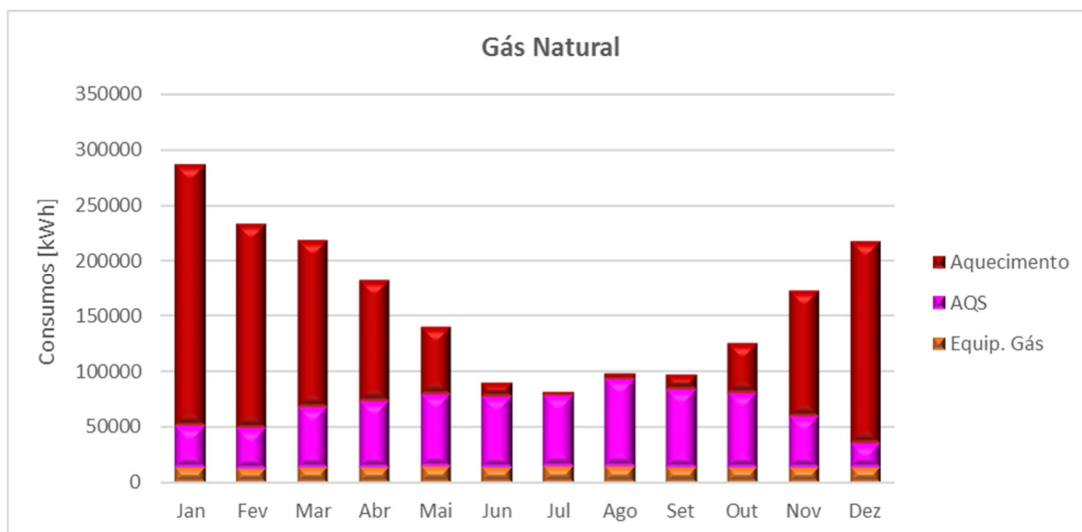


Figura 70 – Desagregação dos consumos de gás natural obtidos por simulação

3.5.4 Caso real 3

3.5.4.1 Descrição geral

Empreendimento turístico de 3 estrelas localizado no concelho de Lisboa, a uma altitude de 78 m e distância à costa Atlântica superior a 5 km. Esta situação geográfica é classificada como zona climática I1 V3 na região Grande Lisboa (referência NUTS III) e caracterizada por 1018 graus-dias, duração da estação de aquecimento de 5.2 meses, energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a sul na estação de aquecimento (GSUL) de 150 kWh/(m².mês) e temperatura média do ar exterior de 22.0°C na estação de arrefecimento e 10.9°C na estação de aquecimento.

O edifício desenvolve-se em 14 pisos e 1 entrepisso, sendo o piso -1 e o entrepisso enterrados e destinados a zonas de serviço e zonas técnicas. No piso 0 localiza-se o lobby e refeitório do pessoal, no piso 1 a zona de pequenos-almoços/refeições e a cozinha e nos restantes pisos localizam-se os quartos.

3.5.4.2 Caracterização construtiva

Na Tabela 26 são apresentados os coeficientes de transmissão térmica da envolvente opaca definidos no edifício e na Tabela 27 as características dos vãos envidraçados.

Tabela 26 – Coeficientes de transmissão térmica da envolvente opaca

ID	U W/(m ² .°C)
Paredes exteriores	1.09 ; 0.53
Paredes interiores	1.17 ; 1.47 ; 1.78
Cobertura exterior	0.51
Cobertura interior	0.50
Pavimento exterior	2.85
Pavimento interior	2.08

Tabela 27 – Características dos vãos envidraçados

ID	g	g ^T	U W/(m ² .°C)
VE1	0.24	0.24	2.7
VE2	0.24	0.12	2.7
VE3	0.24	0.24	2.7
VE4	0.24	0.12	2.7

3.5.4.3 Ventilação

A renovação do ar nos quartos é efetuada através de uma UTAN, dotada de bateria de água fria, recuperação de calor e ventiladores de insuflação e extração.

Para a zona de pequenos-almoços/refeições foi instalada uma UTA10, dotada de baterias de água quente e de água e um ventilador de insuflação.

As características das duas unidades são apresentadas na Tabela 28.

Tabela 28 – Características das unidades do tipo *Rooftop*

ID	Marca	Modelo	Ar Insuf. m ³ /h	Ar Novo m ³ /h	Ar Ret/Ext m ³ /h	Ventiladores	
						Insuf.	Extrac.
UTAN1	Carrier	39YA 15/15	11090	11090	9690	5.50	3.51
UTA10	Carrier	39YA 05	4200	2700	1500	1.70	0

Nos restantes espaços com necessidades de renovação do ar foi instalado um ventilador de insuflação (VAN6). Estão ainda instalados ventiladores de extração e desenfumagem e uma *hotte*, cujas características são apresentadas Tabela 29.

Tabela 29 – Características dos ventiladores

ID	Marca	Modelo	Caudal m ³ /h	Potência kW	Função
VEX-2	France Air	Canal'Air C ECM 160C	850	0.13	Sala quadros
VEX-3	France Air	Canal'Air C ECM 125	450	0.11	IS Público
VEX-4	France Air	Canal'Air C ECM 160C	700	0.08	Apoio Cozinha
VEX-5	France Air	RECTILYS II ECM 3100	2605	0.40	IS, Arrumos
VAN-6	France Air	RECTILYS II ECM 2700	2460	0.40	Ar Novo P-1/PO
VEX-8	France Air	SIMOUN 450 4P	3000	0.75	<i>Hotte</i> cozinha
VEX-9	France Air	DEFUMAIR XR 450 4P	3600	1.10	Desenfumagem
VE.Q.IS1	S&P	Silent 100	95	0.01	Quarto 1201
VE.Q.IS2	S&P	Silent 100	95	0.01	Quarto 1202

3.5.4.4 Climatização

A climatização da generalidade dos espaços é efetuada através de VC's. A produção de energia térmica para estes equipamentos e para as unidades e tratamento de ar é efetuada por um *chiller* bomba de calor modelo 30RQP-0430 da Carrier de 2018, com capacidade nominal de aquecimento de 456.0 kW (COP=2.97) e capacidade nominal de arrefecimento de 424.0 kW (EER=2.90).

Nas restantes zonas a climatização é garantida por unidades de climatização individual do tipo *split*, cujas características são apresentadas na Tabela 30.

Tabela 30 – Características das unidades exteriores de climatização do tipo *split*

ID	Marca	Modelo	Aquecimento		Arrefecimento		Função
			Cap. [kW]	COP	Cap. [kW]	EER	
UE1	Mitsubishi	MUZ-SF50VE	5.80	3.41	5.00	3.01	C. Telefónica
UE2	Mitsubishi	MUZ-HR25VF	3.15	3.71	2.50	3.13	Quarto 1201
UE3	Mitsubishi	MUZ-HR25VF	3.15	3.71	2.50	3.13	Quarto 1202
UE4	Mitsubishi	MUZ-HR50VF	5.40	3.48	5.00	2.44	Cozinha
UE5	Mitsubishi	MUZ-HR35VF	3.60	3.69	3.40	2.81	Cozinha

3.5.4.5 Produção de AQS

A produção de AQS é efetuada por duas caldeiras a gás natural que funcionam de modo intercalado, nomeadamente uma caldeira de 2001, modelo GT 408 da De Dietrich, com potência útil nominal de 390.0 kW e rendimento de 89% e uma caldeira de 1974, modelo L-200 14 da Roca, com potência útil nominal de 238.4 kW e rendimento de 86%. As eficiências destes equipamentos foram afetadas do fator devido à idade do equipamento, de acordo com o especificado no Despacho (extrato) nº 15793-E/2013.

3.5.4.6 Cargas internas

O número de ocupantes, iluminação e equipamentos foram definidos zona a zona, de acordo com o levantamento efetuado no local. O sistema de iluminação artificial do edifício é essencialmente do tipo LED, verificando-se uma potência total instalada de 17588W. Na Tabela 31 são apresentadas as densidades globais de ocupação, iluminação e equipamentos elétricos.

Foram criados 3 tipos de perfis de funcionamento: hotel com funcionamento contínuo, hotel com funcionamento diurno, cozinha, armazéns e zonas técnicas.

Tabela 31 – Cargas internas

Tipo	Densidade
Ocupação	10.12 m ² /ocupante
Iluminação	4.14 W/m ²
Equipamentos	20.62 W/m ²

3.5.4.7 Resultados

A calibração do modelo no âmbito da auditoria energética foi efetuada através das faturas de energia e medições elétricas realizadas durante uma semana. Nesta situação a diferença verificada entre o consumo medido e obtido por simulação energética foi de -5.0%. No que diz respeito às faturas de energia, obteve-se uma diferença de +7.8% nos consumos de eletricidade e -0.6% nos consumos de gás natural.

A validação da ferramenta desenvolvida foi efetuada com os mesmos parâmetros, sendo que se obteve uma diferença de -9.0% entre os consumos medidos e obtidos por simulação. Na Figura 71 é apresentada a evolução dos consumos de eletricidade medidos e obtidos por simulação.

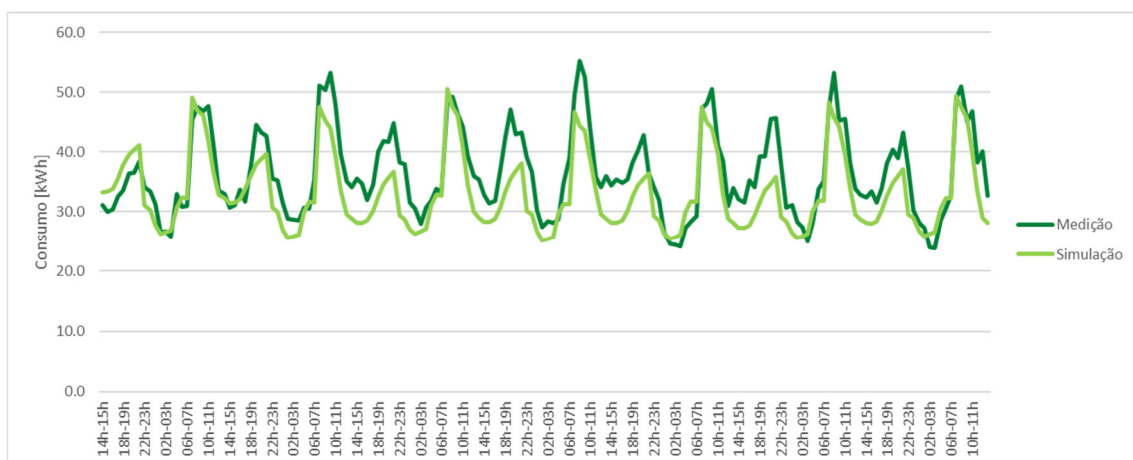


Figura 71 – Evolução dos consumos medidos e obtidos por simulação

Na Tabela 32 são apresentados os consumos de eletricidade faturados e obtidos por simulação, verificando-se uma diferença de -4.9%, entre si.

Tabela 32 – Consumos mensais de eletricidade e gás natural faturados e obtidos por simulação

Mês	Eletricidade			Gás natural		
	Faturas	Simulação	Diferença	Faturas	Simulação	Diferença
Jan	23049	22243	-3.5%	8532	8557	0.3%
Fev	25681	22199	-13.6%	14887	11416	-23.3%
Mar	23744	25241	6.3%	18336	16026	-12.6%
Abr	21780	25539	17.3%	19870	19014	-4.3%
Mai	25641	26720	4.2%	21247	21752	2.4%
Jun	26816	28672	6.9%	21400	22433	4.8%
Jul	32262	35737	10.8%	22055	22790	3.3%
Ago	33168	35685	7.6%	17485	22941	31.2%
Set	31109	32068	3.1%	22267	23396	5.1%
Out	26983	28006	3.8%	23203	23908	3.0%
Nov	25075	27500	9.7%	22379	21418	-4.3%
Dez	25880	28052	8.4%	20526	17246	-16.0%
Total	321189	337663	5.1%	232187	230899	-0.6%

Para uma melhor visualização dos resultados, na Figura 72 são apresentados os consumos mensais de eletricidade faturados e obtidos por simulação e na Figura 73 a desagregação dos consumos de eletricidade por tipo de uso obtidos por simulação.

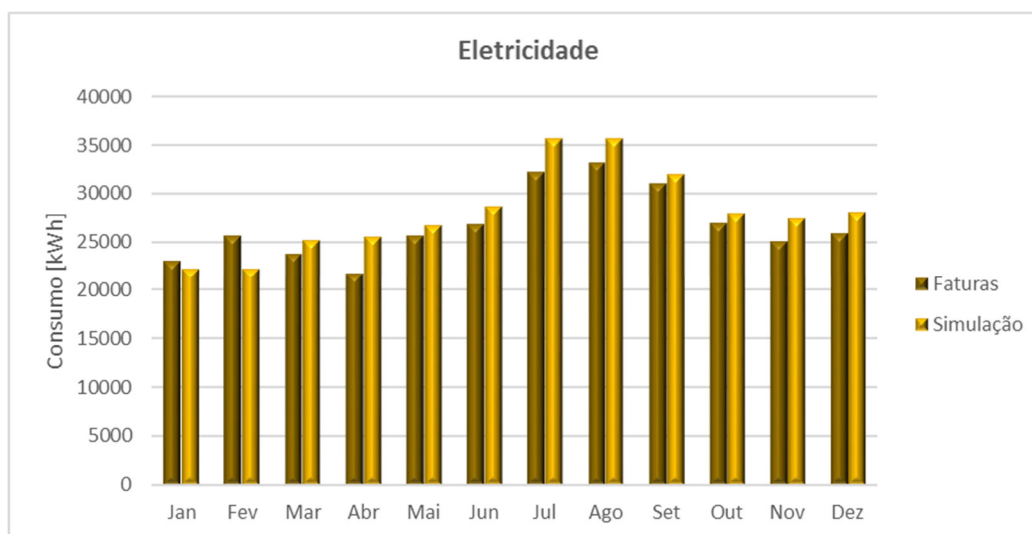


Figura 72 – Consumos mensais de eletricidade faturados e obtidos por simulação

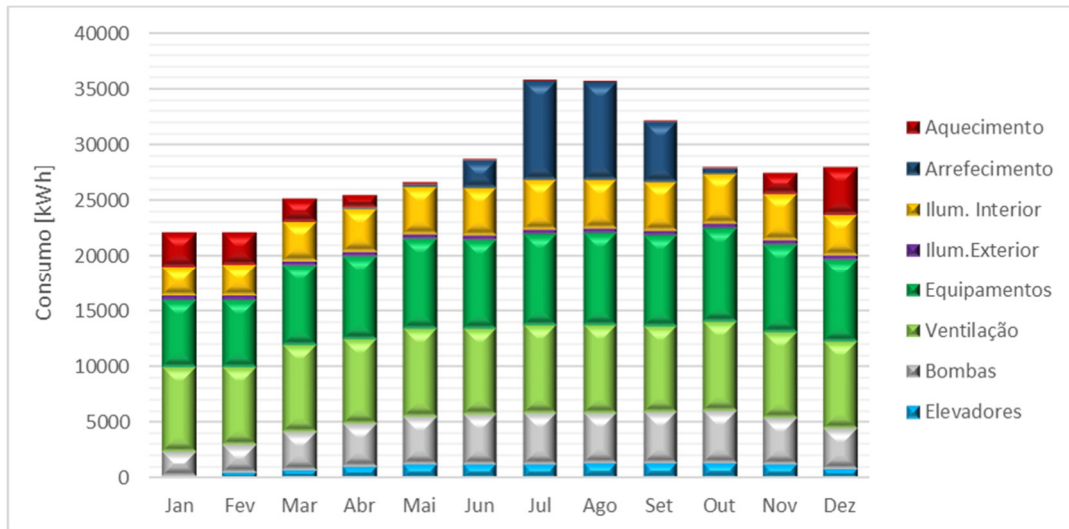


Figura 73 – Desagregação dos consumos de eletricidade obtidos por simulação

De igual modo apresenta-se na Figura 74 os consumos mensais de gás natural faturados e obtidos por simulação, sendo que a totalidade dos consumos se deve à preparação de AQS.

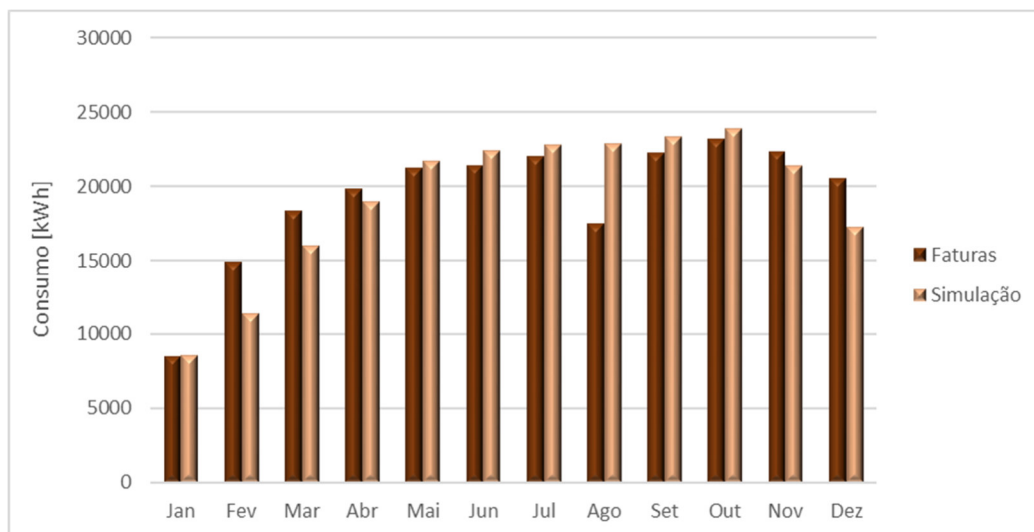


Figura 74 – Consumos mensais de gás natural faturados e obtidos por simulação

3.5.5 Caso real 4

3.5.5.1 Descrição geral

Superfície comercial do tipo supermercado localizada no concelho de Matosinhos, a uma altitude de 14 m e distância à costa Atlântica inferior a 5 km. Esta situação geográfica é classificada como zona climática I1 V2 no Grande Porto (referência NUTS III) e caracterizada por 1122 graus-dias, duração da estação de aquecimento de 6.0 meses, energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a sul na estação de aquecimento (GSUL) de 130 kWh/(m².mês) e temperatura média do ar exterior de 20.9°C na estação de arrefecimento e 10.5°C na estação de aquecimento. O edifício desenvolve-se em dois pisos, situando-se no piso térreo a área de vendas, cafetaria, secções de apoio, armazém e zonas técnicas. Numa pequena parte do edifício existe um segundo piso para a área administrativa, refeitório e vestiários.

3.5.5.2 Caracterização construtiva

Na Tabela 41 são apresentados os coeficientes de transmissão térmica da envolvente opaca definidos no edifício e na Tabela 34 as características dos vãos envidraçados.

Tabela 33 – Coeficientes de transmissão térmica da envolvente opaca

ID	U W/(m ² .°C)
Paredes exteriores	0.50
Paredes interiores	1.69
Cobertura exterior	0.47 ; 0.42 ; 0.40
Pavimento interior	1.93

Tabela 34 – Características dos vãos envidraçados

ID	g	gT	U W/(m ² .°C)
VE1	0.55	0.55	3.0
VE2	0.55	0.34	3.0
VE3	0.50	0.50	3.0
VE4	0.37	0.37	0.5

3.5.5.3 Ventilação

A renovação do ar na área de vendas é efetuada por duas unidades compactas do tipo *Rooftop* com possibilidade de *free cooling*, cujas características são apresentadas na Tabela 35.

Tabela 35 – Características das unidades do tipo *Rooftop*

ID	Marca	Modelo	Ar Insuf. m ³ /h	Ar Novo m ³ /h	Ventilador kW	Função
UCA1	Lennox	FHM 085 N2MEC	16000	2880	3.46	Área de vendas
UCA2	Lennox	FHM 085 N2MEC	16000	2880	3.46	Área de vendas

Na área administrativa a renovação do ar é efetuada por uma unidade recuperadora de energia, cujas características são apresentadas na Tabela 36.

Tabela 36 – Características da unidade recuperadora

ID	Marca	Modelo	Ar Novo m ³ /h	Ar Extraído m ³ /h	Ventiladores kW	Função
VIR1	Troia	REC 1700H	1450	1000	2 x 0.38 kW	Zona administrativa

A renovação do ar nos restantes espaços é efetuada através de sistema de ventilação mecânica, constituído pelos equipamentos identificados na Tabela 37.

Tabela 37 – Características dos ventiladores

ID	Marca	Modelo	Caudal m ³ /h	Potência kW	Função
VE1	FranceAir	TKC H 400	750	0.91	IS Público
VE2	FranceAir	HELICIA 560	6000	0.67	Central frio
VE3	FranceAir	HELICIA 400	3000	0.32	PT
VE4	FranceAir	TKC H 300 A	150	0.06	Sala quadros
VE5	FranceAir	HELICIA 500	3900	0.49	Armazém/Secções
VE6	FranceAir	Canal Fast 160	300	0.08	Casa dos lixos
VE7	FranceAir	Defumair XR 450	2500	1.10	<i>Hotte</i>
VE8	FranceAir	HELICIA 315	2350	0.26	Secções
VE9	FranceAir	Simoun 400	2000	0.37	<i>Hotte</i> Padaria
VE10	FranceAir	Simoun 315	1000	0.37	<i>Hotte</i> Cafeteria
VE11	FranceAir	Modulys Ext B 400A	450	0.36	IS Funcionários

3.5.5.4 Climatização

A climatização da área de vendas e cafetaria é efetuada através do ar insuflado pelas duas unidades compactas bomba de calor. Tratam-se de unidades modelo FHM 085 N2MEC da Lennox, com capacidade de aquecimento de 77.3 kW (COP=3.25) e capacidade de arrefecimento de 90.3 kW (EER=3.17).

Nas restantes zonas a climatização é garantida por unidades de climatização individual do tipo *split*, cujas características são apresentadas na Tabela 38.

Tabela 38 – Características das unidades exteriores de climatização do tipo *split*

ID	Marca	Modelo	Aquecimento		Arrefecimento		Função
			Cap. [kW]	COP	Cap. [kW]	EER	
UE1	Samsung	AR09HSFSBUR	3.3	4.00	2.5	5.60	Apoio caixas
UE2	Samsung	AR24HSFSBUR	8.0	3.80	6.8	7.00	Sala quadros
UE3	Lumelco	LCC 50M					Casa dos lixos
UE4	Samsung	AR09HSFSBUR	3.3	4.00	2.5	5.60	Gerente loja
UE5	Samsung	AR09HSFSBUR	3.3	4.00	2.5	5.60	Operacionais
UE6	Samsung	AR24HSFSBUR	8.0	3.80	6.8	7.00	Refeitório
UE7	Samsung	AR12HSFSBUR	4.0	4.00	14.0	5.60	Bastidores

3.5.5.5 Produção de AQS

A produção de AQS é efetuada por recuperação de calor da central de frio, com acumulação de água proveniente do sistema de frio num depósito de 500L. Existe um segundo depósito com resistência elétrica para apoio.

3.5.5.6 Cargas internas

O número de ocupantes, iluminação e equipamentos foram definidos zona a zona, de acordo com o levantamento efetuado no local. O sistema de iluminação artificial do edifício é essencialmente do tipo LED, verificando-se uma potência total instalada de 19236W. Tabela 39 são apresentadas as densidades globais de ocupação, iluminação e equipamentos elétricos.

Foram criados 3 tipos de perfis de funcionamento: supermercado, armazéns e zonas técnicas.

Tabela 39 – Cargas internas

Tipo	Densidade
Ocupação	10.92 m ² /ocupante
Iluminação	8.27 W/m ²
Equipamentos	13.63 W/m ²

3.5.5.7 Sistema fotovoltaico

Na cobertura do edifício encontra-se instalada uma central de produção fotovoltaica para autoconsumo, constituída por 260 painéis fotovoltaicos, modelo GreenTriplex PM060P00 da BenQ, com potência unitária de 260W, perfazendo uma potência total de 67.6 kW. A contribuição da central de produção fotovoltaica foi estimada pela ferramenta SCE. ER disponibilizada pela Direção-Geral de Energia e Geologia.

3.5.5.8 Resultados

A calibração do modelo no âmbito da auditoria energética foi efetuada através das faturas de energia e medições elétricas realizadas durante 6 dias. Nesta situação a diferença verificada entre o consumo medido e obtido por simulação energética foi de -3.7%. No que diz respeito às faturas de energia, obteve-se uma diferença de -7.6% nos consumos de eletricidade.

A validação da ferramenta desenvolvida foi efetuada com os mesmos parâmetros, sendo que se obteve uma diferença de -0.4% entre os consumos medidos e obtidos por simulação. Na Figura 75 é apresentada a evolução dos consumos de eletricidade medidos e obtidos por simulação.

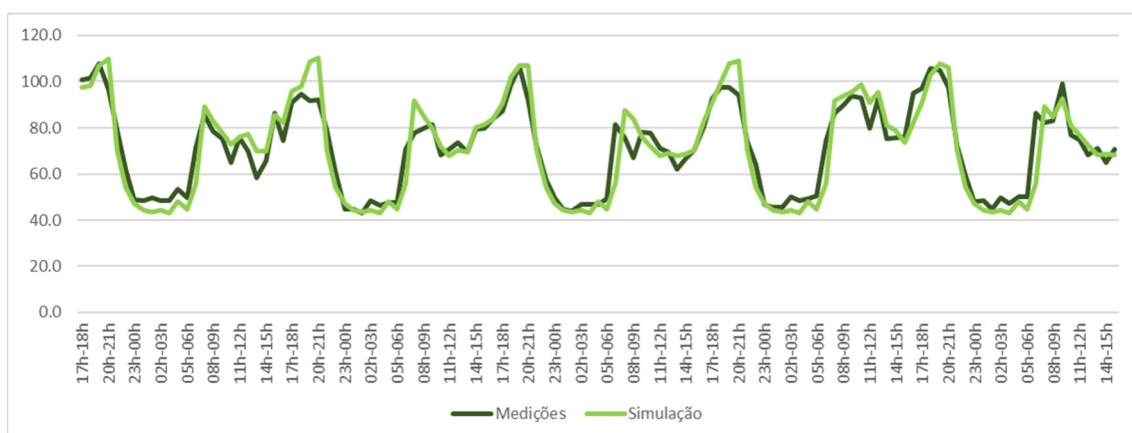


Figura 75 – Evolução dos consumos medidos e obtidos por simulação

Na Tabela 40 são apresentados os consumos de eletricidade faturados e obtidos por simulação, verificando-se uma diferença de -4.9% %, entre si.

Tabela 40 – Consumos mensais de eletricidade faturados e obtidos por simulação

Mês	Eletricidade		
	Faturas	Simulação	Diferença
Jan	64277	54802	-14.7%
Fev	58325	47920	-17.8%
Mar	62885	51928	-17.4%
Abr	51557	49778	-3.5%
Mai	51828	52422	1.1%
Jun	54210	51727	-4.6%
Jul	56991	55475	-2.7%
Ago	59340	55654	-6.2%
Set	54314	53531	-1.4%
Out	54205	55585	2.5%
Nov	48413	53273	10.0%
Dez	54847	56156	2.4%
Total	671192	638251	-4.9%

Para uma melhor visualização dos resultados, na Figura 76 são apresentados os consumos mensais de eletricidade faturados e obtidos por simulação e na Figura 77 a desagregação dos consumos de eletricidade por tipo de uso obtidos por simulação.

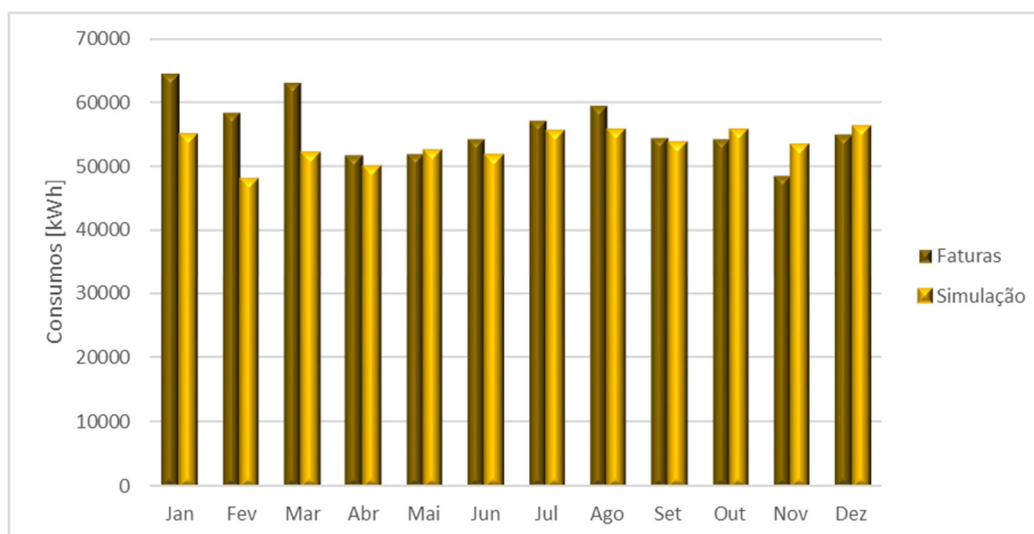


Figura 76 – Consumos mensais de eletricidade faturados e obtidos por simulação

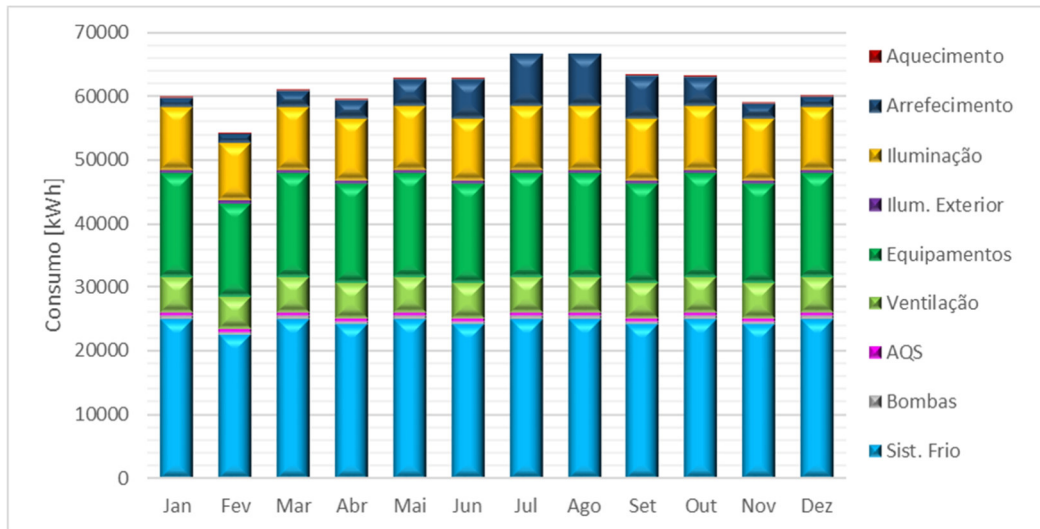


Figura 77 – Desagregação dos consumos de eletricidade obtidos por simulação

CONCLUSÕES

- 4.1 CONCLUSÕES
- 4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

4.1 CONCLUSÕES

O EnergyPlus™ é um dos programas de simulação mais completo e utilizado em todo o mundo. No entanto, não é um programa intuitivo de se trabalhar e de fácil aprendizagem. Com o objetivo de facilitar o processo de criação do modelo de simulação foram criados vários programas, interfaces e outras ferramentas auxiliares, como por exemplo o DesignBuilder, que utiliza o EnergyPlus™ como motor de cálculo.

O DesignBuilder é um programa de simulação *user-friendly* onde é possível criar o modelo tridimensional do edifício, definir soluções construtivas e os dados de atividade de um modo simples e intuitivo, com um processo de aprendizagem bastante rápido. Tem ainda integrado um módulo de definição dos sistemas AVAC e utilizando como motor de cálculo o EnergyPlus™, executa a simulação e apresenta os resultados obtidos, entre outras funcionalidades.

No que diz respeito à definição dos sistemas AVAC, o DesignBuilder apresenta uma interface gráfica para criação dos diferentes componentes, que têm de ser ligados entre si. No entanto, os parâmetros que diferem de zona térmica para zona térmica têm de ser inseridos manualmente em cada componente.

Em edifícios com um elevado número de zonas térmicas, com diferentes caudais de ar insuflado e caudais de ar novo, por exemplo, a introdução da informação pode ser um processo demorado e propenso a erros.

Uma vez que os dados de entrada no EnergyPlus™ são ficheiros de texto com uma determinada estrutura, surgiu a ideia de criar uma ferramenta para introdução dos sistemas AVAC de forma no EnergyPlus™, com recurso a folha de cálculo Excel e programação VBA.

Como era objetivo, a ferramenta existente foi atualizada para a versão mais atual do EnergyPlus™ (v9.2) e a folha de cálculo foi reorganizada para uma utilização mais eficiente e funcional, retirando parâmetros que se mostraram desnecessários com a sua utilização e inserindo outros que estariam em falta.

Foram ainda cumpridos os objetivos de permitir a criação de unidades de ventilação sem baterias de aquecimento e/ou arrefecimento, a definição de novos sistemas AVAC, nomeadamente *chiller's* bomba de calor e sistemas VRV, e a possibilidade de definição das curvas características dos diferentes equipamentos.

A validação da ferramenta foi realizada por dois métodos:

- Comparação entre os resultados obtidos pelo ficheiro criado no DesignBuilder e pelo mesmo ficheiro, mas substituindo os dados dos sistemas AVAC pela informação definida pela ferramenta;
- Utilização de modelos reais previamente calibrados, comparando os resultados obtidos com os consumos de energia faturados e medidos através de analisadores de rede.

No que diz respeito ao primeiro método, os resultados obtidos entre os dois ficheiros em análise são iguais, como era esperado.

Os modelos reais selecionados pretendiam englobar e testar os diferentes tipos de sistemas existentes na ferramenta, tendo sido divididos em:

- Caso 1: Climatização por sistemas do tipo VRV;
- Caso 2: Renovação do ar através de UTA's/UTAN's e climatização através de VC's. Produção de energia térmica efetuada através de caldeira e *chiller*. Algumas zonas com unidades individuais de climatização do tipo *split*;
- Caso 3: Renovação do ar através de UTA's/UTAN's e climatização através de VC's. Produção de energia térmica efetuada através de *chiller* bomba de calor. Algumas zonas com unidades individuais de climatização do tipo *split*;
- Caso 4: Renovação do ar através de uma unidade do tipo *Rooftop* e unidade recuperadora de energia. Climatização pela *Rooftop* e unidades individuais de climatização do tipo *split*.

Em todos os casos analisados, os resultados obtidos nos modelos de simulação onde os sistemas AVAC foram definidos pela ferramenta apresentam uma diferença inferior a 10% dos consumos faturados e medidos, sendo este o valor tipicamente considerado para calibração de um modelo de simulação.

Em geral, verificou-se uma menor diferença entre os resultados obtidos pelo modelo criado pela ferramenta do que os obtidos pelo modelo original, sendo a única exceção a comparação dos consumos obtidos pelas medições no Caso 3. Os resultados podem ser explicados pela possibilidade de, utilizando a ferramenta desenvolvida, modelar um sistema mais próximo da realidade do que o que estaria a ser efetuado com a ferramenta inicial.

A utilização da ferramenta permite uma maior rapidez na definição dos sistemas AVAC, bem como diminui a probabilidade de erros na introdução manual dos valores, uma vez que é possível fazer uma verificação simples na folha de cálculo e a definição dos

sistemas é efetuada de modo automático. Apresenta como desvantagens a dependência de um programa externo para criação do modelo tridimensional e o facto dos cálculos dos resultados terem de ser efetuados numa folha de cálculo adicional.

Considera-se assim que os objetivos propostos foram cumpridos e que a ferramenta desenvolvida e validada, revela grande potencial como ferramenta auxiliar para a modelação energética.

4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

Como já foi referido o EnergyPlus™ é um dos programas de simulação mais completo, com um elevado número de configurações de sistemas possíveis de definir. A cada nova atualização são introduzidas novas funcionalidades e algoritmos, procurando ajustar os modelos de simulação ao mais próximo da realidade possível, bem como incluir novas tecnologias que vão surgindo no mercado.

A ferramenta desenvolvida terá de ser sempre atualizada quando se pretenda utilizar as novas versões do EnergyPlus™ que vão sendo disponibilizadas ao longo do tempo.

Pretende-se ainda incluir outros sistemas AVAC e que neste momento não é possível definir. Ao nível da produção de energia térmica incluir redes urbanas, diferentes tipos de *chiller's*, como por exemplo *chiller's* de absorção, incluir torres de arrefecimento, bancos de gelo, circuitos de recuperação de calor e geotermia.

Como exemplo de novas funcionalidades que se pretendem incluir nas zonas térmicas, existem as vigas arrefecidas, unidades de indução e ventiladores de extração.

Na realidade, dentro dos sistemas já incluídos e os referidos no parágrafo anterior como exemplo, existem componentes semelhantes e inúmeras características possíveis de alterar. Não sendo possível, incluir todas as variáveis numa ferramenta deste género, uma vez que a tornaria bastante complexa e pesada e a definição dos sistemas passaria a ser um processo demorado, irão sendo selecionados os sistemas mais utilizados.

No que diz respeito ao código de programação pretende-se incluir a curto prazo mensagens de erro adicionais quando os dados inseridos forem incorretos, permitindo assim identificar eventuais erros e a sua devida correção atempada.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES
DE INFORMAÇÃO**

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

2018 Global Status Report: towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector. International Energy Agency and the United Nations Environment Programme. 2018.

ANSI/ASHRAE Standard 140 *Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs*. 2017.

ASHRAE Guideline 14-2014 - Measurement of Energy Demand and Water Savings. 2014.

AYNUR, T. N. Variable refrigerant flow systems: A review. *Energy and Buildings*, 42, n. 7, p. 1106-1112, 2010/07/01/ 2010.

BOURDEAU, M.; ZHAI, X. Q.; NEFZAOU, E.; GUO, X. *et al.* Modeling and forecasting building energy consumption: A review of data-driven techniques. *Sustainable Cities and Society*, 48, p. 101533, 2019/07/01/ 2019.

BRE. *BREEAM International New Construction 2016 – Technical Manual SD233 2.0*. 2017.

CHUA, K. J.; CHOU, S. K.; YANG, W. M.; YAN, J. Achieving better energy-efficient air conditioning – A review of technologies and strategies. *Applied Energy*, 104, p. 87-104, 2013/04/01/ 2013.

COAKLEY, D.; RAFTERY, P.; KEANE, M. A review of methods to match building energy simulation models to measured data. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 37, p. 123-141, 2014/09/01/ 2014.

CRAWLEY, D.; HAND, J.; KUMMERT, M.; GRIFFITH, B. *Contrasting the Capabilities of Building Energy Performance Simulation Programs*. 2005.

CRAWLEY, D.; LAWRIE, L.; WINKELMANN, F.; BUHL, W. *et al.* *EnergyPlus: New, Capable, and Linked*. 2002.

CRAWLEY, D. B.; LAWRIE, L. K.; WINKELMANN, F. C.; BUHL, W. F. *et al.* *EnergyPlus: creating a new-generation building energy simulation program*. *Energy and Buildings*, 33, n. 4, p. 319-331, 2001/04/01/ 2001.

DL 118/2013. pp.

EnergyPlus™ Version 9.2.0 Documentation - Auxiliary Programs. 2019.

EnergyPlus™ Version 9.2.0 Documentation - EnergyPlus Essentials. ENERGY, U. S. D. O. 2019.

EnergyPlus™ Version 9.2.0 Documentation - Engineering Reference. 2019.

EnergyPlus™ Version 9.2.0 Documentation - Tips and Tricks for Using EnergyPlus. 2019.

FERNANDES, M.; RODRIGUES, E.; GASPAR, A.; GOMES, A. An Aiding Tool for Building Design Generation, Thermal Assessment and Optimization – EnergyPlus Interaction Overview. *In: CYTEF 2018 – IX Congreso Ibérico | VII Congreso Iberoamericano de las Ciencias y Técnicas del Frío*, 2018, Valencia, España, 19-21 Junio, 2018.

GAJEWSKI, R.; PIENIAŻEK, P. Building energy modelling and simulations: qualitative and quantitative analysis. *MATEC Web of Conferences*, 117, p. 00051, 01/01 2017.

GOETZLER, W. Variable refrigerant flow systems. *ASHRAE Journal*, p. 24-31, 2007.

HAND, J. W.; CRAWLEY, D. B.; DONN, M.; LAWRIE, L. K. Improving non-geometric data available to simulation programs. *Building and Environment*, 43, n. 4, p. 674-685, 2008/04/01/ 2008.

HARISH, V. S. K. V.; KUMAR, A. A review on modeling and simulation of building energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, p. 1272-1292, 2016/04/01/ 2016.

HENNINGER, R. H.; WITTE, M. J. EnergyPlus Testing with Fuel-Fired Furnace Tests HE100 to HE230 from ANSI/ASHRAE Standard 140-2011. 2015.

HENNINGER, R. H.; WITTE, M. J. EnergyPlus Testing with HVAC Equipment Performance Tests CE100 to CE200 from ANSI/ASHRAE Standard 140-2011. 2015a.

HENNINGER, R. H.; WITTE, M. J. EnergyPlus Testing with HVAC Equipment Performance Tests CE300 to CE545 from ANSI/ASHRAE Standard 140-2011. 2015b.

HENSEN, J.; LAMBERTS, R. Introduction to building performance simulation. *Journal of Physics D-applied Physics - J PHYS-D-APPL PHYS*, 01/01 2011.

HENSEN, J. L. M., 2011, Prague. Building performance simulation for sustainable building design and operation.

HONG, T.; SUN, K.; ZHANG, R.; HINOKUMA, R. *et al.* Development and validation of a new variable refrigerant flow system model in EnergyPlus. *Energy and Buildings*, 117, p. 399-411, 2016/04/01/ 2016.

<https://designbuilder.co.uk/download/documents>. Acesso em: 11/01/2019.

<https://designbuilder.co.uk/download/documents/407-designbuilder-printable-documentation-v6-a4-pages/file>. Acesso em: 07/01/2020.

https://designbuilder.co.uk/helpv3.4/Content/Detailed_HVAC/Detailed_HVAC.htm. Acesso em: 07/01/2020.

https://designbuilder.co.uk/helpv4.7/Content/HVAC_model_detail.htm. Acesso em: 07/01/2020.

<https://designbuilder.co.uk/software/product-overview>. Acesso em: 07/01/2020.

<https://energyplus.net/>. Acesso em: 27/12/2019.

<https://energyplus.net/testing>. Acesso em: 29/12/2019.

<https://simulationresearch.lbl.gov/projects/doe2>. Acesso em: 28/12/2019.

<https://www.energy.gov/eere/buildings/downloads/energyplus-0>. Acesso em: 29/12/2019.

<https://www.usgbc.org/leed>. Acesso em: 26/05/2020.

KAMEL, E.; MEMARI, A. M. Automated Building Energy Modeling and Assessment Tool (ABEMAT). *Energy*, 147, p. 15-24, 2018/03/15/ 2018.

KANI-SANCHEZ, C.; RICHMAN, R. Incorporating variable refrigerant flow (VRF) heat pump systems in whole building energy simulation – Detailed case study using measured data. *Journal of Building Engineering*, 12, p. 314-324, 2017/07/01/ 2017.

LI, X.; WEN, J. Review of building energy modeling for control and operation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 37, p. 517-537, 2014/09/01/ 2014.

MUSTAFARAJ, G.; MARINI, D.; COSTA, A.; KEANE, M. Model calibration for building energy efficiency simulation. *Applied Energy*, 130, p. 72-85, 2014/10/01/ 2014.

NALL, D.; CRAWLEY, D. Energy Simulation in the Building Design Process. *Ashrae Journal*, 25, p. 28-32, 11/01 1983.

NIGUSSE, B.; RAUSTAD, R. Verification of a VRF heat pump computer model in EnergyPlus. 2013.

PAN, Y.; LI, Q.; ZHOU, H.; HUANG, J. *et al.* Development of an Interactive Graphical User Interface (GUI) for EnergyPlus. 2010.

PANG, X.; WETTER, M.; BHATTACHARYA, P.; HAVES, P. A framework for simulation-based real-time whole building performance assessment. *Building and Environment*, 54, p. 100–108, 08/01 2012.

Portaria nº 349-D/2013. pp.

Report ASHRAE_140-2017_FABRIC_DesignBuilder_6.1.0.006. 2019.

Report ASHRAE_140-2017_HVAC_AE101-445_DesignBuilder_6.1.0.006. 2019.

Report ASHRAE_140-2017_HVAC_CE100-200_DesignBuilder_6.1.0.006. 2019.

Report ASHRAE_140-2017_HVAC_CE300-545_DesignBuilder_6.1.0.006. 2019.

Report ASHRAE_140-2017_HVAC_HE100-230_DesignBuilder_6.1.0.006. 2019.

RORIZ, L. Climatização - Conceção, Instalação e Condução de Sistemas. 2ª edição ed. Portugal: Edições ORION, 2007.

STRUNGE, J. Building performance simulation in architectural design. 2017.

WITTE, M. J.; HENNINGER, R. H.; GLAZER, J.; CRAWLEY, D. B. TESTING AND VALIDATION OF A NEW BUILDING ENERGY SIMULATION PROGRAM. *In: Seventh International IBPSA Conference, 2001, Rio de Janeiro, Brazil.*

XU, W.; CHONG, A.; LAM, K.; WANG, H. A New BIM to BEM Framework: The Development and Verification of an Open-Source gbXML to EnergyPlus Translator for Supporting Building Life Cycle Performance Analysis. 2019.

YANG, Z.; BECERIK-GERBER, B. A model calibration framework for simultaneous multi-level building energy simulation. *Applied Energy*, 149, p. 415-431, 2015/07/01/ 2015.

ZHANG, R.; SUN, K.; HONG, T.; YURA, Y. *et al.* A novel Variable Refrigerant Flow (VRF) heat recovery system model: Development and validation. *Energy and Buildings*, 168, p. 399-412, 2018/06/01/ 2018.

ANEXOS

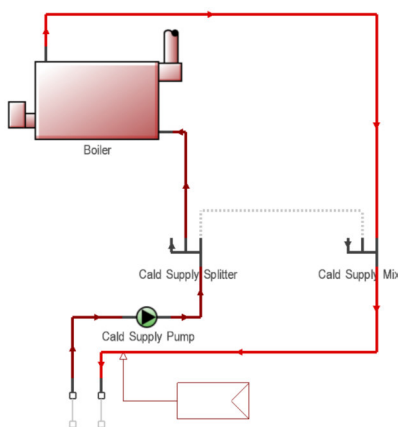
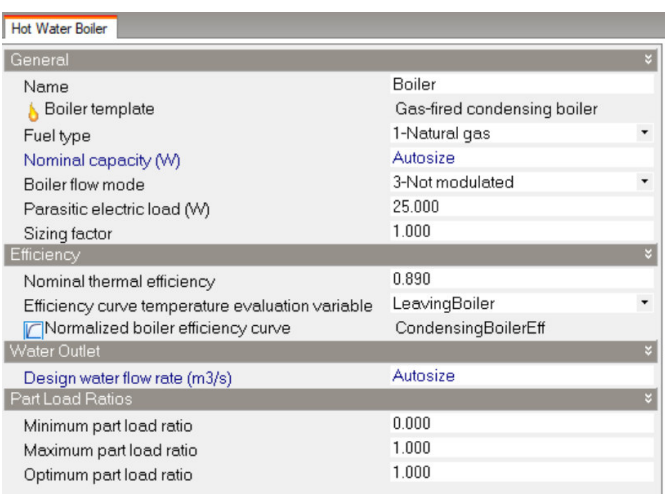
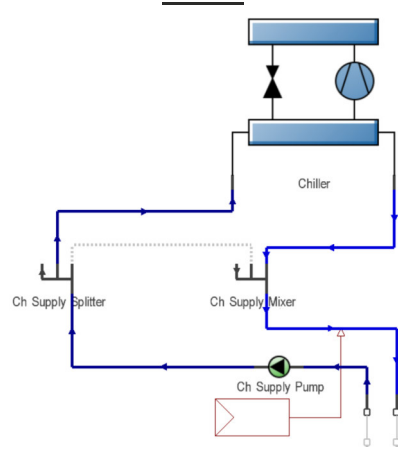
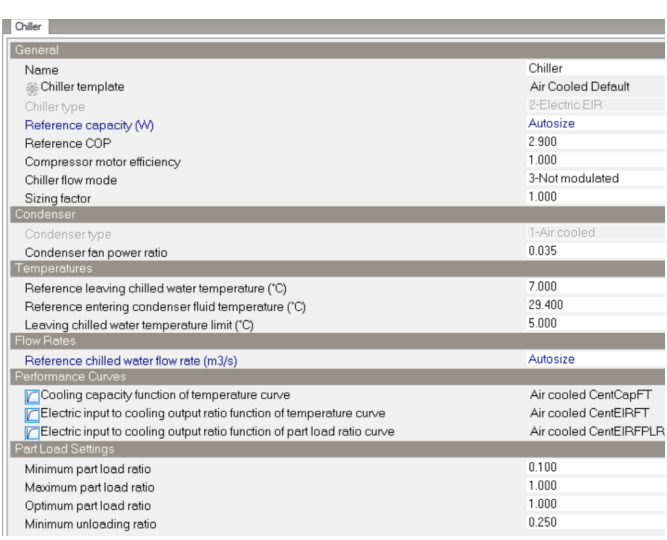
6.1 ANEXO 1 – Parâmetros definidos em cada componente do sistema AVAC

6 ANEXOS

6.1 ANEXO 1 – Parâmetros definidos em cada componente do sistema AVAC

6.1.1 Produção de energia térmica para os pisos 0, 1 e 2

Tabela 41 – Produção de energia térmica (Caldeira e Chiller)

Símbolo	Características
<p>Caldeira</p> 	
<p>Chiller</p> 	

6.1.2 Componentes do piso 0

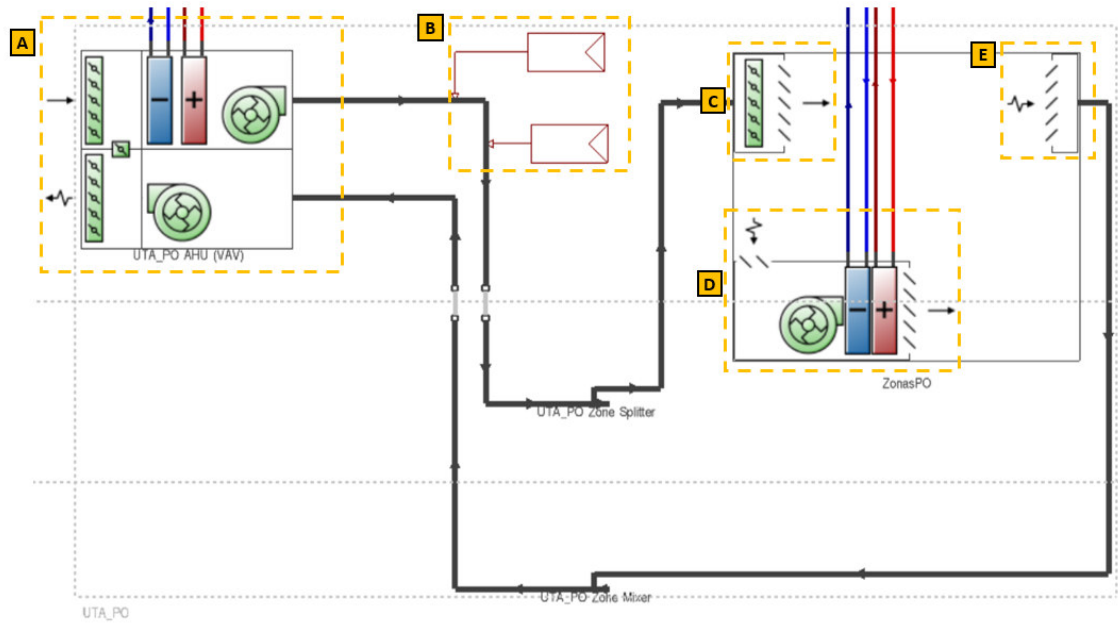
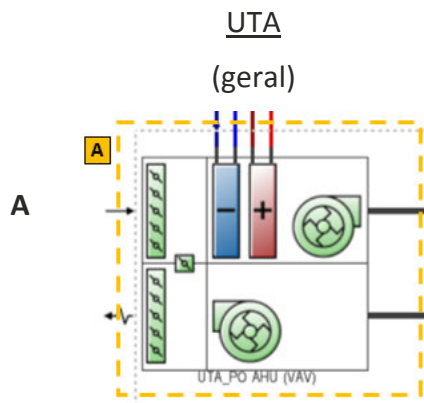


Tabela 42 – Unidade de tratamento de ar (Piso 0)

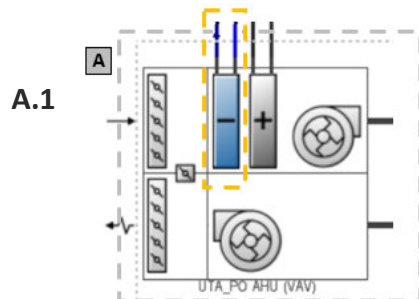
Símbolo

Características



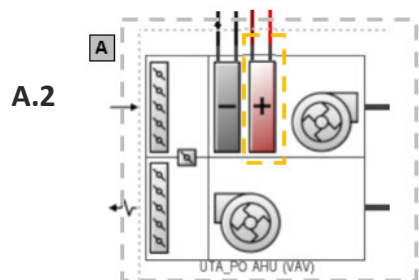
General Outdoor Air System	
General	
Name	UTA_PO AHU
Fan type	2-Variable volume
Design supply air flow rate (m3/s)	0.66700
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil
Night Cycle	
<input type="checkbox"/> On	
Extract Fan	
<input checked="" type="checkbox"/> Include extract fan	
Mixed Mode Zone Equipment	
<input type="checkbox"/> Mixed mode on	
General Outdoor Air System	
Recirculation	
<input checked="" type="checkbox"/> On	
Minimum outdoor air flow rate (m3/s)	0.33300
Maximum outdoor air flow rate (m3/s)	0.33300
Minimum limit type	2-Fixed minimum
Economiser (Free Cooling)	
Economiser control type	1-No economizer
Outdoor Air Schedules	
<input type="checkbox"/> Apply minimum outdoor air schedule	
<input type="checkbox"/> Apply minimum fraction of outdoor air schedule	
<input type="checkbox"/> Apply maximum fraction of outdoor air schedule	
Demand Controlled Ventilation	
<input type="checkbox"/> Demand controlled ventilation	
Heat Recovery	
<input type="checkbox"/> On	

UTA (bateria de água fria)



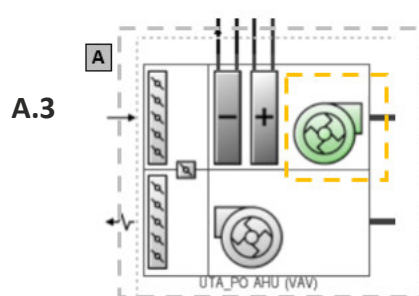
Cooling Coil	
General	
Name	UTA_PO AHU Cooling Coil
Type	1-Water
Design water flow rate (m3/s)	Autosize
Design air flow rate (m3/s)	0.66700
Design inlet water temperature (°C)	Autosize
Design inlet air temperature (°C)	Autosize
Design outlet air temperature (°C)	Autosize
Design inlet air humidity ratio	Autosize
Design outlet air humidity ratio	Autosize
Type of analysis	1-Simple analysis
Heat exchanger configuration	1-Cross flow
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil
Controller	
Control variable	1-Temperature
Control action	2-Reverse
Actuator variable	1-Flow
Controller convergence tolerance (deltaC)	Autosize
Maximum actuated flow (m3/s)	Autosize
Minimum actuated flow (m3/s)	0

UTA (bateria de água quente)



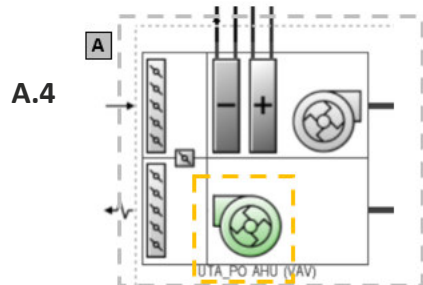
Heating Coil	
General	
Name	UTA_PO AHU Heating Coil
Type	1-Water
Performance input method	2-UA and design water flow rate
Maximum water flow rate (m3/s)	Autosize
UA (W/K)	Autosize
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil
Controller	
Control variable	1-Temperature
Control action	1-Normal
Actuator variable	1-Flow
Controller convergence tolerance (deltaC)	Autosize
Maximum actuated flow (m3/s)	Autosize
Minimum actuated flow (m3/s)	0.000000
Rated ratio for air and water convection	0.500

UTA (ventilador de insuflação)



Fan	
General	
Name	UTA_PO AHU Supply Fan
Type	2-Variable volume
Fan total efficiency	0.70000
Pressure rise (Pa)	600.0
End-use subcategory	General
Flow Rates	
Minimum flow rate input method for fan power	1-Fraction
Minimum flow fraction for fan power	0.25
Maximum flow rate (m3/s)	0.667000
Motor	
Motor efficiency	0.90000
Motor in airstream fraction	1.000
Part Load Performance	
<input checked="" type="checkbox"/> Performance curve template	Fan Part-Load Power, Inlet Vane Da
Fan Coefficients	
Fan coefficient 1	0.3507122300
Fan coefficient 2	0.3085053500
Fan coefficient 3	-0.5413736400
Fan coefficient 4	0.8719882300
Fan coefficient 5	0.0000000000
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil

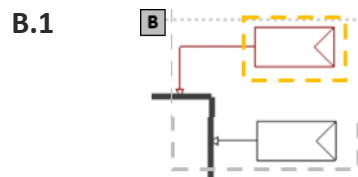
UTA (ventilador de retorno)



Fan	
General	
Name	UTA_PO AHU Extract Fan
Type	2-Variable volume
Fan total efficiency	0.70000
Pressure rise (Pa)	600.0
End-use subcategory	General
Flow Rates	
Minimum flow rate input method for fan power	1-Fraction
Minimum flow fraction for fan power	0.25
Maximum flow rate (m3/s)	0.667000
Motor	
Motor efficiency	0.90000
Motor in airstream fraction	1.000
Part Load Performance	
<input checked="" type="checkbox"/> Performance curve template	Fan Part-Load Power, Inlet Vane
Fan Coefficients	
Fan coefficient 1	0.3507122300
Fan coefficient 2	0.3085053500
Fan coefficient 3	-0.5413736400
Fan coefficient 4	0.8719882300
Fan coefficient 5	0.0000000000
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil

Controlo da temperatura de insuflação

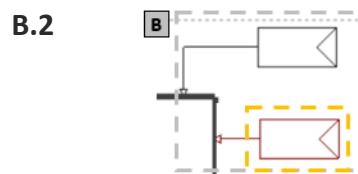
(arrefecimento)



Setpoint Manager	
General	
Name	UTA_PO Cooling Supply Air Temp Manag
Type	12-Single zone cooling
Control variable	1-Temperature
Supply Air Temperatures	
Minimum supply air temperature (°C)	18.00
Maximum supply air temperature (°C)	20.00
Control Zone	
Control zone	P0:SO

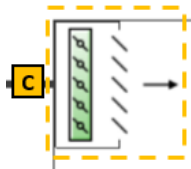
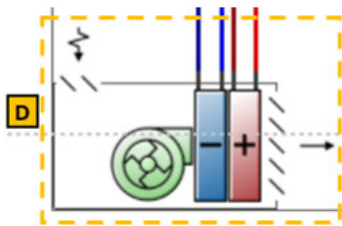
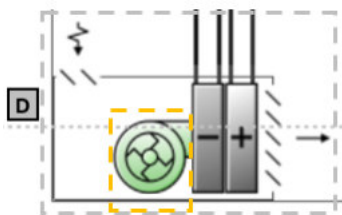
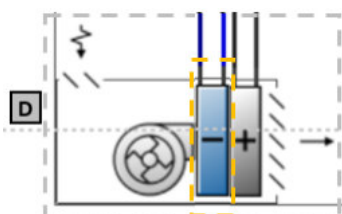
Controlo da temperatura de insuflação

(aquecimento)



Setpoint Manager	
General	
Name	UTA_PO Heating Supply Air Temp Manag
Type	11-Single zone heating
Control variable	1-Temperature
Supply Air Temperatures	
Minimum supply air temperature (°C)	18.00
Maximum supply air temperature (°C)	20.00
Control Zone	
Control zone	P0:SO

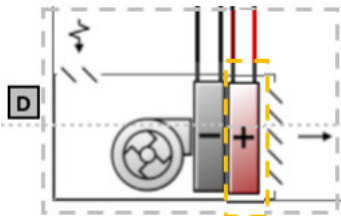
Tabela 43 – Zonas térmicas (Piso 0)

Símbolo	Características
<p>C</p> <p><u>Registo de insuflação</u></p> 	<p>Air Terminal: VAV No Reheat Target</p> <p>General</p> <p>Name: P0:NE Single Duct VAV No Reheat</p> <p>Maximum air flow rate (m3/s): 0.16700</p> <p>Zone minimum air flow rate method: 1-Constant</p> <p>Constant minimum air flow fraction (turndown ratio): 1.000</p> <p>Outdoor Air</p> <p><input type="checkbox"/> Control on outdoor air flow</p> <p>Operation</p> <p>Availability schedule: escritorios_perfil</p>
<p>D</p> <p><u>Ventiloconvetor</u> (geral)</p> 	<p>Fan Coil Unit Target</p> <p>General</p> <p>Name: P0:NE Fan Coil Unit</p> <p>Maximum supply air flow rate (m3/s): Autosize</p> <p>Capacity control method: 1-Constant fan variable water flo</p> <p>Fan type: 2-Constant volume fan</p> <p>Outdoor Air Supply</p> <p><input type="checkbox"/> Outdoor air supply</p> <p>Operation</p> <p>Availability schedule: escritorios_perfil</p> <p>Heating Coil</p> <p>Maximum hot water flow rate (m3/s): Autosize</p> <p>Minimum hot water flow rate (m3/s): 0.000000</p> <p>Cooling Coil</p> <p>Maximum cold water flow rate (m3/s): Autosize</p> <p>Minimum cold water flow rate (m3/s): 0.000000</p> <p>Advanced</p>
<p>D.1</p> <p><u>Ventiloconvetor</u> (ventilador)</p> 	<p>Fan Target</p> <p>General</p> <p>Name: P0:NO Fan Coil Uni</p> <p>Type: 1-Constant volu</p> <p>Fan total efficiency: 0.70000</p> <p>Pressure rise (Pa): 100.0</p> <p>End-use subcategory: General</p> <p>Flow Rates</p> <p>Maximum flow rate (m3/s): Autosize</p> <p>Motor</p> <p>Motor efficiency: 0.90000</p> <p>Motor in airstream fraction: 1.000</p> <p>Operation</p> <p>Availability schedule: escritorios_perfil</p>
<p>D.2</p> <p><u>Ventiloconvetor</u> (bateria de água fria)</p> 	<p>Cooling Coil Target</p> <p>General</p> <p>Name: P0:NE Fan Coil Unit Cooling Coil</p> <p>Type: 1-Water</p> <p>Design water flow rate (m3/s): Autosize</p> <p>Design air flow rate (m3/s): Autosize</p> <p>Design inlet water temperature (°C): Autosize</p> <p>Design inlet air temperature (°C): Autosize</p> <p>Design outlet air temperature (°C): Autosize</p> <p>Design inlet air humidity ratio: Autosize</p> <p>Design outlet air humidity ratio: Autosize</p> <p>Type of analysis: 1-Simple analysis</p> <p>Heat exchanger configuration: 1-Cross flow</p> <p>Operation</p> <p>Availability schedule: escritorios_perfil</p>

Ventiloconvector

(bateria de água quente)

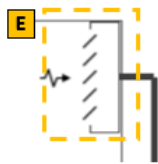
D.3



Heating Coil Target	
General	
Name	P0:NE Fan Coil Unit Heating Coil
Type	1-Water
Performance input method	2-UA and design water flow rate
Maximum water flow rate (m3/s)	Autosize
UA (W/K)	Autosize
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil

Grelha de retorno

E



Não existe informação para consulta ou alteração

6.1.3 Componentes do piso 1

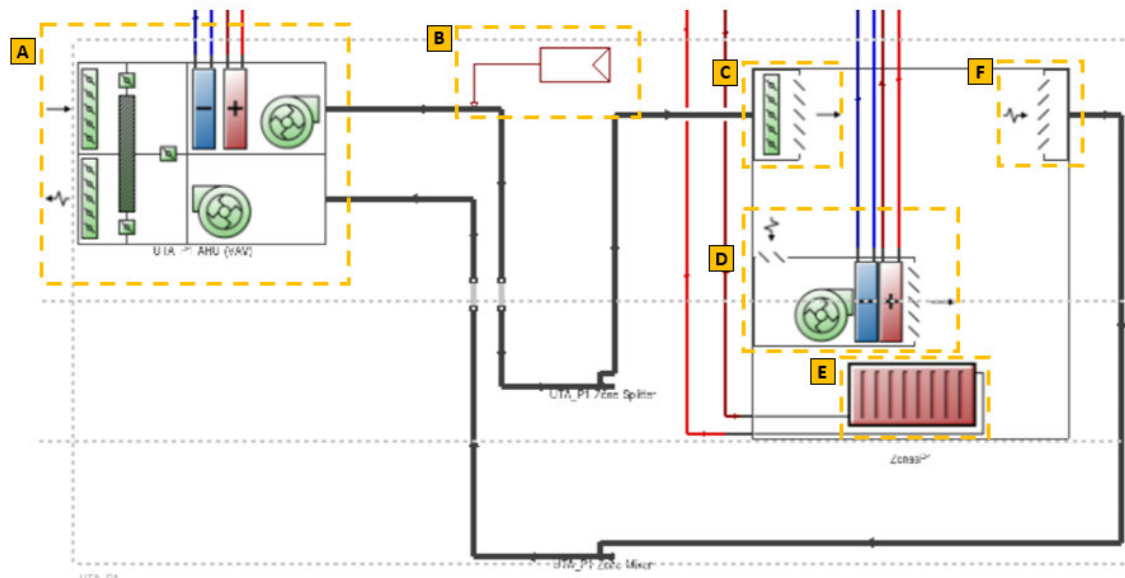
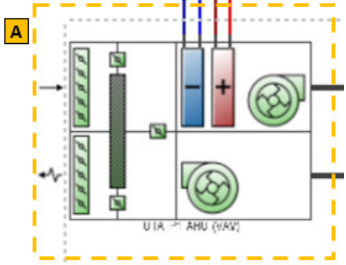
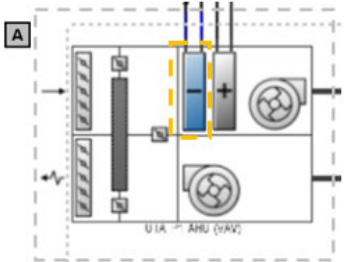
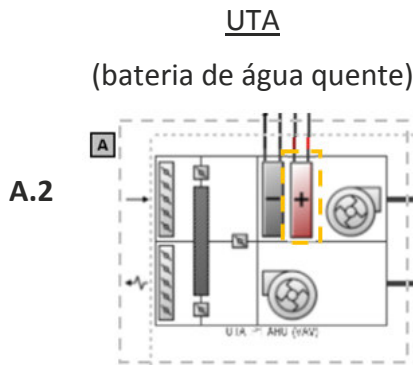
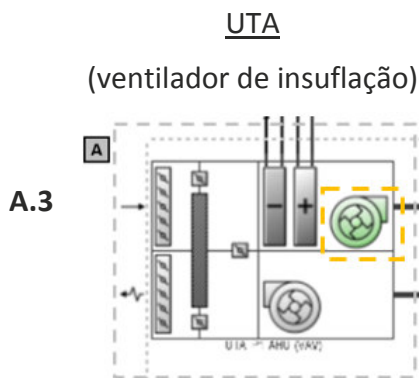


Tabela 44 – Unidade de tratamento de ar (Piso 1)

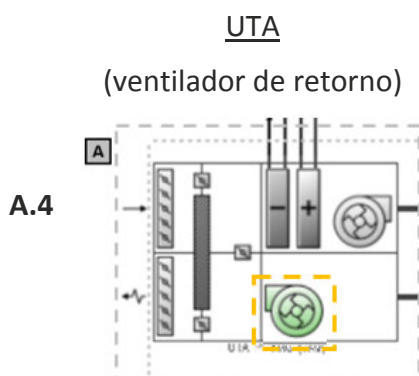
Símbolo	Características
<p style="text-align: center;"><u>UTA</u> (geral)</p> 	<div style="border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <p>General Outdoor Air System</p> <p>General</p> <p>Name: UTA_P1 AHU</p> <p>Fan type: 2-Variable volume</p> <p>Design supply air flow rate (m3/s): 0.33300</p> <p>Operation</p> <p>Availability schedule: escritorios_perfil</p> <p>Night Cycle</p> <p><input type="checkbox"/> On</p> <p>Extract Fan</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Include extract fan</p> <p>Mixed Mode Zone Equipment</p> <p><input type="checkbox"/> Mixed mode on</p> <hr/> <p>Recirculation</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> On</p> <p>Minimum outdoor air flow rate (m3/s): 0.33300</p> <p>Maximum outdoor air flow rate (m3/s): 0.33300</p> <p>Minimum limit type: 2-Fixed minimum</p> <p>Economiser (Free Cooling)</p> <p>Economiser control type: 1-No economizer</p> <p>Outdoor Air Schedules</p> <p>Demand Controlled Ventilation</p> <p>Heat Recovery</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> On</p> <p>General</p> <p>Nominal supply air flow rate (m3/s): 0.33300</p> <p>Nominal electric power (W): 0.000</p> <p>Supply air outlet temperature control: 2-Yes</p> <p>Supply air outlet setpoint temperature schedule: Always 19</p> <p>Heat exchanger type: 2-Rotary</p> <p>Economiser lockout: 1-Yes</p> <p>Effectiveness</p> <p>Sensible</p> <p>at 75% Heating air flow: 0.750</p> <p>at 75% Cooling air flow: 0.750</p> <p>at 100% Heating air flow: 0.750</p> <p>at 100% Cooling air flow: 0.750</p> <p>Latent</p> <p>at 75% Heating air flow: 0.000</p> <p>at 75% Cooling air flow: 0.000</p> <p>at 100% Heating air flow: 0.000</p> <p>at 100% Cooling air flow: 0.000</p> <p>Frost Control</p> <p>Frost control type: 1-None</p> <p>Heat Recovery Operation</p> <p>Availability schedule: escritorios_perfil</p> </div>
<p style="text-align: center;"><u>UTA</u> (bateria de água fria)</p> 	<div style="border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <p>Cooling Coil</p> <p>General</p> <p>Name: UTA_P1 AHU Cooling Coil</p> <p>Type: 1-Water</p> <p>Design water flow rate (m3/s): Autosize</p> <p>Design air flow rate (m3/s): 0.33300</p> <p>Design inlet water temperature (°C): Autosize</p> <p>Design inlet air temperature (°C): Autosize</p> <p>Design outlet air temperature (°C): Autosize</p> <p>Design inlet air humidity ratio: Autosize</p> <p>Design outlet air humidity ratio: Autosize</p> <p>Type of analysis: 1-Simple analysis</p> <p>Heat exchanger configuration: 1-Cross flow</p> <p>Operation</p> <p>Availability schedule: escritorios_perfil</p> <p>Controller</p> <p>Control variable: 1-Temperature</p> <p>Control action: 2-Reverse</p> <p>Actuator variable: 1-Flow</p> <p>Controller convergence tolerance (deltaC): Autosize</p> <p>Maximum actuated flow (m3/s): Autosize</p> <p>Minimum actuated flow (m3/s): 0</p> </div>



Heating Coil	
General	
Name	UTA_P1 AHU Heating Coil
Type	1-Water
Performance input method	2-UA and design water flow rate
Maximum water flow rate (m3/s)	Autosize
UA (W/K)	Autosize
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil
Controller	
Control variable	1-Temperature
Control action	1-Normal
Actuator variable	1-Flow
Controller convergence tolerance (deltaC)	Autosize
Maximum actuated flow (m3/s)	Autosize
Minimum actuated flow (m3/s)	0.000000
Rated ratio for air and water convection	0.500



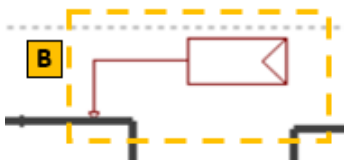
Fan	
General	
Name	UTA_P1 AHU Supply Fan
Type	2-Variable volume
Fan total efficiency	0.70000
Pressure rise (Pa)	600.0
End-use subcategory	General
Flow Rates	
Minimum flow rate input method for fan power	1-Fraction
Minimum flow fraction for fan power	0.25
Maximum flow rate (m3/s)	0.333000
Motor	
Motor efficiency	0.90000
Motor in airstream fraction	1.000
Part Load Performance	
Performance curve template	Fan Part-Load Power, Inlet Vane Da
Fan Coefficients	
Fan coefficient 1	0.3507122300
Fan coefficient 2	0.3085053500
Fan coefficient 3	-0.5413736400
Fan coefficient 4	0.8719882300
Fan coefficient 5	0.0000000000
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil



Fan	
General	
Name	UTA_P1 AHU Extract Fan
Type	2-Variable volume
Fan total efficiency	0.70000
Pressure rise (Pa)	600.0
End-use subcategory	General
Flow Rates	
Minimum flow rate input method for fan power	1-Fraction
Minimum flow fraction for fan power	0.25
Maximum flow rate (m3/s)	0.333000
Motor	
Motor efficiency	0.90000
Motor in airstream fraction	1.000
Part Load Performance	
Performance curve template	Fan Part-Load Power, Inlet Vane D
Fan Coefficients	
Fan coefficient 1	0.3507122300
Fan coefficient 2	0.3085053500
Fan coefficient 3	-0.5413736400
Fan coefficient 4	0.8719882300
Fan coefficient 5	0.0000000000
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil

Controlo da temperatura de insuflação

B



Setpoint Manager	
General	
Name	UTA_P1 Supply Air Temp Manager
Type	1-Scheduled
Schedule	
Control variable	1-Temperature
Setpoint variable schedule	Always 19

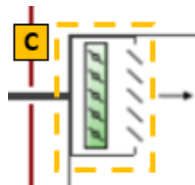
Tabela 45 – Zonas térmicas (Piso 1)

Símbolo

Características

Registo de insuflação

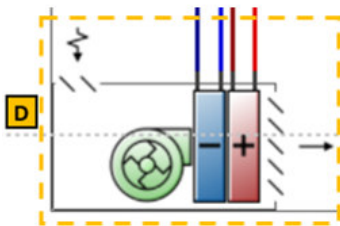
C



Air Terminal: VAV No Reheat	
General	
Name	P1:NE Single Duct VAV No Reheat
Maximum air flow rate (m3/s)	0.08300
Zone minimum air flow rate method	1-Constant
Constant minimum air flow fraction (turndown ratio)	1.000
Outdoor Air	
<input type="checkbox"/> Control on outdoor air flow	
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil

Ventiloconvetor (geral)

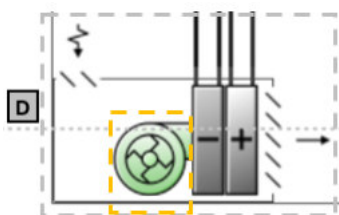
D



Fan Coil Unit	
General	
Name	P0:NE Fan Coil Unit
Maximum supply air flow rate (m3/s)	Autosize
Capacity control method	1-Constant fan variable water flo
Fan type	2-Constant volume fan
Outdoor Air Supply	
<input type="checkbox"/> Outdoor air supply	
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil
Heating Coil	
Maximum hot water flow rate (m3/s)	Autosize
Minimum hot water flow rate (m3/s)	0.000000
Cooling Coil	
Maximum cold water flow rate (m3/s)	Autosize
Minimum cold water flow rate (m3/s)	0.000000
Advanced	

Ventiloconvetor (ventilador)

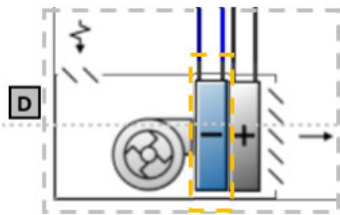
D.1



Fan	
General	
Name	P0:NO Fan Coil Uni
Type	1-Constant volu
Fan total efficiency	0.70000
Pressure rise (Pa)	100.0
End-use subcategory	General
Flow Rates	
Maximum flow rate (m3/s)	Autosize
Motor	
Motor efficiency	0.90000
Motor in airstream fraction	1.000
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil

Ventiloconvetor (bateria de água fria)

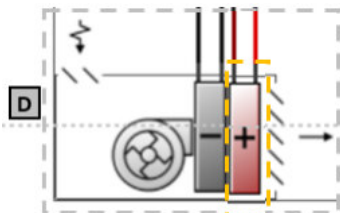
D.2



Cooling Coil Target	
General	
Name	P0:NE Fan Coil Unit Cooling Coil
Type	1-Water
Design water flow rate (m3/s)	Autosize
Design air flow rate (m3/s)	Autosize
Design inlet water temperature (°C)	Autosize
Design inlet air temperature (°C)	Autosize
Design outlet air temperature (°C)	Autosize
Design inlet air humidity ratio	Autosize
Design outlet air humidity ratio	Autosize
Type of analysis	1-Simple analysis
Heat exchanger configuration	1-Cross flow
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil

Ventiloconvetor (bateria de água quente)

D.3



Heating Coil Target	
General	
Name	P0:NE Fan Coil Unit Heating Coil
Type	1-Water
Performance input method	2-UA and design water flow rate
Maximum water flow rate (m3/s)	Autosize
UA (W/K)	Autosize
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil

Radiador de água quente

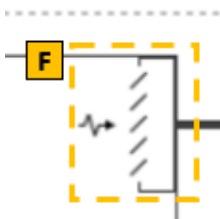
E



Water Convector Target	
General	
Name	P1:NE Water Convector
Heating design capacity method	1-Design capacity
Heating design capacity (W)	Autosize
UA (W/K)	Autosize
Maximum water flow rate (m3/s)	Autosize
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil
Advanced	

Grelha de retorno

F



Não existe informação para consulta ou alteração

6.1.4 Componentes do piso 2

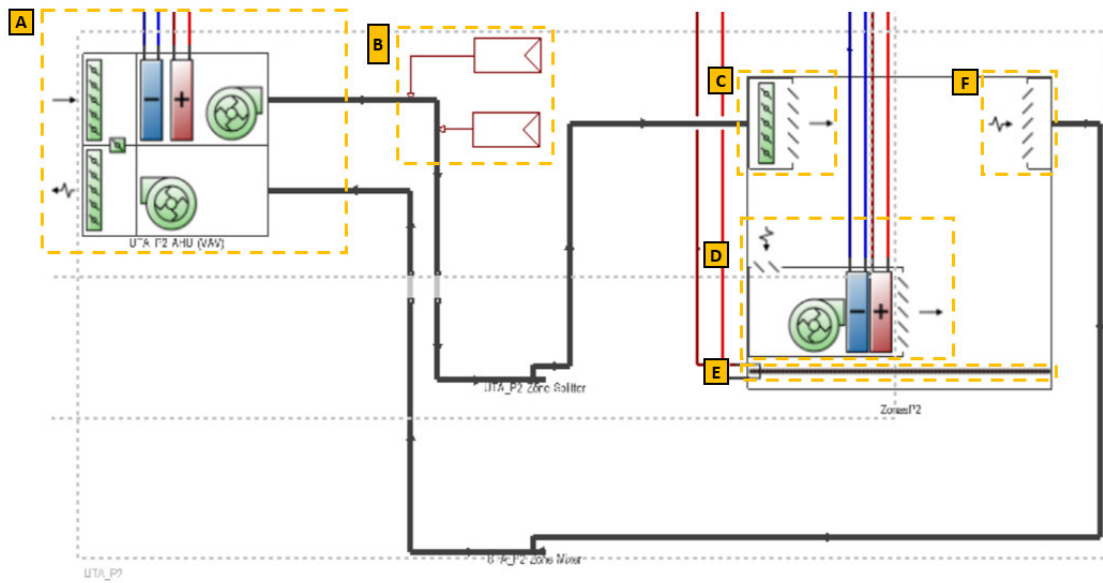
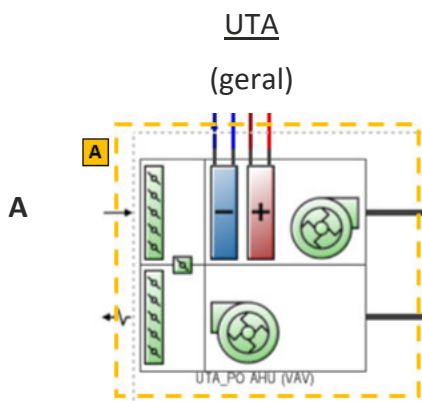


Tabela 46 – Unidade de tratamento de ar (Piso 2)

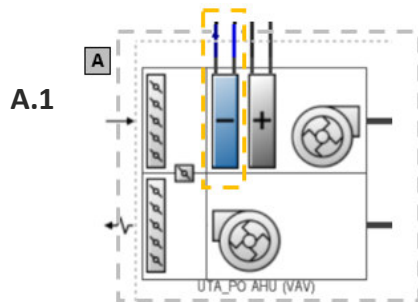
Símbolo

Características



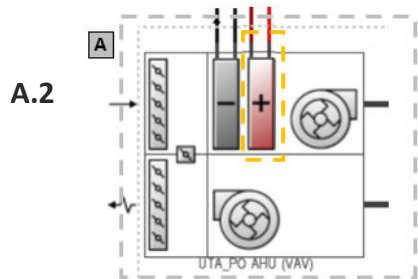
General Outdoor Air System	
General	
Name	UTA_P2 AHU
Fan type	2-Variable volume
Design supply air flow rate (m3/s)	0.66700
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil
Night Cycle	
<input type="checkbox"/> On	
Extract Fan	
<input checked="" type="checkbox"/> Include extract fan	
Mixed Mode Zone Equipment	
<input type="checkbox"/> Mixed mode on	
Recirculation	
<input checked="" type="checkbox"/> On	
Minimum outdoor air flow rate (m3/s)	0.33300
Maximum outdoor air flow rate (m3/s)	0.66700
Minimum limit type	2-Fixed minimum
Economiser (Free Cooling)	
Economiser control type	3-Differential dry bulb
Lockout type	2-Lockout with heating
Economiser control action type	1-Modulate flow
Outdoor Dry-Bulb Temperature Low Limit Control	>>
Outdoor Dry-Bulb Temperature High Limit Control	>>
Outdoor Enthalpy High Limit Control	>>
Outdoor Dew Point Temperature High Limit Control	>>
Time of Day Economiser Override Control Schedule	>>
Humidity Control	>>
Outdoor Air Schedules	>>
Demand Controlled Ventilation	>>
Heat Recovery	
<input type="checkbox"/> On	

UTA
(bateria de água fria)



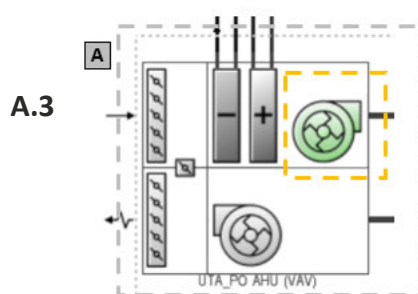
Cooling Coil	
General	
Name	UTA_PO AHU Cooling Coil
Type	1-Water
Design water flow rate (m3/s)	Autosize
Design air flow rate (m3/s)	0.66700
Design inlet water temperature (°C)	Autosize
Design inlet air temperature (°C)	Autosize
Design outlet air temperature (°C)	Autosize
Design inlet air humidity ratio	Autosize
Design outlet air humidity ratio	Autosize
Type of analysis	1-Simple analysis
Heat exchanger configuration	1-Cross flow
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil
Controller	
Control variable	1-Temperature
Control action	2-Reverse
Actuator variable	1-Flow
Controller convergence tolerance (deltaC)	Autosize
Maximum actuated flow (m3/s)	Autosize
Minimum actuated flow (m3/s)	0

UTA
(bateria de água quente)



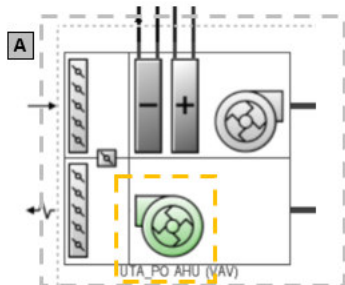
Heating Coil	
General	
Name	UTA_PO AHU Heating Coil
Type	1-Water
Performance input method	2-UA and design water flow rate
Maximum water flow rate (m3/s)	Autosize
UA (W/K)	Autosize
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil
Controller	
Control variable	1-Temperature
Control action	1-Normal
Actuator variable	1-Flow
Controller convergence tolerance (deltaC)	Autosize
Maximum actuated flow (m3/s)	Autosize
Minimum actuated flow (m3/s)	0.000000
Rated ratio for air and water convection	0.500

UTA
(ventilador de insuflação)



Fan	
General	
Name	UTA_PO AHU Supply Fan
Type	2-Variable volume
Fan total efficiency	0.70000
Pressure rise (Pa)	600.0
End-use subcategory	General
Flow Rates	
Minimum flow rate input method for fan power	1-Fraction
Minimum flow fraction for fan power	0.25
Maximum flow rate (m3/s)	0.667000
Motor	
Motor efficiency	0.90000
Motor in airstream fraction	1.000
Part Load Performance	
<input checked="" type="checkbox"/> Performance curve template	Fan Part-Load Power, Inlet Vane Da
Fan Coefficients	
Fan coefficient 1	0.3507122300
Fan coefficient 2	0.3085053500
Fan coefficient 3	-0.5413736400
Fan coefficient 4	0.8719882300
Fan coefficient 5	0.0000000000
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil

A.4 UTA (ventilador de retorno)

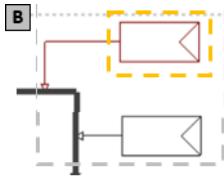


Fan	
General	
Name	UTA_PO AHU Extract Fan
Type	2-Variable volume
Fan total efficiency	0.70000
Pressure rise (Pa)	600.0
End-use subcategory	General
Flow Rates	
Minimum flow rate input method for fan power	1-Fraction
Minimum flow fraction for fan power	0.25
Maximum flow rate (m3/s)	0.667000
Motor	
Motor efficiency	0.90000
Motor in airstream fraction	1.000
Part Load Performance	
<input checked="" type="checkbox"/> Performance curve template	Fan Part-Load Power, Inlet Vane
Fan Coefficients	
Fan coefficient 1	0.3507122300
Fan coefficient 2	0.3085053500
Fan coefficient 3	-0.5413736400
Fan coefficient 4	0.8719882300
Fan coefficient 5	0.0000000000
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil

B.1 Controlo da temperatura de insuflação

(arrefecimento)

B.1

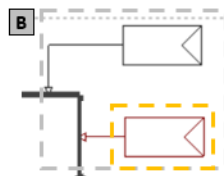


Setpoint Manager	
General	
Name	UTA_P2 Cooling Supply Air Temp Manag
Type	13-Multi-zone cooling average
Control variable	1-Temperature
Supply Air Temperatures	
Minimum supply air temperature (°C)	18.00
Maximum supply air temperature (°C)	20.00

B.2 Controlo da temperatura de insuflação

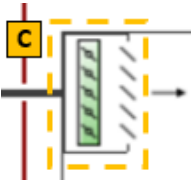
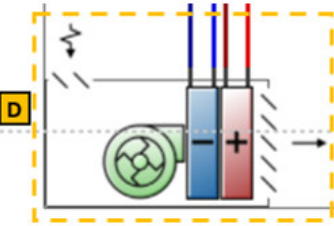
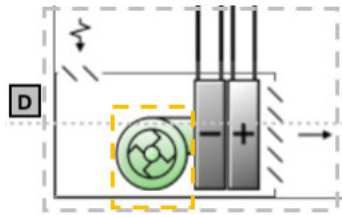
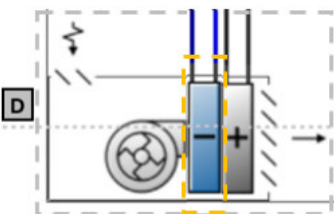
(aquecimento)

B.2



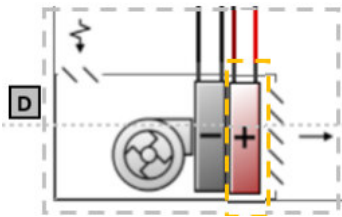
Setpoint Manager	
General	
Name	UTA_P2 Heating Supply Air Temp Manag
Type	14-Multi-zone heating average
Control variable	1-Temperature
Supply Air Temperatures	
Minimum supply air temperature (°C)	18.00
Maximum supply air temperature (°C)	20.00

Tabela 47 – Zonas térmicas (Piso 2)

Símbolo	Características
<p>C</p> <p><u>Registo de insuflação</u></p> 	<p>Layout</p> <p>Edit ADU: VAV no reheat -</p> <p>ADU: VAV no reheat</p> <p>Air Terminal: VAV No Reheat Target</p> <p>General</p> <p>Name P2:NE Single Duct VAV No Reheat</p> <p>Maximum air flow rate (m3/s) 0.16700</p> <p>Zone minimum air flow rate method 3-Scheduled</p> <p>Minimum air flow fraction schedule escritorios_ocup</p> <p>Outdoor Air</p> <p><input type="checkbox"/> Control on outdoor air flow</p> <p>Operation</p> <p>Availability schedule escritorios_perfil</p>
<p>D</p> <p><u>Ventiloconvetor</u> (geral)</p> 	<p>Fan Coil Unit Target</p> <p>General</p> <p>Name P0:NE Fan Coil Unit</p> <p>Maximum supply air flow rate (m3/s) Autosize</p> <p>Capacity control method 1-Constant fan variable water flo</p> <p>Fan type 2-Constant volume fan</p> <p>Outdoor Air Supply</p> <p><input type="checkbox"/> Outdoor air supply</p> <p>Operation</p> <p>Availability schedule escritorios_perfil</p> <p>Heating Coil</p> <p>Maximum hot water flow rate (m3/s) Autosize</p> <p>Minimum hot water flow rate (m3/s) 0.000000</p> <p>Cooling Coil</p> <p>Maximum cold water flow rate (m3/s) Autosize</p> <p>Minimum cold water flow rate (m3/s) 0.000000</p> <p>Advanced</p>
<p>D.1</p> <p><u>Ventiloconvetor</u> (ventilador)</p> 	<p>Fan Target</p> <p>General</p> <p>Name P0:NO Fan Coil Uni</p> <p>Type 1-Constant volu</p> <p>Fan total efficiency 0.70000</p> <p>Pressure rise (Pa) 100.0</p> <p>End-use subcategory General</p> <p>Flow Rates</p> <p>Maximum flow rate (m3/s) Autosize</p> <p>Motor</p> <p>Motor efficiency 0.90000</p> <p>Motor in airstream fraction 1.000</p> <p>Operation</p> <p>Availability schedule escritorios_perfil</p>
<p>D.2</p> <p><u>Ventiloconvetor</u> (bateria de água fria)</p> 	<p>Cooling Coil Target</p> <p>General</p> <p>Name P0:NE Fan Coil Unit Cooling Coil</p> <p>Type 1-Water</p> <p>Design water flow rate (m3/s) Autosize</p> <p>Design air flow rate (m3/s) Autosize</p> <p>Design inlet water temperature (°C) Autosize</p> <p>Design inlet air temperature (°C) Autosize</p> <p>Design outlet air temperature (°C) Autosize</p> <p>Design inlet air humidity ratio Autosize</p> <p>Design outlet air humidity ratio Autosize</p> <p>Type of analysis 1-Simple analysis</p> <p>Heat exchanger configuration 1-Cross flow</p> <p>Operation</p> <p>Availability schedule escritorios_perfil</p>

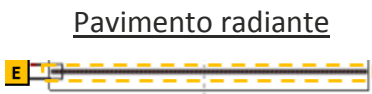
Ventiloconvetor (bateria de água quente)

D.3



Heating Coil		Target
General		
Name	P0:NE Fan Coil Unit Heatingq Coil	
Type	1-Water	
Performance input method	2-UA and design water flow rate	
Maximum water flow rate (m3/s)	Autosize	
UA (W/K)	Autosize	
Operation		
Availability schedule	escritorios_perfil	

E

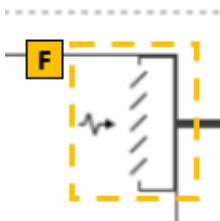


Pavimento radiante

Water Convectore		Target
General		
Name	P1:NE Water Convectore	
Heating design capacity method	1-Design capacity	
Heating design capacity (W)	Autosize	
UA (W/K)	Autosize	
Maximum water flow rate (m3/s)	Autosize	
Operation		
Availability schedule	escritorios_perfil	
Advanced		

Grelha de retorno

F



Não existe informação para consulta ou alteração

6.1.5 Produção de energia térmica para os pisos 3 e 4

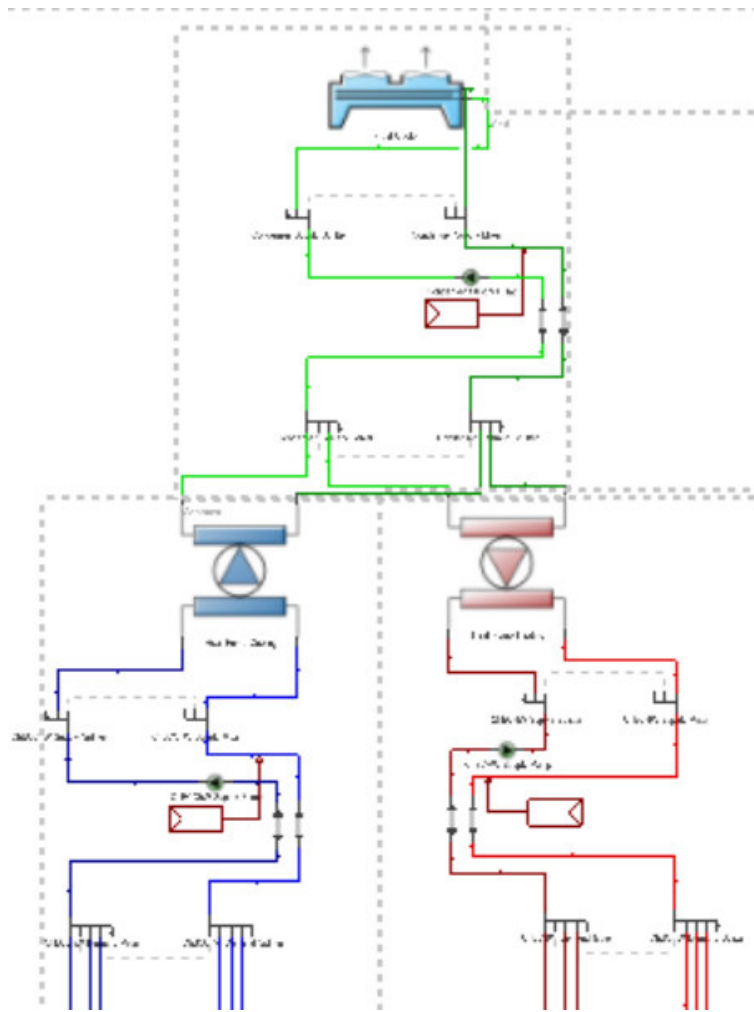
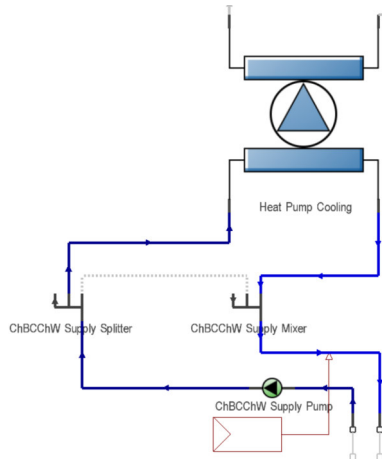


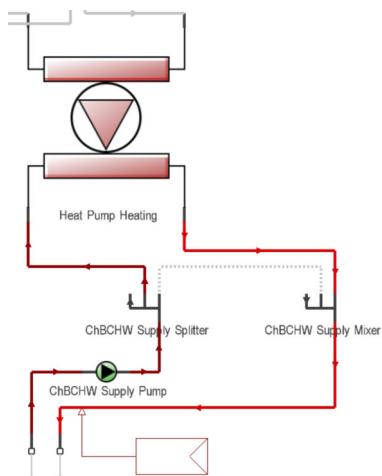
Tabela 48 – Produção de energia térmica (*Chiller* bomba de calor)

Símbolo

Características

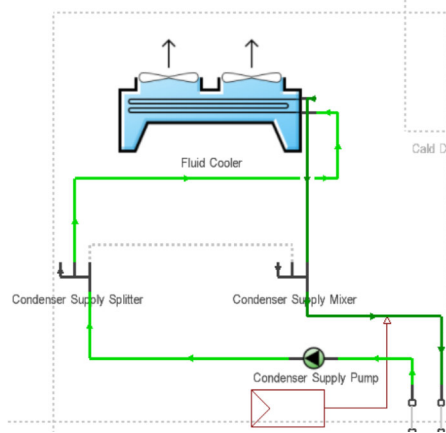
Chiller bomba de calor
(arrefecimento)

General	
General	
Name	Heat Pump Cooling
Template	Carrier 50PSW360 - cooling
Type	1-Equation Fit
Rated flow rate and capacity	
Rated load side flow rate (m ³ /s)	0.004420
Rated source side flow rate (m ³ /s)	0.004420
Rated cooling capacity (W)	92000.0
Rated cooling power consumption (W)	19200.0
Cooling Capacity Coefficients	
Cooling capacity coefficient 1	-1.32766186
Cooling capacity coefficient 2	3.20863482
Cooling capacity coefficient 3	-1.19763209
Cooling capacity coefficient 4	0.09304497
Cooling capacity coefficient 5	0.04962045
Cooling Compressor Power Coefficients	
Cooling compressor power coefficient 1	-3.09070069
Cooling compressor power coefficient 2	0.28676017
Cooling compressor power coefficient 3	3.44819884
Cooling compressor power coefficient 4	0.00890238
Cooling compressor power coefficient 5	-0.13743969
Advanced	
Cycle time (hr)	0.01610

Chiller bomba de calor
(aquecimento)

General	
General	
Name	Heat Pump Heating
Template	Carrier 50PSW360 - heating
Type	1-Equation Fit
Rated flow rate and capacity	
Rated load side flow rate (m ³ /s)	0.004420
Rated source side flow rate (m ³ /s)	0.004420
Rated heating capacity (W)	96000.0
Rated heating power consumption (W)	21000.0
Heating Capacity Coefficients	
Heating capacity coefficient 1	-1.66511897
Heating capacity coefficient 2	-1.02322297
Heating capacity coefficient 3	3.38268223
Heating capacity coefficient 4	0.10107458
Heating capacity coefficient 5	0.08036261
Heating Compressor Power Coefficients	
Heating compressor power coefficient 1	-3.05840575
Heating compressor power coefficient 2	3.07721188
Heating compressor power coefficient 3	0.45043809
Heating compressor power coefficient 4	0.01199567
Heating compressor power coefficient 5	0.01636437
Advanced	
Cycle time (hr)	0.01610

Chiller bomba de calor (condensador)



General	
General	
Name	Fluid Cooler
Fluid cooler type	2-Two speed
Design entering water temperature (°C)	52.000
Design entering air temperature (°C)	24.000
Design entering air wet-bulb temperature (°C)	16.000
Design water flow rate (m3/s)	Autosize
Fan Settings	
Performance input method	2-UA and design water flow rate
High Fan Speed Settings	
High fan speed air flow rate (m3/s)	Autosize
High fan speed fan power (W)	Autosize
High speed U-factor times area value (W/K)	Autosize
Low Fan Speed Settings	
Low fan speed air flow rate (m3/s)	Autocalculate
Low fan speed air flow rate sizing factor	0.500
Low fan speed fan power (W)	Autocalculate
Low fan speed fan power sizing factor	0.160
Low speed U-factor times area value (W/K)	Autocalculate
Low speed U-factor times area sizing factor	0.600

6.1.6 Componentes do piso 3

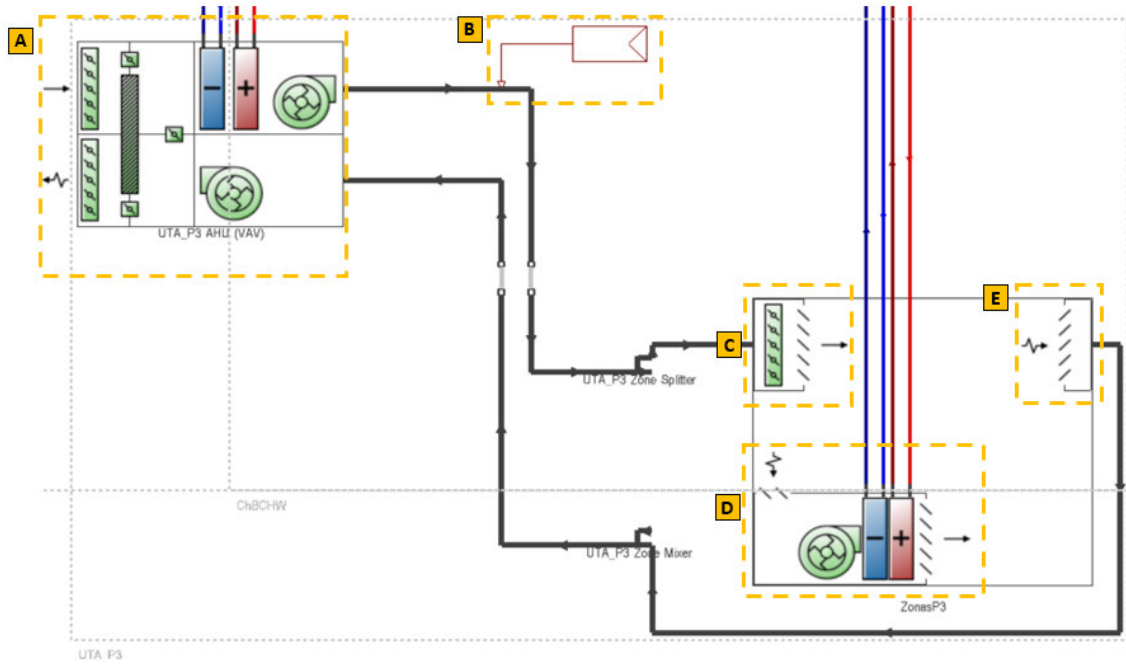
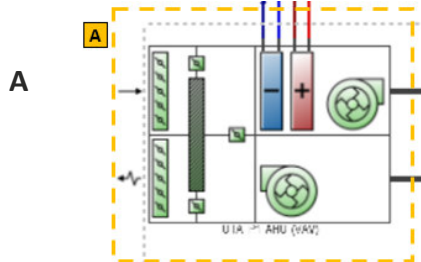


Tabela 49 – Unidade de tratamento de ar (Piso 3)

Símbolo

Características

UTA
(geral)

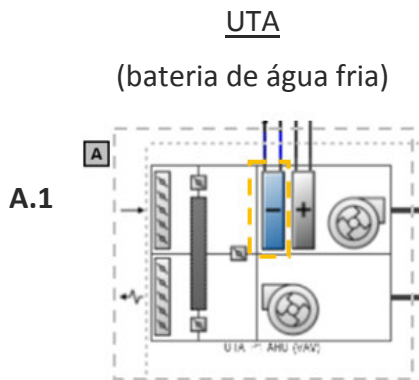


General Outdoor Air System	
General	
Name	UTA_P3 AHU
Fan type	2-Variable volume
Design supply air flow rate (m3/s)	0.66700
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil
Night Cycle	
<input type="checkbox"/> On	
Extract Fan	
<input checked="" type="checkbox"/> Include extract fan	
Mixed Mode Zone Equipment	
<input type="checkbox"/> Mixed mode on	

General Outdoor Air System

Recirculation

- On
- Minimum outdoor air flow rate (m3/s) 0.33300
- Maximum outdoor air flow rate (m3/s) 0.66700
- Minimum limit type 2-Fixed minimum
- Economiser (Free Cooling)
 - Economiser control type 3-Differential dry bulb
 - Lockout type 2-Lockout with heating
 - Economiser control action type 1-Modulate flow
 - Outdoor Dry-Bulb Temperature Low Limit Control
 - Outdoor dry-bulb temperature low limit control
 - Outdoor Dry-Bulb Temperature High Limit Control
 - Outdoor dry-bulb temperature high limit control
 - Outdoor Enthalpy High Limit Control
 - Outdoor enthalpy high limit control
 - Outdoor Dew Point Temperature High Limit Control
 - Outdoor dew point temperature high limit control
 - Time of Day Economiser Override Control Schedule
 - On
- Humidity Control
 - High humidity control 1-No
- Outdoor Air Schedules
- Demand Controlled Ventilation
- Heat Recovery
 - On
 - General
 - Nominal supply air flow rate (m3/s) 0.33300
 - Nominal electric power (W) 0.000
 - Heat recovery bypass control type 1-Bypass when within economizer lim
 - Supply air outlet temperature control 2-Yes
 - Supply air outlet setpoint temperature schedule Always 19
 - Heat exchanger type 2-Rotary
 - Economiser lockout 1-Yes
 - Effectiveness
 - Sensible
 - at 75% Heating air flow 0.750
 - at 75% Cooling air flow 0.750
 - at 100% Heating air flow 0.750
 - at 100% Cooling air flow 0.750
 - Latent
 - at 75% Heating air flow 0.000



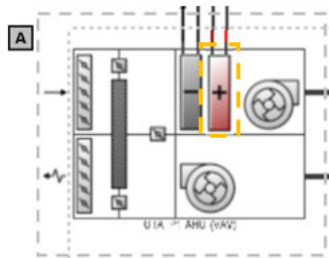
Cooling Coil

General

- Name UTA_P3 AHU Cooling Coil
- Type 1-Water
- Design water flow rate (m3/s) Autosize
- Design air flow rate (m3/s) 0.66700
- Design inlet water temperature (°C) Autosize
- Design inlet air temperature (°C) Autosize
- Design outlet air temperature (°C) Autosize
- Design inlet air humidity ratio Autosize
- Design outlet air humidity ratio Autosize
- Type of analysis 1-Simple analysis
- Heat exchanger configuration 1-Cross flow
- Operation
 - Availability schedule escritorios_perfil
- Controller
 - Control variable 1-Temperature
 - Control action 2-Reverse
 - Actuator variable 1-Flow
 - Controller convergence tolerance (deltaC) Autosize
 - Maximum actuated flow (m3/s) Autosize
 - Minimum actuated flow (m3/s) 0

UTA (bateria de água quente)

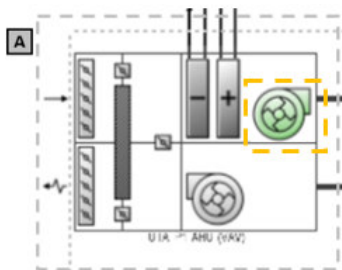
A.2



Heating Coil	
General	
Name	UTA_P1 AHU Heating Coil
Type	1-Water
Performance input method	2-UA and design water flow rate
Maximum water flow rate (m3/s)	Autosize
UA (W/K)	Autosize
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil
Controller	
Control variable	1-Temperature
Control action	1-Normal
Actuator variable	1-Flow
Controller convergence tolerance (deltaC)	Autosize
Maximum actuated flow (m3/s)	Autosize
Minimum actuated flow (m3/s)	0.000000
Rated ratio for air and water convection	0.500

UTA (ventilador de insuflação)

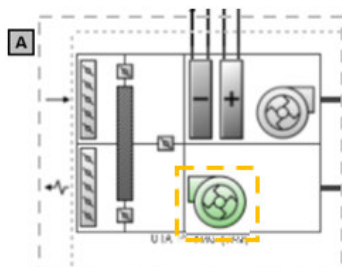
A.3



Fan	
General	
Name	UTA_P1 AHU Supply Fan
Type	2-Variable volume
Fan total efficiency	0.70000
Pressure rise (Pa)	600.0
End-use subcategory	General
Flow Rates	
Minimum flow rate input method for fan power	1-Fraction
Minimum flow fraction for fan power	0.25
Maximum flow rate (m3/s)	0.333000
Motor	
Motor efficiency	0.90000
Motor in airstream fraction	1.000
Part Load Performance	
Performance curve template	Fan Part-Load Power, Inlet Vane Da
Fan Coefficients	
Fan coefficient 1	0.3507122300
Fan coefficient 2	0.3085053500
Fan coefficient 3	-0.5413736400
Fan coefficient 4	0.8719882300
Fan coefficient 5	0.0000000000
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil

UTA (ventilador de retorno)

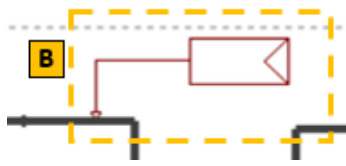
A.4



Fan	
General	
Name	UTA_P1 AHU Extract Fan
Type	2-Variable volume
Fan total efficiency	0.70000
Pressure rise (Pa)	600.0
End-use subcategory	General
Flow Rates	
Minimum flow rate input method for fan power	1-Fraction
Minimum flow fraction for fan power	0.25
Maximum flow rate (m3/s)	0.333000
Motor	
Motor efficiency	0.90000
Motor in airstream fraction	1.000
Part Load Performance	
Performance curve template	Fan Part-Load Power, Inlet Vane D
Fan Coefficients	
Fan coefficient 1	0.3507122300
Fan coefficient 2	0.3085053500
Fan coefficient 3	-0.5413736400
Fan coefficient 4	0.8719882300
Fan coefficient 5	0.0000000000
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil

Controlo da temperatura de insuflação

B



Setpoint Manager	
General	
Name	UTA_P1 Supply Air Temp Manager
Type	1-Scheduled
Schedule	
Control variable	1-Temperature
Setpoint variable schedule	Always 19

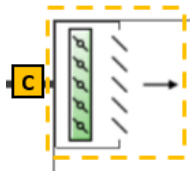
Tabela 50 – Zonas térmicas (Piso 3)

Símbolo

Características

Registo de insuflação

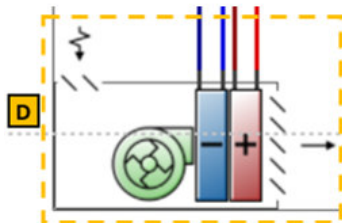
C



Air Terminal: VAV No Reheat Target	
General	
Name	P0:NE Single Duct VAV No Reheat
Maximum air flow rate (m3/s)	0.16700
Zone minimum air flow rate method	1-Constant
Constant minimum air flow fraction (turndown ratio)	1.000
Outdoor Air	
<input type="checkbox"/> Control on outdoor air flow	
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil

Ventiloconvetor (geral)

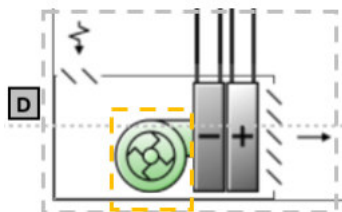
D



Fan Coil Unit Target	
General	
Name	P0:NE Fan Coil Unit
Maximum supply air flow rate (m3/s)	Autosize
Capacity control method	1-Constant fan variable water flo
Fan type	2-Constant volume fan
Outdoor Air Supply	
<input type="checkbox"/> Outdoor air supply	
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil
Heating Coil	
Maximum hot water flow rate (m3/s)	Autosize
Minimum hot water flow rate (m3/s)	0.000000
Cooling Coil	
Maximum cold water flow rate (m3/s)	Autosize
Minimum cold water flow rate (m3/s)	0.000000
Advanced	

Ventiloconvetor (ventilador)

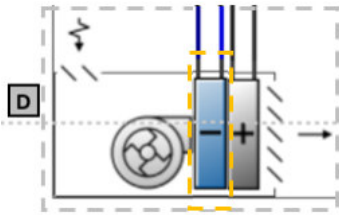
D.1



Fan Target	
General	
Name	P0:NO Fan Coil Uni
Type	1-Constant volu
Fan total efficiency	0.70000
Pressure rise (Pa)	100.0
End-use subcategory	General
Flow Rates	
Maximum flow rate (m3/s)	Autosize
Motor	
Motor efficiency	0.90000
Motor in airstream fraction	1.000
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil

Ventiloconvetor (bateria de água fria)

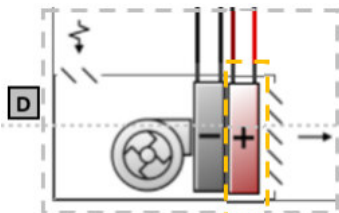
D.2



Cooling Coil Target	
General	
Name	P0:NE Fan Coil Unit Cooling Coil
Type	1-Water
Design water flow rate (m3/s)	Autosize
Design air flow rate (m3/s)	Autosize
Design inlet water temperature (°C)	Autosize
Design inlet air temperature (°C)	Autosize
Design outlet air temperature (°C)	Autosize
Design inlet air humidity ratio	Autosize
Design outlet air humidity ratio	Autosize
Type of analysis	1-Simple analysis
Heat exchanger configuration	1-Cross flow
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil

Ventiloconvetor (bateria de água quente)

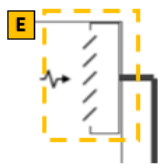
D.3



Heating Coil Target	
General	
Name	P0:NE Fan Coil Unit Heating Coil
Type	1-Water
Performance input method	2-UA and design water flow rate
Maximum water flow rate (m3/s)	Autosize
UA (W/K)	Autosize
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil

Grelha de retorno

E



Não existe informação para consulta ou alteração

6.1.7 Componentes do piso 4

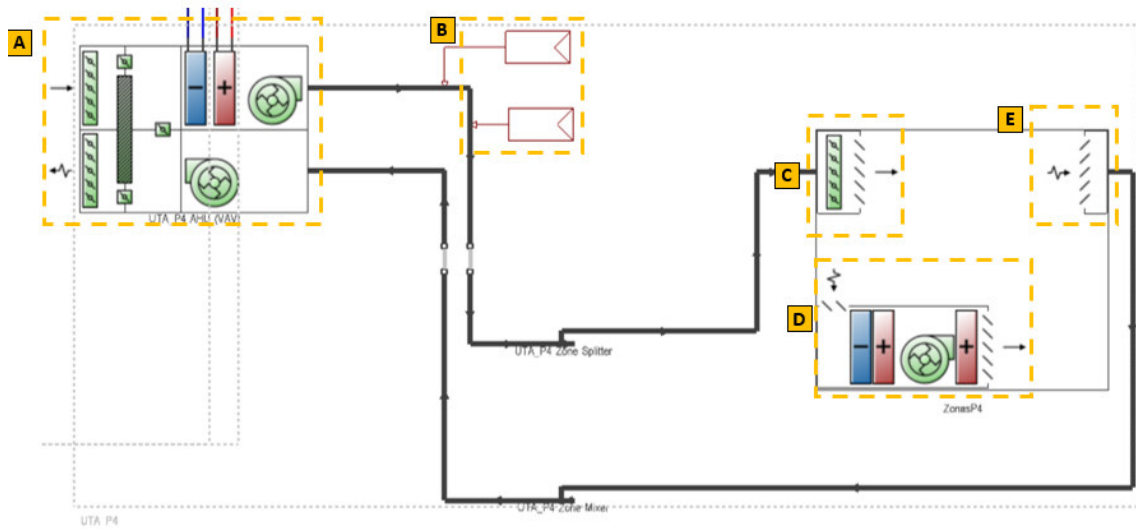


Tabela 51 – Unidade de tratamento de ar (Piso 4)

Símbolo	Características																										
<p style="text-align: center;">UTA (geral)</p> <p>A</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">General Outdoor Air System</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">General</td> </tr> <tr> <td>Name</td> <td>UTA_P4 AHU</td> </tr> <tr> <td>Fan type</td> <td>2-Variable volume</td> </tr> <tr> <td>Design supply air flow rate (m3/s)</td> <td>0.66700</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Operation</td> </tr> <tr> <td>Availability schedule</td> <td>escritorios_perfil</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Night Cycle</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> On</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Extract Fan</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Include extract fan</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Mixed Mode Zone Equipment</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Mixed mode on</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	General Outdoor Air System		General		Name	UTA_P4 AHU	Fan type	2-Variable volume	Design supply air flow rate (m3/s)	0.66700	Operation		Availability schedule	escritorios_perfil	Night Cycle		<input type="checkbox"/> On		Extract Fan		<input checked="" type="checkbox"/> Include extract fan		Mixed Mode Zone Equipment		<input type="checkbox"/> Mixed mode on	
General Outdoor Air System																											
General																											
Name	UTA_P4 AHU																										
Fan type	2-Variable volume																										
Design supply air flow rate (m3/s)	0.66700																										
Operation																											
Availability schedule	escritorios_perfil																										
Night Cycle																											
<input type="checkbox"/> On																											
Extract Fan																											
<input checked="" type="checkbox"/> Include extract fan																											
Mixed Mode Zone Equipment																											
<input type="checkbox"/> Mixed mode on																											

General Outdoor Air System

Recirculation

On

Minimum outdoor air flow rate (m3/s) 0.33300

Maximum outdoor air flow rate (m3/s) 0.66700

Minimum limit type 2-Fixed minimum

Economiser (Free Cooling)

Economiser control type 3-Differential dry bulb

Lockout type 2-Lockout with heating

Economiser control action type 1-Modulate flow

Outdoor Dry-Bulb Temperature Low Limit Control

Outdoor dry-bulb temperature low limit control

Outdoor Dry-Bulb Temperature High Limit Control

Outdoor dry-bulb temperature high limit control

Outdoor Enthalpy High Limit Control

Outdoor enthalpy high limit control

Outdoor Dew Point Temperature High Limit Control

Outdoor dew point temperature high limit control

Time of Day Economiser Override Control Schedule

On

Humidity Control

High humidity control 1-No

Outdoor Air Schedules

Demand Controlled Ventilation

Heat Recovery

On

General

Nominal supply air flow rate (m3/s) 0.33300

Nominal electric power (W) 0.000

Heat recovery bypass control type 1-Bypass when within economizer lim

Supply air outlet temperature control 2-Yes

Supply air outlet setpoint temperature schedule Always 19

Heat exchanger type 2-Rotary

Economiser lockout 1-Yes

Effectiveness

Sensible

at 75% Heating air flow 0.750

at 75% Cooling air flow 0.750

at 100% Heating air flow 0.750

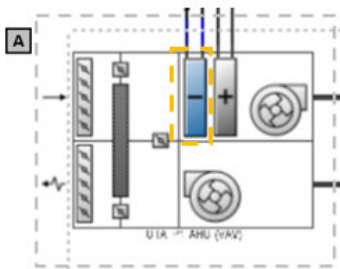
at 100% Cooling air flow 0.750

Latent

0.000

UTA
(bateria de água fria)

A.1



Cooling Coil

General

Name UTA_PO AHU Cooling Coil

Type 1-Water

Design water flow rate (m3/s) Autosize

Design air flow rate (m3/s) 0.66700

Design inlet water temperature (°C) Autosize

Design inlet air temperature (°C) Autosize

Design outlet air temperature (°C) Autosize

Design inlet air humidity ratio Autosize

Design outlet air humidity ratio Autosize

Type of analysis 1-Simple analysis

Heat exchanger configuration 1-Cross flow

Operation

Availability schedule escritorios_perfil

Controller

Control variable 1-Temperature

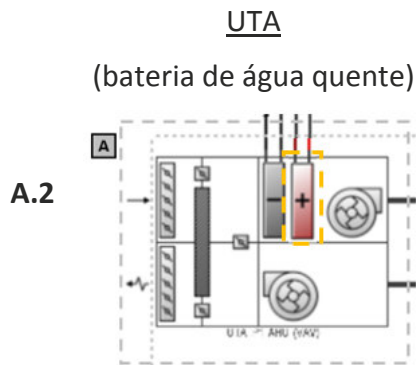
Control action 2-Reverse

Actuator variable 1-Flow

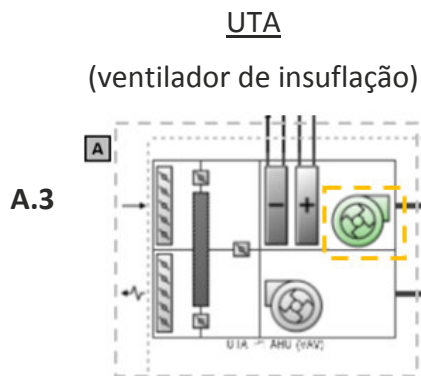
Controller convergence tolerance (deltaC) Autosize

Maximum actuated flow (m3/s) Autosize

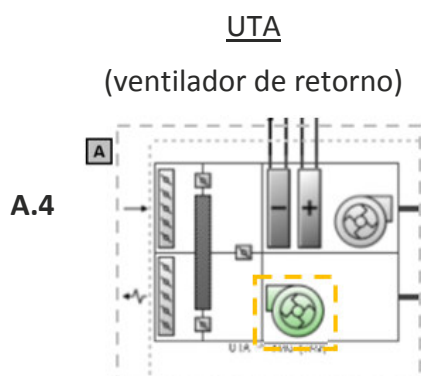
Minimum actuated flow (m3/s) 0



Heating Coil	
General	
Name	UTA_PO AHU Heating Coil
Type	1-Water
Performance input method	2-UA and design water flow rate
Maximum water flow rate (m3/s)	Autosize
UA (W/K)	Autosize
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil
Controller	
Control variable	1-Temperature
Control action	1-Normal
Actuator variable	1-Flow
Controller convergence tolerance (deltaC)	Autosize
Maximum actuated flow (m3/s)	Autosize
Minimum actuated flow (m3/s)	0.000000
Rated ratio for air and water convection	0.500



Fan	
General	
Name	UTA_PO AHU Supply Fan
Type	2-Variable volume
Fan total efficiency	0.70000
Pressure rise (Pa)	600.0
End-use subcategory	General
Flow Rates	
Minimum flow rate input method for fan power	1-Fraction
Minimum flow fraction for fan power	0.25
Maximum flow rate (m3/s)	0.667000
Motor	
Motor efficiency	0.90000
Motor in airstream fraction	1.000
Part Load Performance	
Performance curve template	Fan Part-Load Power, Inlet Vane Da
Fan Coefficients	
Fan coefficient 1	0.3507122300
Fan coefficient 2	0.3085053500
Fan coefficient 3	-0.5413736400
Fan coefficient 4	0.8719882300
Fan coefficient 5	0.0000000000
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil

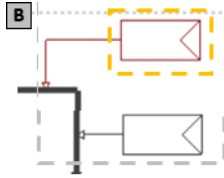


Fan	
General	
Name	UTA_PO AHU Extract Fan
Type	2-Variable volume
Fan total efficiency	0.70000
Pressure rise (Pa)	600.0
End-use subcategory	General
Flow Rates	
Minimum flow rate input method for fan power	1-Fraction
Minimum flow fraction for fan power	0.25
Maximum flow rate (m3/s)	0.667000
Motor	
Motor efficiency	0.90000
Motor in airstream fraction	1.000
Part Load Performance	
Performance curve template	Fan Part-Load Power, Inlet Vane
Fan Coefficients	
Fan coefficient 1	0.3507122300
Fan coefficient 2	0.3085053500
Fan coefficient 3	-0.5413736400
Fan coefficient 4	0.8719882300
Fan coefficient 5	0.0000000000
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil

Controlo da temperatura de insuflação

(arrefecimento)

B.1

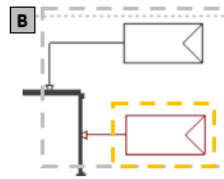


Setpoint Manager	
General	
Name	UTA_P4 Cooling Supply Air Temp Manag
Type	14-Multi-zone heating average
Control variable	1-Temperature
Supply Air Temperatures	
Minimum supply air temperature (°C)	18.00
Maximum supply air temperature (°C)	20.00

Controlo da temperatura de insuflação

(aquecimento)

B.2



Setpoint Manager	
General	
Name	UTA_P4 Heating Supply Air Temp Manag
Type	13-Multi-zone cooling average
Control variable	1-Temperature
Supply Air Temperatures	
Minimum supply air temperature (°C)	18.00
Maximum supply air temperature (°C)	20.00

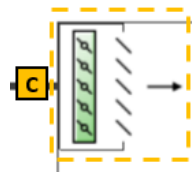
Tabela 52 – Zonas térmicas (Piso 4)

Símbolo

Características

Registo de insuflação

C

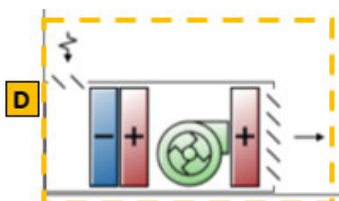


Air Terminal: VAV No Reheat Target	
General	
Name	P0:NE Single Duct VAV No Reheat
Maximum air flow rate (m3/s)	0.16700
Zone minimum air flow rate method	1-Constant
Constant minimum air flow fraction (turndown ratio)	1.000
Outdoor Air	
<input type="checkbox"/> Control on outdoor air flow	
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil

Unidade de expansão directa

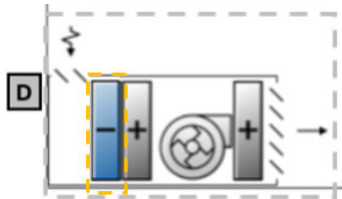
(geral)

D



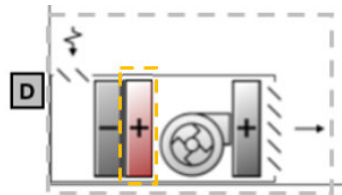
Packaged Terminal Heat Pump (PTHP) Target	
General	
Title	P4:NE PTHP
Fan	
Fan placement	2-Draw through
Fan operating mode	1-Cycling
Supply air fan operating mode schedule	Fan operation mode - Cycling
Supply Air Flow Rates	
Cooling operation (m3/s)	Autosize
Heating operation (m3/s)	Autosize
When no heating or cooling is needed (m3/s)	0.00000
Compressor	
Minimum outdoor dry-bulb temperature for compress...	-8.000
Supplemental Heater	
Maximum supply air temperature from supplemental h...	Autosize
Maximum outdoor dry-bulb temperature for suppleme...	21.00
Outdoor Air Supply	
<input type="checkbox"/> Outdoor air supply	
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil
Advanced	

D.1



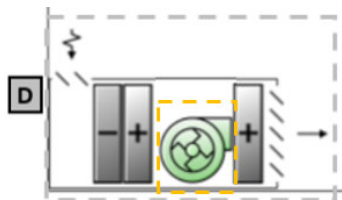
DX Cooling Coil Target	
General	
Name	P4:NE PTHP DX Cooling Coil
Rated total cooling capacity (W)	Autosize
Rated sensible heat ratio (SHR)	Autosize
Gross rated COP	3.0000
Rated air flow rate (m ³ /s)	Autosize
Rated evaporator fan power per volume flow rate (W/(m ³ /s))	773.300
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil
Performance Curves	
<input checked="" type="checkbox"/> Total cooling capacity function of temperature curve	DXClgCoilTotalClgCapFuncTemperature
<input checked="" type="checkbox"/> Total cooling capacity function of flow fraction curve	DXClgCoilTotalClgCapFuncFlowFraction
<input checked="" type="checkbox"/> Energy input ratio (EIR) function of temperature curve	DXClgCoilEnergyInputRatioFuncTemperature
<input checked="" type="checkbox"/> Energy input ratio (EIR) function of flow fraction curve	DXClgCoilEnergyInputRatioFuncFlowFraction
<input checked="" type="checkbox"/> Part load fraction correlation curve	DXCoilPartLoadFractionCorrelation
Condenser	
Condenser type	1-Air cooled
Latent Capacity Degradation >>	
Crankcase Heater >>	

D.2



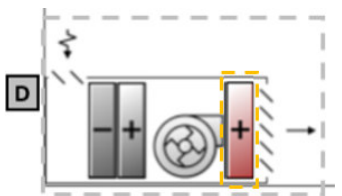
DX Heating Coil Target	
General	
Title	P4:NE PTHP DX Heating Coil
Rated total heating capacity (W)	Autosize
Gross rated COP	3.4000
Rated air flow (m ³ /s)	Autosize
Rated evaporator fan power per volume flow rate (W/...	773.300
Defrost	
Defrost strategy	1-Reverse-cycle
Defrost control	1-Timed
Defrost time period fraction	0.058333
Maximum outdoor dry bulb temperature for defrost op...	5.0
Performance Curves	
<input checked="" type="checkbox"/> Total heating capacity function of temperature curve	DXHtgCoilTotalHtgCapFuncTemperat
<input checked="" type="checkbox"/> Total heating capacity function of flow fraction curve	DXHtgCoilTotalHtgCapFuncFlowFracti
<input checked="" type="checkbox"/> Energy input ratio (EIR) function of temperature curve	DXHtgCoilEnergyInputRatioFuncTemp
<input checked="" type="checkbox"/> Energy input ratio (EIR) function of flow fraction curve	DXHtgCoilEnergyInputRatioFuncFlowF
<input checked="" type="checkbox"/> Part load fraction correlation curve	DXCoilPartLoadFractionCorrelation
<input checked="" type="checkbox"/> Defrost energy input ratio (EIR) function of temperat...	DXHtgCoilDefrostEIRFT
Crankcase Heater	
Crankcase heater capacity (W)	0.0
Maximum outdoor dry bulb temperature for crankcase...	10.0
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil

D.3



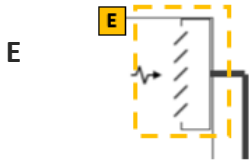
Fan Target	
General	
Name	P4:NE PTHP Suppl
Type	3-On/Off
Fan total efficiency	0.70000
Pressure rise (Pa)	100.0
End-use subcategory	General
Flow Rates	
Maximum flow rate (m ³ /s)	Autosize
Motor	
Motor efficiency	0.90000
Motor in airstream fraction	1.000
<input checked="" type="checkbox"/> Fan power ratio function...	DefaultFanPowerR
<input checked="" type="checkbox"/> Fan efficiency ratio func...	DefaultFanEffRatio
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil

D.4



Heating Coil Target	
General	
Name	P4:NE PTHP Heating Coil
Type	2-Electric
Efficiency	1.000
Nominal capacity (W)	Autosize
Operation	
Availability schedule	Off 24/7

Grelha de retorno



Não existe informação para consulta ou alteração

6.1.8 Componentes do piso 5

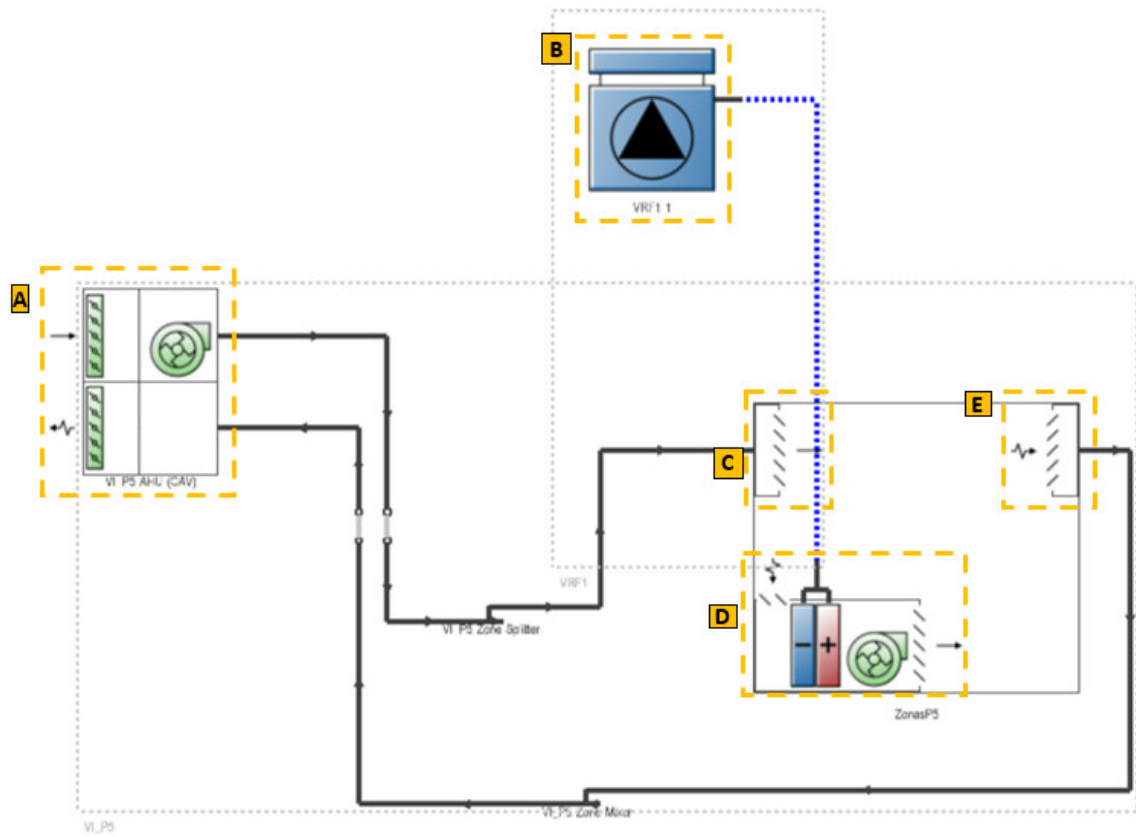
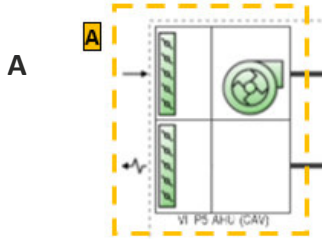


Tabela 53 – Ventilador de insuflação (Piso 5)

Símbolo	Características
<p data-bbox="296 1415 619 1509"><u>Ventilador de insuflação</u> (geral)</p> 	<div data-bbox="683 1352 1353 1637"> <p>General Outdoor Air System</p> <p>General</p> <p>Name: V1_PS AHU</p> <p>Fan type: 1-Constant volume</p> <p>Design supply air flow rate (m3/s): 0.33300</p> <p>Operation</p> <p>Availability schedule: escritorios_perfil</p> <p>Night Cycle</p> <p><input type="checkbox"/> On</p> <p>Extract Fan</p> <p><input type="checkbox"/> Include extract fan</p> <p>Mixed Mode Zone Equipment</p> <p><input type="checkbox"/> Mixed mode on</p> </div> <div data-bbox="683 1704 1353 1834"> <p>General Outdoor Air System</p> <p>Recirculation</p> <p><input type="checkbox"/> On</p> <p>Heat Recovery</p> <p><input type="checkbox"/> On</p> </div>

A.1 Ventilador

Fan	
General	
Name	VL_P5 AHU Supply Fan
Type	1-Constant volume
Fan total efficiency	0.70000
Pressure rise (Pa)	600.0
End-use subcategory	General
Flow Rates	
Maximum flow rate (m3/s)	0.333000
Motor	
Motor efficiency	0.90000
Motor in airstream fraction	1.000
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil

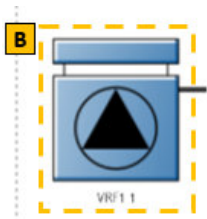
Tabela 54 – VRV - Unidade exterior (Piso 5)

Símbolo

Características

VRV – Unidade exterior (geral)

B



General Cooling Heating Heat Recovery	
General	
Name	VRV1 1
VRV outdoor unit template	EnergyPlus Example
Availability schedule	On 24/7
Fuel type	2-Electricity
Minimum heat pump part-load ratio	0.200
Control	
Master thermostat priority control type	1-Load priority
Piping	
Vertical height used for piping correction factor (m)	15.00
Compressor	
Crankcase heater power per compressor (W)	15.000
Number of compressors	2
Ratio of compressor size to total compressor capacity	0.50
Maximum outdoor dry-bulb temperature for crankcase heater (°C)	5.00
Defrost	
Defrost strategy	1-Resistive
Defrost control	1-Timed
Resistive defrost heater capacity (W)	Autosize
Defrost time period fraction	0.058333
Maximum outdoor dry-bulb temperature for defrost operation (°C)	5.00
Condenser	
Condenser type	1-Air cooled

VRV – Unidade exterior (arrefecimento)

B.1

General Cooling Heating Heat Recovery	
General	
Gross rated total cooling capacity (W)	Autosize
Gross rated cooling COP	3.00
Minimum outdoor temperature in cooling mode (°C)	-6.00
Maximum outdoor temperature in cooling mode (°C)	43.00
Piping	
Equivalent piping length used for piping correction factor in cooling mode (m)	50.00
Piping correction factor for height in cooling mode coefficient	-0.000386000
<input checked="" type="checkbox"/> Piping correction factor for length in cooling mode curve	CoolingLengthCorrectionFactor
Cooling Capacity Ratio Modifier Function of Temperature Curves	
Use single or multiple curves	1-Single curve
<input checked="" type="checkbox"/> Cooling capacity ratio modifier function of temperature curve	VRFCoolCapFT
Cooling Energy Input Ratio (EIR) Curves	
Function of Temperature Curves	
Use single or multiple curves	1-Single curve
<input checked="" type="checkbox"/> Cooling energy input ratio (EIR) modifier function of temperature curve	VRFCoolEIRFT
Function of Part-Load Ratio Curves	
<input checked="" type="checkbox"/> Cooling energy input ratio (EIR) modifier function of low part-load ratio curve	CoolingEIRLowPLR
<input checked="" type="checkbox"/> Cooling energy input ratio (EIR) modifier function of high part-load ratio curve	CoolingEIRHiPLR
Other Curves	
<input checked="" type="checkbox"/> Cooling combination ratio correction factor curve	CoolingCombRatio
<input checked="" type="checkbox"/> Cooling part-load fraction correlation curve	VRFCoolFFPLR

B.2 VRV – Unidade exterior
(aquecimento)

General	Cooling	Heating	Heat Recovery
General			
Gross rated heating capacity (W)		Autosize	
Gross rated heating COP		3.40	
Minimum outdoor temperature in heating mode (°C)		-20.00	
Maximum outdoor temperature in heating mode (°C)		40.00	
Heating performance curve outdoor temperature type		1-Wet-bulb temperature	
Rated heating capacity sizing ratio		1.00	
Piping			
Equivalent piping length used for piping correction factor in heating mode (m)		50.00	
Piping correction factor for height in heating mode coefficient		0.00000000	
<input checked="" type="checkbox"/> Piping correction factor for length in heating mode curve		VRFPipingCorrectionFactorForLengthInHeatingMode	
Heating Capacity Ratio Modifier Function of Temperature Curves			
Use single or multiple curves		1-Single curve	
<input checked="" type="checkbox"/> Heating capacity ratio modifier function of temperature curve		VRFHeatCapFT	
Heating Energy Input Ratio (EIR) Curves			
Use single or multiple curves		1-Single curve	
<input checked="" type="checkbox"/> Heating energy input ratio (EIR) modifier function of temperature curve		VRFHeatEIRFT	
Function of Part-load Ratio Curves			
<input checked="" type="checkbox"/> Heating energy input ratio (EIR) modifier function of low part-load ratio curve		HeatingEIRLowPLR	
<input checked="" type="checkbox"/> Heating energy input ratio (EIR) modifier function of high part-load ratio curve		HeatingEIRHighPLR	
Other Curves			
<input checked="" type="checkbox"/> Heating combination ratio (EIR) correction factor curve		HeatingCombRatio	
<input checked="" type="checkbox"/> Heating part-load fraction correlation curve		VRFCPLFFLR	

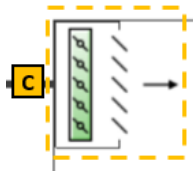
Tabela 55 – Zonas térmicas (Piso 5)

Símbolo

Características

Registo de insuflação

C



ADU: CAV No Reheat	Target
General	
Name	P5:NE Single Duct CAV No Reheat
Maximum air flow rate (m3/s)	0.08300
Outdoor Air	
<input type="checkbox"/> Control on outdoor air flow	
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil

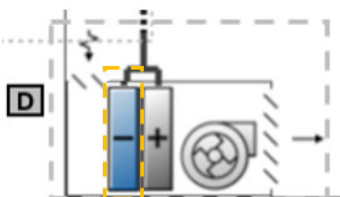
VRV – Unidade interior
(geral)

D

General	Target
General	
Name	P5:NE VRF Indoor Unit
VRV indoor unit template	EnergyPlus Example
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil
Supply Air Flow Rates	
Supply air flow rate during cooling operation (m3/s)	Autosize
Supply air flow rate during heating operation (m3/s)	0.00000
Supply air flow rate when no cooling is needed (m3/s)	Autosize
Supply air flow rate when no heating is needed (m3/s)	0.00000
Outdoor Air Supply	
<input type="checkbox"/> Outdoor air supply	
Parasitic Electric Energy	
Zone terminal unit on parasitic electric energy use (W)	30.000
Zone terminal unit off parasitic electric energy use (W)	20.000
Supply Fan	
Fan type	1-On/off fan
Fan placement	2-Draw through
Supply air fan operating mode schedule	escritorios_perfil
Heating Capacity	
<input type="checkbox"/> Override outdoor unit rated total heating capacity sizing ratio	

VRV – Unidade interior
(arrefecimento)

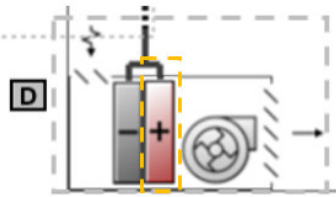
D.1



VRV DX cooling coil	Target
General	
Name	P5:NE VRF Indoor Unit DX Cooling Coil
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil
Air Flow	
Rated air flow rate (m3/s)	Autosize
Capacity	
Gross rated total cooling capacity (W)	Autosize
Gross rated sensible heat ratio	Autosize
<input checked="" type="checkbox"/> Cooling capacity ratio modifier function of temperature c...	VRFTUCoolCapFT
<input checked="" type="checkbox"/> Cooling capacity modifier curve function of flow fraction	VRFACCoolCapFFF

VRV – Unidade interior (aquecimento)

D.2



VRV DX heating coil Target	
General	
Name	P5:NE VRF Indoor Unit DX Heating Coil
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil
Air Flow	
Rated air flow rate (m3/s)	Autosize
Capacity	
Gross rated total heating capacity (W)	Autosize
<input checked="" type="checkbox"/> Heating capacity ratio modifier function of temperature C...	VRFTUHeatCapFT
<input checked="" type="checkbox"/> Heating capacity modifier curve function of flow fraction	VRFACoolCapFFF

Ventiloconvetor (ventilador)

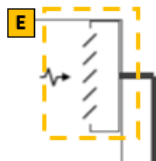
D.3



Fan Target	
General	
Name	P5:NE VRF Indoor Unit Supply Fan
Type	3-On/Off
Fan total efficiency	0.70000
Pressure rise (Pa)	100.0
End-use subcategory	General
Flow Rates	
Maximum flow rate (m3/s)	Autosize
Motor	
Motor efficiency	0.90000
Motor in airstream fraction	1.000
<input checked="" type="checkbox"/> Fan power ratio function of speed ratio curve	DefaultFanPowerRatioCurve
<input checked="" type="checkbox"/> Fan efficiency ratio function of speed ratio curve	DefaultFanEffRatioCurve
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil

Grelha de retorno

E



Não existe informação para consulta ou alteração

6.1.9 Componentes do piso 6

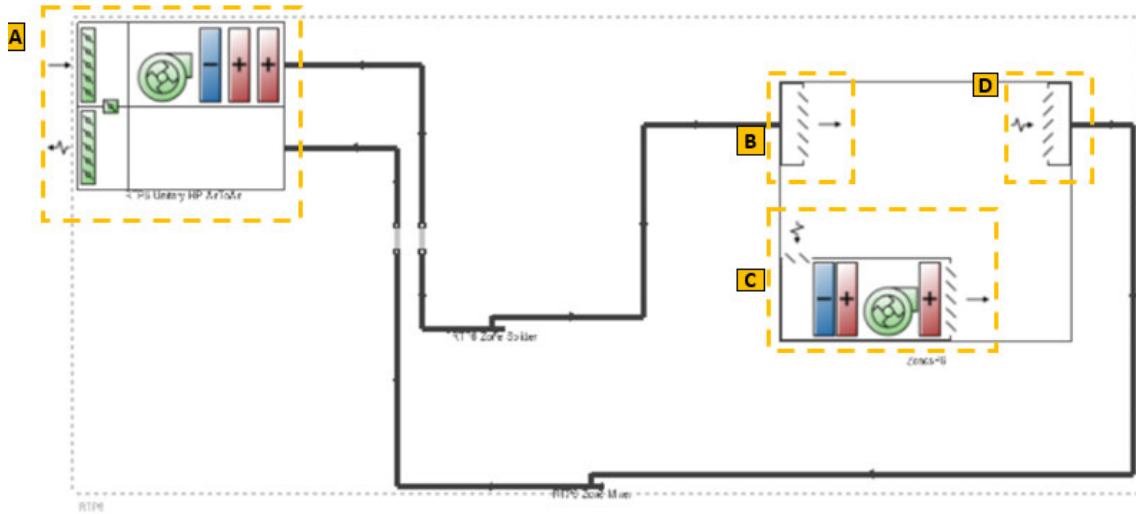
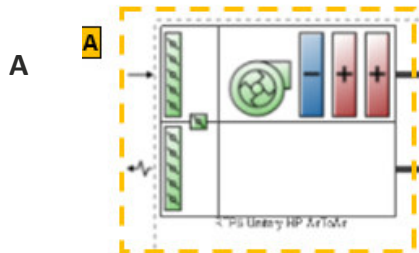


Tabela 56 – Rooftop (Piso 6)

Símbolo

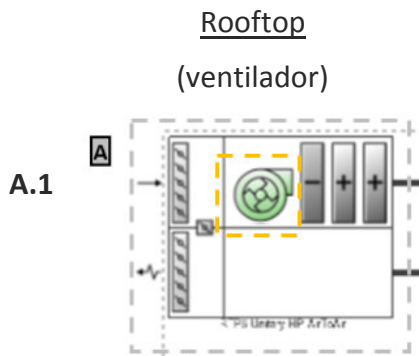
Características

Rooftop
(geral)

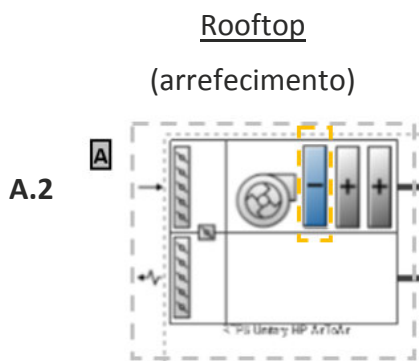


General Outdoor Air System	
General	
Title	RTP6 Unitary HP AirToAir
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil
Supply Air Flow Rates	
Cooling operation (m3/s)	1.111
Heating operation (m3/s)	1.111
When no heating or cooling is needed (m3/s)	1.111
Supply Fan	
Fan type	3-On/Off
Supply fan placement	1-Blow through
Supply air fan operating mode schedule	Fan operation mode - Continuous
Extract Fan	
Include extract fan	<input type="checkbox"/>
Thermostat Location	
Controlling zone or thermostat location	P6:SO
Dehumidification	
Dehumidification control type	1-None
Supplemental Heater	
Maximum supply air temperature from supplemental heater...	Autosize
Maximum outdoor dry bulb temperature for supplemental h...	21.00
Night Cycle	
Mixed Mode Zone Equipment	
Mixed mode on	<input type="checkbox"/>

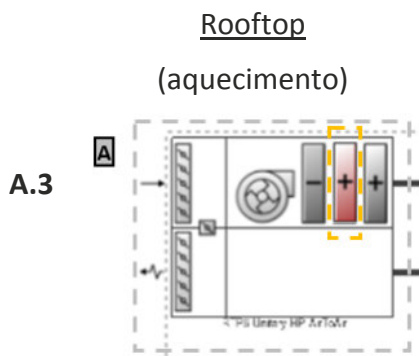
General Outdoor Air System	
Recirculation	
On	<input checked="" type="checkbox"/>
Minimum outdoor air flow rate (m3/s)	0.333
Maximum outdoor air flow rate (m3/s)	0.333
Minimum limit type	2-Fixed minimum
Economiser (Free Cooling)	
Economiser control type	1-No economizer
Outdoor Air Schedules	
Demand Controlled Ventilation	
Heat Recovery	
On	<input type="checkbox"/>



Fan	
General	
Name	RTP6 Unitary HP AirToAir Supply Fa
Type	3-On/Off
Fan total efficiency	0.70000
Pressure rise (Pa)	600.0
End-use subcategory	General
Flow Rates	
Maximum flow rate (m3/s)	1.111000
Motor	
Motor efficiency	0.90000
Motor in airstream fraction	1.000
Fan power ratio function of speed ratio curve	DefaultFanPowerRatioCurve
Fan efficiency ratio function of speed ratio curve	DefaultFanEffRatioCurve
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil



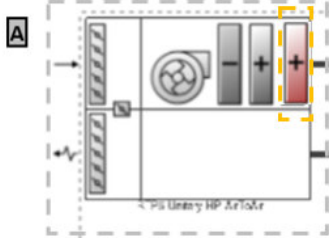
DX Cooling Coil	
General	
Name	RTP6 Unitary HP AirToAir DX Cooling Coil
Rated total cooling capacity (W)	Autosize
Rated sensible heat ratio (SHR)	Autosize
Gross rated COP	2.8000
Rated air flow rate (m3/s)	1.111
Rated evaporator fan power per volume flow rate (W/(m3/s))	773.300
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil
Performance Curves	
Total cooling capacity function of temperature curve	DXClgCoilTotalClgCapFuncTemperature
Total cooling capacity function of flow fraction curve	DXClgCoilTotalClgCapFuncFlowFraction
Energy input ratio (EIR) function of temperature curve	DXClgCoilEnergyInputRatioFuncTemperature
Energy input ratio (EIR) function of flow fraction curve	DXClgCoilEnergyInputRatioFuncFlowFraction
Part load fraction correlation curve	DXCoilPartLoadFractionCorrelation
Condenser	
Condenser type	1-Air cooled
Latent Capacity Degradation	
Crankcase Heater	
DOAS Settings	
Use DX cooling coil for DOAS	<input type="checkbox"/>



DX Heating Coil	
General	
Title	RTP6 Unitary HP AirToAir DX Heatingq
Rated total heating capacity (W)	Autosize
Gross rated COP	3.2000
Rated air flow (m3/s)	1.111
Rated evaporator fan power per volume flow rate (W/...	773.300
Compressor	
Minimum outdoor dry-bulb temperature for compress...	-8.0
Defrost	
Defrost strategy	1-Reverse-cycle
Defrost control	1-Timed
Defrost time period fraction	0.058333
Maximum outdoor dry bulb temperature for defrost op...	5.0
Performance Curves	
Total heating capacity function of temperature curve	DXHtgCoilTotalHtgCapFuncTemperat
Total heating capacity function of flow fraction curve	DXHtgCoilTotalHtgCapFuncFlowFracti
Energy input ratio (EIR) function of temperature curve	DXHtgCoilEnergyInputRatioFuncTemp
Energy input ratio (EIR) function of flow fraction curve	DXHtgCoilEnergyInputRatioFuncFlowF
Part load fraction correlation curve	DXCoilPartLoadFractionCorrelation
Defrost energy input ratio (EIR) function of temperat...	DXHtgCoilDefrostEIRFT
Crankcase Heater	
Crankcase heater capacity (W)	0.0
Maximum outdoor dry bulb temperature for crankcase...	10.0
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil

Rooftop
(arrefecimento – bateria elétrica)

A.4



Heating Coil	
General	
Name	RTP6 Unitary HP AirToAir Heating
Type	2-Electric
Efficiency	1.000
Nominal capacity (W)	Autosize
Operation	
Availability schedule	Off 24/7

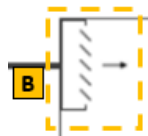
Tabela 57 – Zonas térmicas (Piso 6)

Símbolo

Características

Registo de insuflação

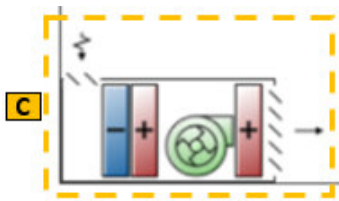
B



ADU: CAV No Reheat	
General	
Name	P6:NE Single Duct CAV No Reheat
Maximum air flow rate (m3/s)	0.27800
Outdoor Air	
Control on outdoor air flow	<input type="checkbox"/>
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil

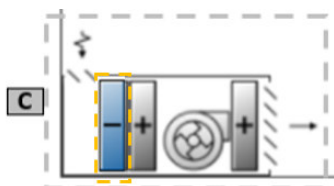
Unidade de expansão directa
(geral)

C



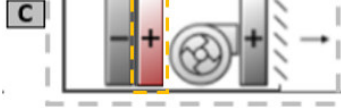
Packaged Terminal Heat Pump (PTHP)	
General	
Title	P4:NE PTHP
Fan	
Fan placement	2-Draw through
Fan operating mode	1-Cycling
Supply air fan operating mode schedule	Fan operation mode - Cycling
Supply Air Flow Rates	
Cooling operation (m3/s)	Autosize
Heating operation (m3/s)	Autosize
When no heating or cooling is needed (m3/s)	0.00000
Compressor	
Minimum outdoor dry-bulb temperature for compress...	-8.000
Supplemental Heater	
Maximum supply air temperature from supplemental h...	Autosize
Maximum outdoor dry-bulb temperature for suppleme...	21.00
Outdoor Air Supply	
Outdoor air supply	<input type="checkbox"/>
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil
Advanced	

C.1



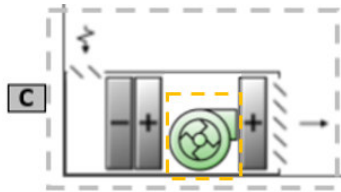
DX Cooling Coil	
General	
Name	P4:NE PTHP DX Cooling Coil
Rated total cooling capacity (W)	Autosize
Rated sensible heat ratio (SHR)	Autosize
Gross rated COP	3.0000
Rated air flow rate (m3/s)	Autosize
Rated evaporator fan power per volume flow rate (W/(m3/s))	773.300
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil
Performance Curves	
Total cooling capacity function of temperature curve	<input checked="" type="checkbox"/> DXClgCoilTotalClgCapFuncTemperature
Total cooling capacity function of flow fraction curve	<input checked="" type="checkbox"/> DXClgCoilTotalClgCapFuncFlowFraction
Energy input ratio (EIR) function of temperature curve	<input checked="" type="checkbox"/> DXClgCoilEnergyInputRatioFuncTemperature
Energy input ratio (EIR) function of flow fraction curve	<input checked="" type="checkbox"/> DXClgCoilEnergyInputRatioFuncFlowFraction
Part load fraction correlation curve	<input checked="" type="checkbox"/> DXCoilPartLoadFractionCorrelation
Condenser	
Condenser type	1-Air cooled
Latent Capacity Degradation	
Crankcase Heater	

C.2



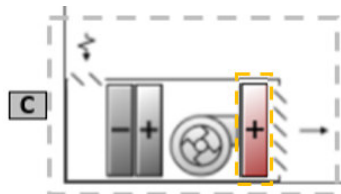
DX Heating Coil Target	
General	
Title	P4:NE PTHP DX Heating Coil
Rated total heating capacity (W)	Autosize
Gross rated COP	3.4000
Rated air flow (m3/s)	Autosize
Rated evaporator fan power per volume flow rate (W/...	773.300
Defrost	
Defrost strategy	1-Reverse-cycle
Defrost control	1-Timed
Defrost time period fraction	0.058333
Maximum outdoor dry bulb temperature for defrost op...	5.0
Performance Curves	
<input checked="" type="checkbox"/> Total heating capacity function of temperature curve	DXHtgCoilTotalHtgCapFuncTemperat
<input checked="" type="checkbox"/> Total heating capacity function of flow fraction curve	DXHtgCoilTotalHtgCapFuncFlowFracti
<input checked="" type="checkbox"/> Energy input ratio (EIR) function of temperature curve	DXHtgCoilEnergyInputRatioFuncTemp
<input checked="" type="checkbox"/> Energy input ratio (EIR) function of flow fraction curve	DXHtgCoilEnergyInputRatioFuncFlowF
<input checked="" type="checkbox"/> Part load fraction correlation curve	DXCoilPartLoadFractionCorrelation
<input checked="" type="checkbox"/> Defrost energy input ratio (EIR) function of temperat...	DXHtgCoilDefrostEIRFT
Crankcase Heater	
Crankcase heater capacity (W)	0.0
Maximum outdoor dry bulb temperature for crankcase...	10.0
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil

C.3



Fan Target	
General	
Name	P4:NE PTHP Suppl
Type	3-On/Off
Fan total efficiency	0.70000
Pressure rise (Pa)	100.0
End-use subcategory	General
Flow Rates	
Maximum flow rate (m3/s)	Autosize
Motor	
Motor efficiency	0.90000
Motor in airstream fraction	1.000
<input checked="" type="checkbox"/> Fan power ratio function...	DefaultFanPowerR
<input checked="" type="checkbox"/> Fan efficiency ratio func...	DefaultFanEffRatio
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil

C.4



Heating Coil Target	
General	
Name	P4:NE PTHP Heating Coil
Type	2-Electric
Efficiency	1.000
Nominal capacity (W)	Autosize
Operation	
Availability schedule	Off 24/7

D

Grelha de retorno

Não existe informação para consulta ou alteração

6.1.10 Componentes do piso 7

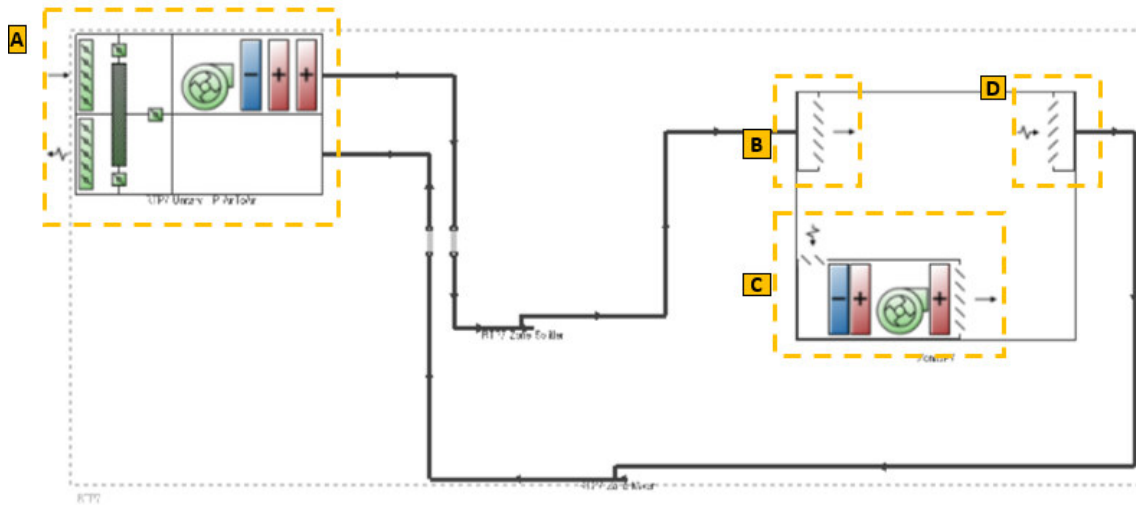
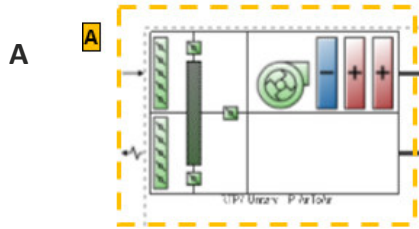


Tabela 58 – Rooftop (Piso 7)

Símbolo

Características

Rooftop
(geral)



Edit Unitary Heat Pump -	
Unitary heat pump	
General	Outdoor Air System
General	
Title	RTP7 Unitary HP AirToAir
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil
Supply Air Flow Rates	
Cooling operation (m3/s)	1.111
Heating operation (m3/s)	1.111
When no heating or cooling is needed (m3/s)	1.111
Supply Fan	
Fan type	3-On/Off
Supply fan placement	1-Blow through
Supply air fan operating mode schedule	Fan operation mode - Continuous
Extract Fan	
Include extract fan	<input type="checkbox"/>
Thermostat Location	
Controlling zone or thermostat location	P7:SO
Dehumidification	
Dehumidification control type	1-None
Supplemental Heater	
Maximum supply air temperature from supplemental heater...	Autosize
Maximum outdoor dry bulb temperature for supplemental h...	21.00
Night Cycle	
Mixed Mode Zone Equipment	
Mixed mode on	<input type="checkbox"/>

General Outdoor Air System

Recirculation

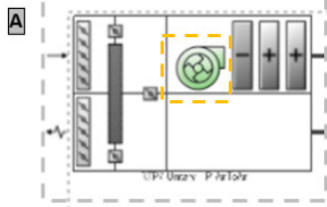
- On
- Minimum outdoor air flow rate (m3/s): 0.333
- Maximum outdoor air flow rate (m3/s): 1.111
- Minimum limit type: 2-Fixed minimum
- Economiser (Free Cooling)**
 - Economiser control type: 3-Differential dry bulb
 - Economiser control action type: 1-Modulate flow
 - Lockout type: 2-Lockout with heating
 - Outdoor Dry-Bulb Temperature Low Limit Control: >>
 - Outdoor Dry-Bulb Temperature High Limit Control: >>
 - Outdoor Enthalpy High Limit Control: >>
 - Outdoor Dew Point Temperature High Limit Control: >>
 - Mixed Air Temperature Setpoint: >>
 - Economiser Override: >>
 - Humidity Control: >>
 - Outdoor Air Schedules: >>
 - Demand Controlled Ventilation: >>

Heat Recovery

- On
- General**
 - Nominal supply air flow rate (m3/s): 0.333
 - Nominal electric power (W): 0.000
 - Heat recovery bypass control type: 1-Bypass when within economizer lim
 - Supply air outlet temperature control: 2-Yes
 - Supply air outlet setpoint temperature schedule: Always 19
 - Heat exchanger type: 2-Rotary
 - Economiser lockout: 1-Yes
- Effectiveness**
 - Sensible**
 - at 75% Heating air flow: 0.750
 - at 75% Cooling air flow: 0.750
 - at 100% Heating air flow: 0.750
 - at 100% Cooling air flow: 0.750
 - Latent**
 - at 75% Heating air flow: 0.000
 - at 75% Cooling air flow: 0.000
 - at 100% Heating air flow: 0.000
 - at 100% Cooling air flow: 0.000
- Frost Control**
 - Frost control type: 1-None

Rooftop (ventilador)

A.1



Fan

General

- Name: RTP6 Unitary HP AirToAir Supply Fa
- Type: 3-On/Off
- Fan total efficiency: 0.70000
- Pressure rise (Pa): 600.0
- End-use subcategory: General

Flow Rates

- Maximum flow rate (m3/s): 1.111000

Motor

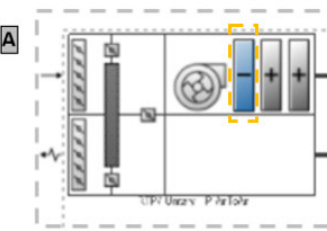
- Motor efficiency: 0.90000
- Motor in airstream fraction: 1.000
- Fan power ratio function of speed ratio curve: DefaultFanPowerRatioCurve
- Fan efficiency ratio function of speed ratio curve: DefaultFanEffRatioCurve

Operation

- Availability schedule: escritorios_perfil

Rooftop (arrefecimento)

A.2



DX Cooling Coil

General

- Name: RTP6 Unitary HP AirToAir DX Cooling Coil
- Rated total cooling capacity (W): Autosize
- Rated sensible heat ratio (SHR): Autosize
- Gross rated COP: 2.8000
- Rated air flow rate (m3/s): 1.111
- Rated evaporator fan power per volume flow rate (W/(m3/s)): 773.300

Operation

- Availability schedule: escritorios_perfil

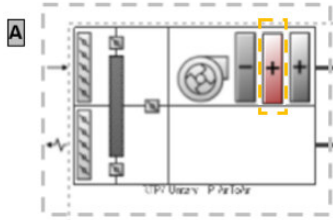
Performance Curves

- Total cooling capacity function of temperature curve: DXClgCoilTotalClgCapFuncTemperature
- Total cooling capacity function of flow fraction curve: DXClgCoilTotalClgCapFuncFlowFraction
- Energy input ratio (EIR) function of temperature curve: DXClgCoilEnergyInputRatioFuncTemperature
- Energy input ratio (EIR) function of flow fraction curve: DXClgCoilEnergyInputRatioFuncFlowFraction
- Part load fraction correlation curve: DXCoilPartLoadFractionCorrelation

Condenser

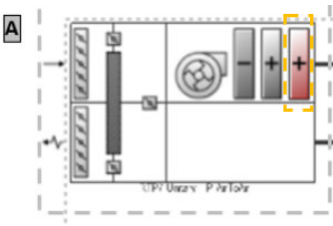
- Condenser type: 1-Air cooled
- Latent Capacity Degradation: >>
- Crankcase Heater: >>
- DOAS Settings: >>
- Use DX cooling coil for DOAS

A.3 Rooftop
(aquecimento)



DX Heating Coil	
General	
Title	RTP6 Unitary HP AirToAir DX Heating
Rated total heating capacity (W)	Autosize
Gross rated COP	3.2000
Rated air flow (m3/s)	1.111
Rated evaporator fan power per volume flow rate (W/...)	773.300
Compressor	
Minimum outdoor dry-bulb temperature for compress...	-8.0
Defrost	
Defrost strategy	1-Reverse-cycle
Defrost control	1-Timed
Defrost time period fraction	0.058333
Maximum outdoor dry bulb temperature for defrost op...	5.0
Performance Curves	
<input checked="" type="checkbox"/> Total heating capacity function of temperature curve	DXHtgCoilTotalHtgCapFuncTemperat
<input checked="" type="checkbox"/> Total heating capacity function of flow fraction curve	DXHtgCoilTotalHtgCapFuncFlowFracti
<input checked="" type="checkbox"/> Energy input ratio (EIR) function of temperature curve	DXHtgCoilEnergyInputRatioFuncTemp
<input checked="" type="checkbox"/> Energy input ratio (EIR) function of flow fraction curve	DXHtgCoilEnergyInputRatioFuncFlowF
<input checked="" type="checkbox"/> Part load fraction correlation curve	DXCoilPartLoadFractionCorrelation
<input checked="" type="checkbox"/> Defrost energy input ratio (EIR) function of temperat...	DXHtgCoilDefrostEIRFT
Crankcase Heater	
Crankcase heater capacity (W)	0.0
Maximum outdoor dry bulb temperature for crankcase...	10.0
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil

A.4 Rooftop
(arrefecimento – bateria elétrica)



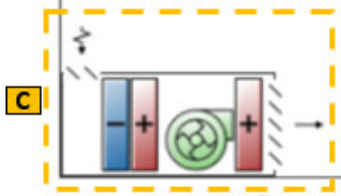
Heating Coil	
General	
Name	RTP6 Unitary HP AirToAir Heating
Type	2-Electric
Efficiency	1.000
Nominal capacity (W)	Autosize
Operation	
Availability schedule	Off 24/7

Tabela 59 – Zonas térmicas (Piso 7)

Símbolo	Características																
<p>B <u>Registo de insuflação</u></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">ADU: CAV No Reheat Target</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">General</td> </tr> <tr> <td>Name</td> <td>P6:NE Single Duct CAV No Reheat</td> </tr> <tr> <td>Maximum air flow rate (m3/s)</td> <td>0.27800</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Outdoor Air</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Control on outdoor air flow</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Operation</td> </tr> <tr> <td>Availability schedule</td> <td>escritorios_perfil</td> </tr> </tbody> </table>	ADU: CAV No Reheat Target		General		Name	P6:NE Single Duct CAV No Reheat	Maximum air flow rate (m3/s)	0.27800	Outdoor Air		<input type="checkbox"/> Control on outdoor air flow		Operation		Availability schedule	escritorios_perfil
ADU: CAV No Reheat Target																	
General																	
Name	P6:NE Single Duct CAV No Reheat																
Maximum air flow rate (m3/s)	0.27800																
Outdoor Air																	
<input type="checkbox"/> Control on outdoor air flow																	
Operation																	
Availability schedule	escritorios_perfil																

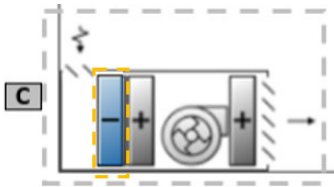
Unidade de expansão directa (geral)

C



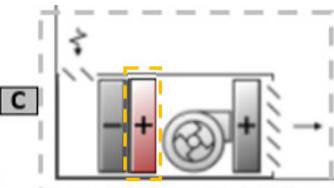
Packaged Terminal Heat Pump (PTHP) Target	
General	
Title	P4:NE PTHP
Fan	
Fan placement	2-Draw through
Fan operating mode	1-Cycling
Supply air fan operating mode schedule	Fan operation mode - Cycling
Supply Air Flow Rates	
Cooling operation (m3/s)	Autosize
Heating operation (m3/s)	Autosize
When no heating or cooling is needed (m3/s)	0.00000
Compressor	
Minimum outdoor dry-bulb temperature for compress...	-8.000
Supplemental Heater	
Maximum supply air temperature from supplemental h...	Autosize
Maximum outdoor dry-bulb temperature for suppleme...	21.00
Outdoor Air Supply	
<input type="checkbox"/> Outdoor air supply	
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil
Advanced	

C.1



DX Cooling Coil Target	
General	
Name	P4:NE PTHP DX Cooling Coil
Rated total cooling capacity (W)	Autosize
Rated sensible heat ratio (SHR)	Autosize
Gross rated COP	3.0000
Rated air flow rate (m3/s)	Autosize
Rated evaporator fan power per volume flow rate (W/(m3/s))	773.300
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil
Performance Curves	
<input checked="" type="checkbox"/> Total cooling capacity function of temperature curve	DXClgCoilTotalClgCapFuncTemperature
<input checked="" type="checkbox"/> Total cooling capacity function of flow fraction curve	DXClgCoilTotalClgCapFuncFlowFraction
<input checked="" type="checkbox"/> Energy input ratio (EIR) function of temperature curve	DXClgCoilEnergyInputRatioFuncTemperature
<input checked="" type="checkbox"/> Energy input ratio (EIR) function of flow fraction curve	DXClgCoilEnergyInputRatioFuncFlowFraction
<input checked="" type="checkbox"/> Part load fraction correlation curve	DXCoilPartLoadFractionCorrelation
Condenser	
Condenser type	1-Air cooled
Latent Capacity Degradation	
Crankcase Heater	

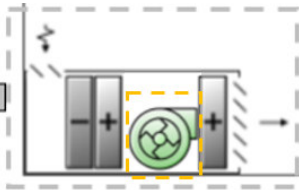
C.2



DX Heating Coil Target	
General	
Title	P4:NE PTHP DX Heating Coil
Rated total heating capacity (W)	Autosize
Gross rated COP	3.4000
Rated air flow (m3/s)	Autosize
Rated evaporator fan power per volume flow rate (W/...	773.300
Defrost	
Defrost strategy	1-Reverse-cycle
Defrost control	1-Timed
Defrost time period fraction	0.058333
Maximum outdoor dry bulb temperature for defrost op...	5.0
Performance Curves	
<input checked="" type="checkbox"/> Total heating capacity function of temperature curve	DXHtgCoilTotalHtgCapFuncTemperat
<input checked="" type="checkbox"/> Total heating capacity function of flow fraction curve	DXHtgCoilTotalHtgCapFuncFlowFracti
<input checked="" type="checkbox"/> Energy input ratio (EIR) function of temperature curve	DXHtgCoilEnergyInputRatioFuncTemp
<input checked="" type="checkbox"/> Energy input ratio (EIR) function of flow fraction curve	DXHtgCoilEnergyInputRatioFuncFlowF
<input checked="" type="checkbox"/> Part load fraction correlation curve	DXCoilPartLoadFractionCorrelation
<input checked="" type="checkbox"/> Defrost energy input ratio (EIR) function of temperat...	DXHtgCoilDefrostEIRFT
Crankcase Heater	
Crankcase heater capacity (W)	0.0
Maximum outdoor dry bulb temperature for crankcase...	10.0
Operation	
Availability schedule	escritorios_perfil

C.3

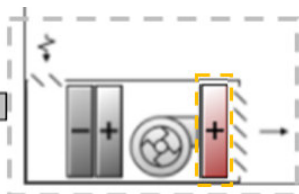
C



Fan Target	
General	
Name	P4:NE PTHP Suppl
Type	3-On/Off
Fan total efficiency	0.70000
Pressure rise (Pa)	100.0
End-use subcategory	General
Flow Rates	
Maximum flow rate (m3/s)	Autosize
Motor	
Motor efficiency	0.90000
Motor in airstream fraction	1.000
<input checked="" type="checkbox"/> Fan power ratio function...	DefaultFanPowerR
<input checked="" type="checkbox"/> Fan efficiency ratio func...	DefaultFanEffRatio
Operation	
<input checked="" type="checkbox"/> Availability schedule	escritorios_perfil

C.4

C



Heating Coil Target	
General	
Name	P4:NE PTHP Heating Coil
Type	2-Electric
Efficiency	1.000
Nominal capacity (W)	Autosize
Operation	
<input checked="" type="checkbox"/> Availability schedule	Off 24/7

D

Grelha de retorno

Não existe informação para consulta ou alteração