

SISTEMATIZAÇÃO DOS PROGRAMAS DE TÉRMICA E HIGROTÉRMICA COM APLICAÇÃO NA PRÁTICA DA ENGENHARIA CIVIL

JOÃO PAULO ANDRADE DE FREITAS

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Doutor Vasco Manuel Araújo Peixoto de Freitas

JANEIRO DE 2016

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2015/2016

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição de que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2015/2016 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2016*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

À minha Família

"If the facts don't fit the theory, change the facts."

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Vasco Peixoto de Freitas, pela orientação, sabedoria e disponibilidade em se reunir comigo, sempre que o solicitei, e sem o seu contributo não seria possível a realização desta dissertação.

À minha família e amigos que me ajudaram durante este trabalho.

RESUMO

Os avanços do conhecimento científico que se verificam em todas as áreas do conhecimento, nomeadamente na Engenharia Civil, conduziram á utilização de programas de simulação Térmica e Higrotérmica.

A dissertação desenvolvida pretende analisar muitos dos programas de cálculo referentes à Térmica e à Higrotérmica, frequentemente utilizados na prática da Engenharia Civil. Para além da descrição dos programas, da caracterização dos dados de entrada, dos resultados e das suas potencialidades e limitações, estruturou-se um catálogo com essa informação, tendo em vista facilitar a atividade profissional.

Esta dissertação tem como objetivos principais: caracterizar parte dos programas disponíveis neste domínio, desenvolvimento de um catálogo e avaliação do desempenho Térmico e Higrotérmico de um edifício com base no catálogo desenvolvido.

ABSTRACT

The advances of scientific knowledge that verifies in every areas of knowledge namely on civil engineering which demands the use of thermal and hygrothermal simulation programs.

The dissertation developed intends many of the calculation programs related to thermal and hygrothermal frequently used in practice of civil engineering. Beyond the description of programs from the input data, results and its potential and limits it has structured itself a catalogue with that information which facilitates professional activity.

This thesis has as its main objectives: characterize part of the programs available in this domain, developed from a catalogue and evaluation of thermal and hygrothermal performance of a building based on the developed catalogue.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	III
RESUMO.....	V
ABSTRACT	VII
 1. INTRODUÇÃO	 1
1.1 ENQUADRAMENTO	1
1.2 OBJETIVO E ESTRATÉGIA	2
1.3 ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA DO TEXTO.....	2
 2. PROGRAMAS DE CÁLCULO NO DOMÍNIO DA TÉRMICA E HIGROTÉRMICA	 3
2.1 INTRODUÇÃO.....	3
2.2 ANTHERM	5
2.2.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA	5
2.2.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA	5
2.2.3. PARÂMETROS	5
2.2.4. RESULTADOS OBTIDOS	5
2.2.5. POTENCIALIDADES	5
2.2.6. LIMITAÇÕES.....	5
2.3 AUTODESK GREEN BUILDING STUDIO	6
2.3.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA	6
2.3.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA	6
2.3.3. PARÂMETROS	6
2.3.4. RESULTADOS OBTIDOS	6
2.3.5. POTENCIALIDADES	6
2.3.6. LIMITAÇÕES.....	6
2.4 BISCO	7
2.4.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA	7
2.4.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA	7
2.4.3. PARÂMETROS	7

2.4.4. RESULTADOS OBTIDOS	7
2.4.5. POTENCIALIDADES	7
2.4.6. LIMITAÇÕES.....	7
2.5 BISTRA	8
2.5.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA	8
2.5.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA	8
2.5.3. PARÂMETROS	8
2.5.4. RESULTADOS OBTIDOS	8
2.5.5. POTENCIALIDADES	8
2.5.6. LIMITAÇÕES.....	8
2.6 BSIM.....	9
2.6.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA	9
2.6.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA	9
2.6.3. PARÂMETROS	9
2.6.4. RESULTADOS OBTIDOS	9
2.6.5. POTENCIALIDADES	9
2.6.6. LIMITAÇÕES.....	9
2.7 CAPSOL.....	10
2.7.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA	10
2.7.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA	10
2.7.3. PARÂMETROS	10
2.7.4. RESULTADOS OBTIDOS	10
2.7.5. POTENCIALIDADES	10
2.7.6. LIMITAÇÕES.....	10
2.8 CONDESA2000.....	11
2.8.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA	11
2.8.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA	11
2.8.3. PARÂMETROS	11
2.8.4. RESULTADOS OBTIDOS	11
2.8.5. POTENCIALIDADES	11
2.8.6. LIMITAÇÕES.....	11
2.9 CONTAM	12
2.9.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA	12
2.9.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA	12

2.9.3. PARÂMETROS	12
2.9.4. RESULTADOS OBTIDOS	12
2.10 CTCA – CONFORTO TÉRMICO, CÁLCULO E ANÁLISE.....	13
2.10.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA	13
2.10.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA	13
2.10.3. PARÂMETROS	13
2.10.4. RESULTADOS OBTIDOS	13
2.10.5. POTENCIALIDADES	13
2.10.6. LIMITAÇÕES.....	13
2.11 CYPETERM	14
2.11.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA	14
2.11.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA	14
2.11.3. PARÂMETROS	14
2.11.4. RESULTADOS OBTIDOS	14
2.11.5. POTENCIALIDADES	14
2.12 ENERGYPLUS	15
2.12.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA.....	15
2.12.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA	15
2.12.3. PARÂMETROS	15
2.12.4. RESULTADOS OBTIDOS	15
2.12.5. POTENCIALIDADES	15
2.13 FRAME SIMULATOR	16
2.13.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA	16
2.13.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA	16
2.13.3. PARÂMETROS	16
2.13.4. RESULTADOS OBTIDOS	16
2.13.5. POTENCIALIDADES	16
2.13.6. LIMITAÇÕES.....	16
2.14 FRAMEPLUS ONLINE.....	17
2.14.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA	17
2.14.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA	17
2.14.3. PARÂMETROS	17
2.14.4. RESULTADOS OBTIDOS	17
2.14.5. POTENCIALIDADES	17

2.14.6. LIMITAÇÕES	17
2.15 PARASOL	18
2.15.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA	18
2.15.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA	18
2.15.3. PARÂMETROS	18
2.15.4. RESULTADOS OBTIDOS	18
2.15.5. POTENCIALIDADES	18
2.15.6. LIMITAÇÕES	18
2.16 RESFEN	19
2.16.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA	19
2.16.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA	19
2.16.3. PARÂMETROS	19
2.16.4. RESULTADOS OBTIDOS	19
2.16.5. POTENCIALIDADES	19
2.16.6. LIMITAÇÕES	19
2.17 SOLIDO	20
2.17.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA	20
2.17.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA	20
2.17.3. PARÂMETROS	20
2.17.4. RESULTADOS OBTIDOS	20
2.17.5. POTENCIALIDADES	20
2.17.6. LIMITAÇÕES	20
2.18 SOLTERM5	21
2.18.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA	21
2.18.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA	21
2.18.3. PARÂMETROS	21
2.18.4. RESULTADOS OBTIDOS	21
2.18.5. POTENCIALIDADES	21
2.19 SUNDI	22
2.19.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA	22
2.19.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA	22
2.19.3. PARÂMETROS	22
2.19.4. RESULTADOS OBTIDOS	22
2.19.5. POTENCIALIDADES	22

2.19.6. LIMITAÇÕES	22
2.20 THERM	23
2.20.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA	23
2.20.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA	23
2.20.3. PARÂMETROS	23
2.20.4. RESULTADOS OBTIDOS	23
2.20.5. POTENCIALIDADES	23
2.20.6. LIMITAÇÕES	23
2.21 TRISCO	24
2.21.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA	24
2.21.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA	24
2.21.3. PARÂMETROS	24
2.21.4. RESULTADOS OBTIDOS	24
2.21.5. POTENCIALIDADES	24
2.22 UNORM	25
2.22.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA	25
2.22.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA	25
2.22.3. PARÂMETROS	25
2.22.4. RESULTADOS OBTIDOS	25
2.22.5. LIMITAÇÕES	25
2.23 VOLTRA	26
2.23.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA	26
2.23.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA	26
2.23.3. PARÂMETROS	26
2.23.4. RESULTADOS OBTIDOS	26
2.23.5. POTENCIALIDADES	26
2.24 WINDOWS	27
2.24.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA	27
2.24.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA	27
2.24.3. PARÂMETROS	27
2.24.4. RESULTADOS OBTIDOS	27
2.24.5. LIMITAÇÕES	27
2.25 WIS	28
2.25.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA	28

2.25.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA	28
2.25.3. PARÂMETROS	28
2.25.4. RESULTADOS OBTIDOS	28
2.25.5. POTENCIALIDADES	28
2.25.6. LIMITAÇÕES	28
2.26 WUFI® PRO 5.0.....	29
2.26.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA	29
2.26.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA	29
2.26.3. PARÂMETROS INTRODUTÓRIOS	29
2.26.4. RESULTADOS OBTIDOS	29
2.26.5. POTENCIALIDADES	29
2.27 ANÁLISE CRÍTICA	30
 3. ESTRUTURAÇÃO DO CATÁLOGO DE PROGRAMAS DE CÁLCULO	 31
3.1 NOTA INTRODUTÓRIA.....	31
3.2 ESTRUTURAÇÃO DO CATÁLOGO	31
3.3 DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO DISPONÍVEL NO CATÁLOGO	32
3.3.1. INFORMAÇÕES GERAIS	32
3.3.2. OBJETO DE ANÁLISE E ÂMBITO	32
3.3.3. APLICABILIDADE E CARACTERÍSTICAS.....	33
3.3.4. COMPLEXIDADE, NÍVEL DE DIFICULDADE E IMPORTÂNCIA	34
3.3.4. DADOS DE ENTRADA E DADOS DE SAÍDA	34
3.3.5. OBSERVAÇÕES	34
3.4 ESTRUTURA COMPLETA DE UMA FICHA DO CATÁLOGO	35
3.5 PREENCHIMENTO DAS FICHAS DE CATÁLOGO.....	36
3.6 ANÁLISE CRÍTICA	37
 4. PROCEDIMENTO DE CONSULTA DO CATÁLOGO	 39
4.1 INTRODUÇÃO.....	39

4.2 SELEÇÃO DE PARÂMETROS E DADOS DE DESEMPENHO RELEVANTES PARA ANÁLISE DO COMPORTAMENTOS TÉRMICO E HIGROTÉRMICO	40
4.3 MATRIZ DE APLICAÇÃO PRÁTICA	42
4.4 ANÁLISE CRÍTICA	43
5. APLICAÇÃO DO CATÁLOGO	45
5.1 NOTA INTRODUTÓRIA.....	45
5.2 DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO EM ANÁLISE E DAS VARIÁVEIS TÉRMICAS E HIGROTÉRMICAS	45
5.3 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO.....	46
5.3.1. PAREDES EXTERIORES	47
5.3.2. PAREDES INTERIORES	48
5.3.3. PAVIMENTOS TÉRREOS	49
5.3.4. COBERTURAS	50
5.3.5. VÃO EXTERIOR.....	51
5.3.6. EDIFÍCIO NO SEU CONJUNTO	52
5.4 ANÁLISE CRÍTICA	53
6. CONCLUSÕES	55
6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	555
6.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS.....	566
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	577
ANEXO 1.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1 – Interpretação gráfica da temperatura.....	5
Fig.2 – Diferenças de temperatura da superfície exterior de um edifício	5
Fig.3 – Demonstra a introdução da localização de um Edifício	6
Fig.4 – Interface do programa de cálculo AutoDesk Green Building Studio	6
Fig.5 – Desenho de uma janela de vidro duplo.....	7
Fig.6 – Gráfico de variação de temperatura da janela de vidro duplo	7
Fig.7 – Pormenor de uma caixilharia	8
Fig.8 – Gráfico de variação de temperatura da Caixilharia.....	8
Fig.9 – Introdução de um edifício	9
Fig.10 – Gráfico do decorrer de uma simulação	9
Fig.11 – Gráfico da variação da temperatura com o tempo.....	10
Fig.12 – Identificação esquemática do nível de temperatura das diferentes áreas do edifício	10
Fig.13 – Interface do programa Condensa2000	11
Fig.14 – Resultados obtidos para elaboração de gráficos e posterior análise	11
Fig.15 – Interface do programa CONTAM	12
Fig.16 – Interface do programa CTCA	13
Fig.17 – Exemplo da introdução de dados no CYPETERM	14
Fig.18 – Exemplo de resultados obtidos do desempenho energético	14
Fig.19 – Interface do EnergyPlus e exemplo de introdução das características do edifício.....	15
Fig.20 – Demonstração de um dos resultados simulados	15
Fig.21 – Caixilharia antes da simulação	16
Fig.22 – Caixilharia depois da simulação representando a sua variação de temperatura	16
Fig.23 – Informações necessárias a introduzir para proceder a simulação	17
Fig.24 – Ilustra os resultados obtidos da simulação	17
Fig.25 – Interface do programa de cálculo ParaSol.....	18
Fig.26 – Exemplo de um balanço térmico.....	18
Fig.27 – Interface do programa de cálculo RESFEN	19
Fig.28 – Resultados após a simulação do programa de cálculo	19
Fig.29 – Desenho do elemento antes da simulação	20
Fig.30 – Desenho do elemento depois da simulação e demonstra-se a diferença de temperatura ao longo da peça.....	20
Fig.31 – Interface do programa de cálculo SolTerm5.....	21

Fig.32 – Interface do programa de cálculo SUNDI	22
Fig.33 – Exemplo de uma simulação do sombreamento do SUNDI.....	22
Fig.34 – Exemplo de uma caixilharia antes da simulação	23
Fig.35 – Caixilharia após simulação, demonstrando as variações de temperatura	23
Fig.36 – Ponte térmica entre o vão exterior e o pavimento elevado antes da simulação	24
Fig.37 – Ponte térmica entre o vão exterior e o pavimento elevado após a simulação, evidenciando as variações de temperatura.....	24
Fig.38 – Interface do programa de cálculo UNorm	25
Fig.39 – Interface do programa de cálculo VOLTRA, demonstração do estudo de 4 tipos de fachada exterior.....	26
Fig.40 – Simulação das transferências de calor de um pavimento térreo.....	26
Fig.41 – Interface dos dados introduzidos no programa de cálculo WINDOWS	27
Fig.42 – Quadro de resultados da simulação de uma caixilharia e dos envidraçados.....	27
Fig.43 – Interface do programa de cálculo WIS.....	28
Fig.44 – Exemplo da introdução de um tipo de proteção solar para posterior simulação	28
Fig.45 – Interface do programa de calculo Wufi® PRO 5.0 e o exemplo da introdução do elemento construtivo	29
Fig.46 – Gráfico da variação do teor de humidade com o tempo.....	29
Fig.47 – Campo correspondente às Informações Gerais	32
Fig.48 – Campo correspondente ao Objeto de Análise e Âmbito.....	33
Fig.49 – Campo correspondente às Aplicabilidade e Características	33
Fig.50 – Campo correspondente às Complexidade, Nível de dificuldade e Importância	34
Fig.51 – Ficha de Catálogo modelo	35
Fig.52 – Exemplo da Ficha de Catálogo preenchida	36
Fig.53 – Exemplo de um edifício em estudo	44
Fig.54 – Parede Exterior	45
Fig.55 – Parede Interior.....	46
Fig.56 – Pavimento Elevado	47
Fig.57 – Pavimento Térreo.....	48
Fig.58 – Cobertura	49
Fig.59 – Vão Exterior.....	50
Fig.60 – Divisão/Conjunto de divisões	51

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Programas de Térmica e Higrotérmica analisados	4
Tabela 2 – Parâmetros e dados de desempenho relevantes para a análise Térmica e Higrotérmica..	39
Tabela 3 – Matriz de consulta dos programas de cálculo	41
Tabela 4 – Matriz de consulta dos programas de cálculo para análise de paredes exteriores	45
Tabela 5 – Matriz de consulta dos programas de cálculo para análise de paredes interiores	46
Tabela 6 – Matriz de consulta dos programas de cálculo para análise de pavimento elevado.....	47
Tabela 7 – Matriz de consulta dos programas de cálculo para análise de pavimento térreo	48
Tabela 8 – Matriz de consulta dos programas de cálculo para análise de cobertura.....	49
Tabela 9 – Matriz de consulta dos programas de cálculo para análise de vão exterior	50
Tabela 10 – Matriz de consulta dos programas de cálculo para análise da divisão/conjunto de divisões.....	51
Tabela 11 – Quadro Síntese	52

1

INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

A Engenharia Civil está em constante evolução e cada vez mais somos confrontados com significativos avanços tecnológicos, implicando novas exigências, tendo em vista a satisfação das solicitações do mercado.

Deste modo, somos colocados perante novos desafios e, por isso, necessitamos de ferramentas/programas de cálculo, de complexidade crescente, para avaliar o desempenho dos diversos projetos de edifícios que surgem durante o desenvolvimento da atividade profissional.

Mais concretamente, os edifícios estão cada vez mais sujeitos a rigorosas exigências não só do ponto de vista térmico, mas também higrotérmico, visando melhorar o nível de conforto em combinação com a redução do consumo energético [1].

Na atualidade, a Engenharia Civil depara-se com variados tipos de problemas:

- Exigências regulamentares necessárias para que o edifício em causa tenha um desempenho padrão, por exemplo, o regulamento do desempenho energético dos edifícios de habitação (REH) [4];
- Ao nível do projeto, é importante antever o funcionamento térmico e higrotérmico dos elementos e da construção no seu conjunto;
- Análise das patologias que surgem num componente ou edifício, sendo necessário fundamentar as causas e propor a respetiva solução [1];
- Avaliação do desempenho das novas tecnologias.

Nos últimos anos, foram desenvolvidos inúmeros programas no domínio da Térmica e Higrotérmica que procuraram avaliar e solucionar estes problemas. No entanto, nem sempre os projetistas e os diretores de obra conhecem as suas potencialidades e os aplicam [3].

Este trabalho visa avaliar parte dos programas à disposição da engenharia civil, organizando-os de forma simplificada para que a sua consulta seja facilitada.

Existem diversificados estudos sobre o funcionamento de alguns destes programas, constatando-se a necessidade de os agrupar segundo critérios relevantes para a análise dos estudos térmicos e higrotérmicos.

1.2. OBJETIVO E ESTRATÉGIA

O presente estudo pretende organizar, de forma o mais simples possível, os programas disponíveis em forma de catálogo com o objetivo de facilitar a consulta e avaliar as potencialidades e limitações dos diversos problemas na área da térmica e higrotérmica com utilidade na prática da Engenharia Civil.

Os objetivos principais da dissertação desenvolvida são:

- 1) Caracterização simplificada de todos os programas estudados [3];
- 2) Desenvolvimento de uma ficha de catálogo para organizar objetivamente todos os programas analisados;
- 3) Avaliação do desempenho Térmico e Higrotérmico de alguns componentes de um edifício.

1.3. ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA DO TEXTO

Este trabalho está dividido em 5 capítulos:

Capítulo 1) Enquadramento do trabalho desenvolvido, descrevendo os objetivos e a estratégia utilizada para os alcançar, bem como a metodologia e estruturação utilizada;

Capítulo 2) Caracterização de todos os programas analisados através de uma breve descrição do funcionamento de cada programa, pretendendo-se clarificar as suas potencialidades e limitações [2];

Capítulo 3) Desenvolvimento da ficha de catálogo dos programas analisados [3];

Capítulo 4) Organização de forma sistemática do catálogo a partir de uma tabela de consulta;

Capítulo 5) Exemplificação da possível aplicabilidade dos programas no desempenho Térmico e Higrotérmico de um edifício [1];

Capítulo 6) Apresentação das considerações finais sobre todo o trabalho desenvolvido.

2

PROGRAMAS DE CÁLCULO NO DOMÍNIO DA TÉRMICA E HIGROTÉRMICA

2.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo, pretende-se observar um conjunto de programas que permitem a análise térmica e higrotérmica e caracterizá-los para que, numa fase posterior, seja possível criar uma ficha de catálogo o mais completa possível.

Cada programa tem que estar bem caracterizado, de forma simplificada, através de uma descrição, explicando resumidamente o seu funcionamento. Atendendo às limitações do tempo reduzido para a elaboração deste trabalho e ao facto de alguns programas não serem de acesso gratuito, limitamos a nossa análise aos programas listados na Tabela 1.

Os itens de análise de cada programa incluíram: os seus parâmetros de entrada; a referência aos parâmetros de saída; a indicação das potencialidades e, por fim, a exposição de algumas limitações. Note-se que cada programa contém uma pequena tabela com o logotipo correspondente ao software e algumas informações como o seu regime, dimensão e condições de acessibilidade.

Nos seguintes subcapítulos vamos descrever os programas de cálculo apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Programas de Térmica e Higrotérmica analisados

PROGRAMAS DE TÉRMICA E HIGROTÉRMICA ANALISADOS				
●AnTherm	●CAPSOL	●Energy plus	●SOLIDO	●Wufi Pro 5.0
●BISTRA	●CONTAM	●UNORM	●SolTerm5	●Frame Simulator
●BISCO	●Condensa2000	●ParaSol	●SUNDI	●Autodesk Green Building Studio
●THERM	●WIS	●WINDOWS	●VOLTRA	●CTCA – Conforto Térmico, Calculo e Analise
●BSIM	●CYPETERM	●RESFREN	●TRISCO	●FRAMEPLUS ONLINE

A análise de cada programa passa pela descrição dos seguintes campos:

- Descrição do Programa
- Funcionamento do Programa
- Parâmetros
- Resultados Obtidos
- Potencialidades
- Limitações

2.2. ANTHERM

Regime:	☒ Variável	☐ Permanente	AnTherm
Dimensão:	☐ 1D	☒ 3D	
	☒ 2D	☐ W	
Condições de acessibilidade:			☒ Licença comercial ☐ Gratuito

2.2.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

Programa desenvolvido por Kornicki Dienstleistung para a análise do comportamento térmico dos edifícios. Funciona em regime dinâmico, configuração bidimensional e tridimensional. A sua obtenção passa por uma aquisição comercial, mas pode ser obtido temporariamente gratuito.

2.2.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA

O AnTherm permite o estudo e cálculo das distribuições de temperaturas, fluxos de calor. Deste modo é necessária a introdução dos parâmetros do componente que se pretende estudar e, após a simulação do programa, podemos analisar de forma concreta os resultados obtidos.

2.2.3. PARÂMETROS

- Geometria do componente
- Propriedades térmicas
- Definir condições fronteiras

2.2.4. RESULTADOS OBTIDOS

- Coeficiente de Transmissão Térmica
- Perfil de Temperaturas
- Cálculo do ponto de orvalho nas superfícies dos componentes
- Fluxo de calor

2.2.5. POTENCIALIDADES

- Possível análise de pontes térmicas
- Com os resultados obtidos podemos analisar as condensações superficiais interiores.

2.2.6. LIMITAÇÕES

- Apesar do software ser tridimensional não consegue avaliar as transferências de calor de um edifício como um todo.

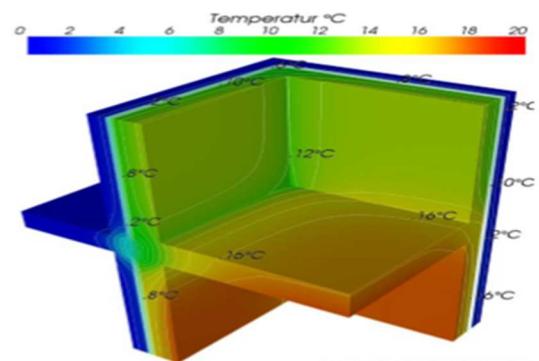


Fig 1: Interpretação gráfica da temperatura

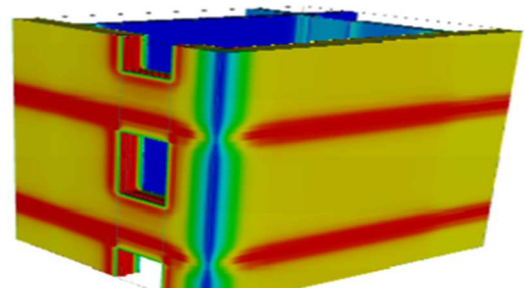


Fig 2: Diferenças de temperatura da superfície exterior de um edifício

2.3. AUTODESK GREEN BUILDING STUDIO

Regime:	☒ Variável	☐ Permanente	
Dimensão:	☐ 1D	☐ 3D	
	☐ 2D	☒ W	
Condições de acessibilidade:		☒ Licença comercial	☐ Gratuito

2.3.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

Programa desenvolvido pela Autodesk. O Green Studio permite efetuar uma análise global dos edifícios, otimizando o consumo de energia, trabalhando para a obtenção de edifícios mais sustentáveis. Simula em regime variável e, quanto à sua obtenção, é necessária uma licença comercial.

2.3.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA

Quanto ao seu funcionamento, trata-se de um programa que analisa termicamente um componente através de apenas um ficheiro com a geometria do edifício. Após a posterior introdução de dados, podemos analisar os resultados.

2.3.3. PARÂMETROS

- Desenho do edifício no formato indicado
- Tipo de construção e localização

2.3.4. RESULTADOS OBTIDOS

- Análise da energia de todo o edifício
- Relatórios das emissões de carbono
- Nível potencial para energias renováveis

2.3.5. POTENCIALIDADES

- Compatibilidade com o Building Information Model (BIM).

2.3.6. LIMITAÇÕES

- Compatibilidade apenas com alguns formatos para obtenção da sua geometria.

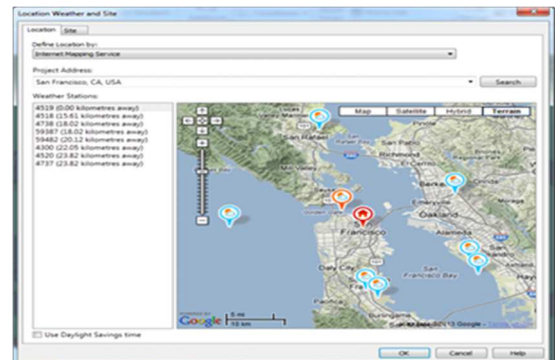


Fig 3: Demonstra a introdução da localização de um Edifício

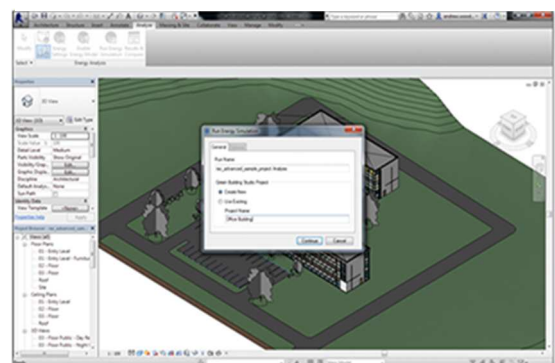


Fig 4: Interface do programa de cálculo AutoDesk Green Building Studio

2.4. BISCO

Regime:	☐ Variável	☒ Permanente	BISCO
Dimensão:	☐ 1D	☐ 3D	
	☒ 2D	☐ W	
Condições de acessibilidade:		☒ Licença comercial	
		☐ Gratuito	

2.4.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

Pertence ao grupo de programas da Physibel e permite efetuar uma análise de transferências de calor. Funciona em regime permanente e é bidimensional. Programa com custo para a sua utilização, mas podemos gratuitamente aceder a uma versão demo.

2.4.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA

Quanto ao seu funcionamento, trata-se de um programa que analisa termicamente um componente, utilizando apenas um ficheiro com a geometria do elemento proveniente de outro software. Após a introdução de dados, podemos analisar os resultados.

2.4.3. PARÂMETROS

- Desenho do elemento
- Escolha dos materiais
- Definir condições fronteiras

2.4.4. RESULTADOS OBTIDOS

- Perfis de temperatura
- Fluxo de calor
- Temperaturas localizadas

2.4.5. POTENCIALIDADES

- Os resultados obtidos podem ser usados para uma posterior análise de pontes térmicas

2.4.6. LIMITAÇÕES

- Compatibilidade com ficheiros para obtenção da sua geometria

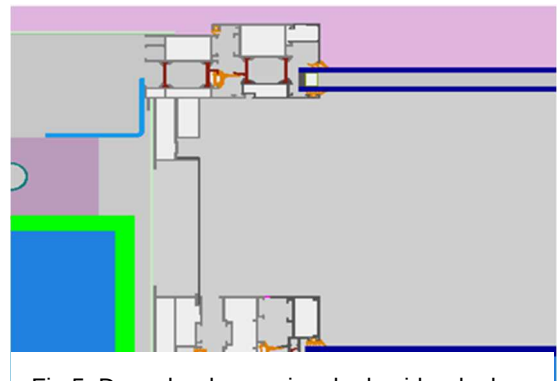


Fig 5: Desenho de uma janela de vidro duplo

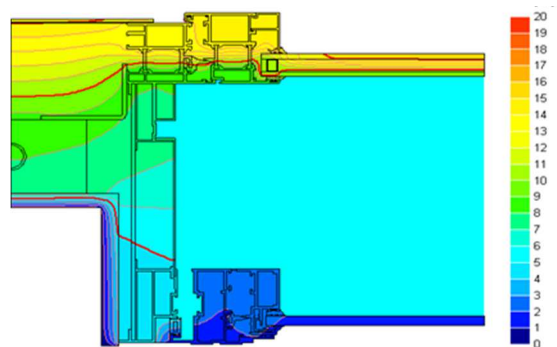


Fig 6: Gráfico de variação de temperatura da janela de vidro duplo

2.5. BISTRA

Regime:	☒ Variável	☐ Permanente	BISTRA
Dimensão:	☐ 1D	☐ 3D	
	☒ 2D	☐ W	
Condições de acessibilidade:	☒ Licença comercial ☐ Gratuito		

2.5.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

Programa pertencente ao grupo Physibel, baseado no método das diferenças das diferenças finitas, utilizado para analisar as transferências de calor provenientes de diferentes pontes térmicas existentes num edifício. Programa bidimensional, funciona em regime variável e tem custo para a sua obtenção.

2.5.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA

Este programa analisa termicamente um componente através de um ficheiro com a geometria do elemento. Após a introdução de dados, podemos analisar os resultados.

2.5.3. PARÂMETROS

- Desenho do elemento
- Escolha dos materiais
- Definir condições fronteiras

2.5.4. RESULTADOS OBTIDOS

- Perfis de temperatura
- Fluxo de calor
- Temperaturas localizadas
- Pontes térmicas

2.5.5. POTENCIALIDADES

- Compatível com alguns programas pertencentes ao grupo Physibel como por exemplo VOLTRA e BISCO

2.5.6. LIMITAÇÕES

- Compatibilidade com ficheiros para obtenção da sua geometria

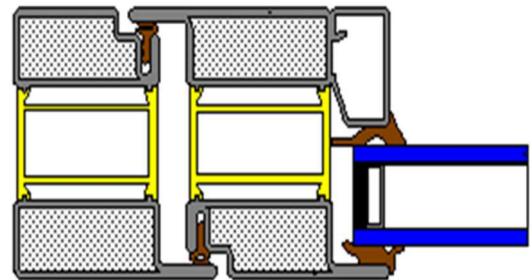


Fig 7: Pormenor de uma caixilharia

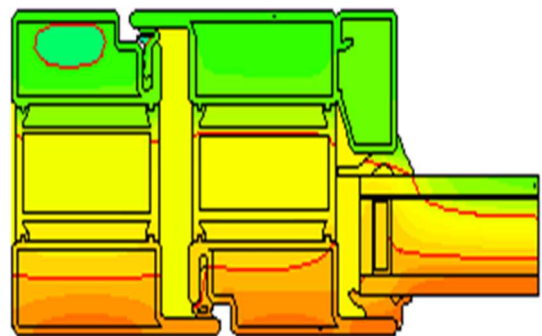


Fig 8: Gráfico de variação de temperatura da Caixilharia

2.6. BSIM

Regime:	☒ Variável	☐ Permanente	
Dimensão:	☐ 1D	☐ 3D	
	☐ 2D	☒ W	
Condições de acessibilidade:			☒ Licença comercial ☐ Gratuito

2.6.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

Programa desenvolvido por Danish B. Research Institute. É constituído por um pacote de programas que permite analisar diferentes componentes, dependendo do objetivo. BSim é composto por: SimView - Graphic user interface, Tsbi5- Indoor climate, thermal and moisture conditions, Xsun - Sunlight and shadows, SimLight- Daylight calculations, Be06- Danish Building regulations compliance checker, SimDXF- Importing CAD drawings, SimDB- Database with constructions and materials. Este programa funciona num regime dinâmico, disponível numa versão 'demo' válida para 30 dias, após esta data, a sua aquisição é comercial.

2.6.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA

Para a sua utilização, é necessária a introdução da geometria do edifício, de seguida caracterizá-lo e localizar em que condições ambientais se encontra. Após estas introduções, procedemos à sua simulação para a obtenção de resultados finais.

2.6.3. PARÂMETROS

- Geometria do edifício, características dos materiais
- Tipo de ventilação
- Cargas internas (pessoas, iluminação e equipamentos)

2.6.4. RESULTADOS OBTIDOS

- Flutuação de temperatura/humidade
- Análise de ganhos solares e da iluminação natural
- Estratégias de ventilação

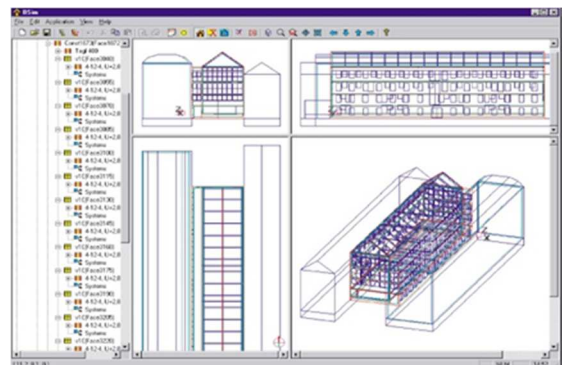


Fig 9: Introdução de um edifício

2.6.5. POTENCIALIDADES

- Utilização dos resultados obtidos para prever quando o edifício deve ser aquecido

2.6.6. LIMITAÇÕES

- Apenas avalia o edifício no geral e não por componente

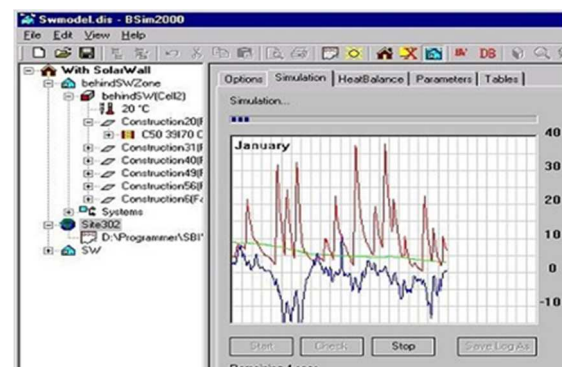


Fig 10: Gráfico do decorrer de uma simulação

2.7. CAPSOL

Regime:	☒ Variável	☐ Permanente	CAPSOL
Dimensão:	☐ 1D	☐ 3D	
	☐ 2D	☒ W	
Condições de acessibilidade:		☒ Licença comercial	
		☐ Gratuito	

2.7.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

Programa pertencente ao grupo Physibel, permite simular as transferências de calor entre diferentes zonas. Avalia o edifício como um todo e funciona em regime variável. O seu uso está associado a um custo monetário.

2.7.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA

Quanto ao seu funcionamento, este programa tem como objetivo analisar e otimizar os gastos de energia para aquecimento e arrefecimento. Para tal, é necessária a introdução rigorosa de dados, tendo em vista a simulação do caso de estudo. Posteriormente, analisamos os resultados da simulação.

2.7.3. PARÂMETROS

- Desenho do elemento
- Escolha dos materiais
- Localização geográfica e orientação do edifício
- Ganhos de calor de fontes de calor internas
- Requisitos de conforto

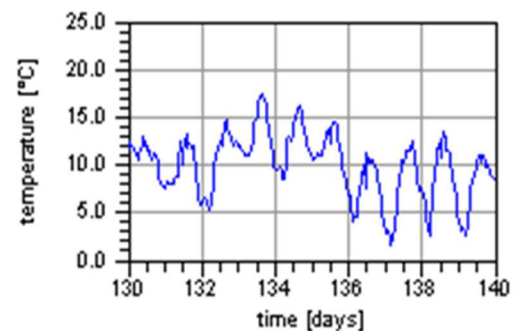


Fig 11: Gráfico da variação da temperatura com o tempo

2.7.4. RESULTADOS OBTIDOS

- Flutuações de Temperatura e gráficos de temperatura
- Análise energética (energia necessária para o aquecimento e arrefecimento do ambiente)
- Otimização dos gastos energéticos

2.7.5. POTENCIALIDADES

- Compatibilidade com o programa VOLTRA
- Capacidade de analisar as flutuações de temperatura por compartimento

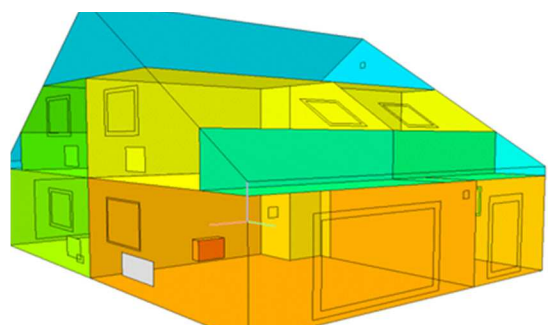


Fig 12: Identificação esquemática do nível de temperatura das diferentes áreas do edifício

2.7.6. LIMITAÇÕES

- Rigor da simulação tendo em conta a definição do desenho tridimensional do edifício

2.8. CONDENSA2000

Regime:	☐ Variável	☒ Permanente	CONDENSA - 2000
Dimensão:	☒ 1D	☐ 3D	
	☐ 2D	☐ W	
Condições de acessibilidade:			☐ Licença comercial ☒ Gratuito

2.8.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

O programa desenvolvido em Microsoft Excel 97 pelo Professor Doutor Vasco Freitas, Eng.º Armandino Sousa Silva e Eng.º Gabriel Silva, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. É um programa que simula em regime permanente, é unidimensional e gratuito.

2.8.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA

O CONDENSA2000 foi programado com base no Método de Glaser, permitindo quantificar condensações internas que ocorrem em cada camada de um elemento construtivo quando conhecidas as condições climáticas das ambiências exterior e interior.

2.8.3. PARÂMETROS

- Período de tempo analisado, número de intervalos de tempo;
- Número de camadas que constitui o componente;
- Resistência térmica superficial interior/exterior e espessura da camada de ar interior/exterior;
- Parâmetro da caracterização da humidade do ar.



Fig 13: Interface do programa Condensa2000

2.8.4. RESULTADOS OBTIDOS

- Fluxo de vapor de água que entra/sai do elemento construtivo;
- Quantidade do vapor de água condensado no interior do elemento;
- Percentagem de vapor de água condensado ao longo dos períodos de tempo;
- Pressões de saturação e pressões instaladas;

Intervalo n.º	1,00			
Tint [°C]	20,00			
Text [°C]	-1,00			
Higrometria [g/m³]	5,00			
HRext [%]	80,00			
Temperaturas	Som. R. Difusão	Pressões de Saturação	Pressões Instaladas	
0,68	0,00	4,81	3,85	
0,71	0,19	4,83	3,85	
0,77	0,57	4,85	3,86	
0,84	0,95	4,87	3,86	
0,90	1,33	4,89	3,87	
0,97	1,70	4,92	3,87	
1,03	2,08	4,94	3,88	
1,10	2,46	4,96	3,88	
1,16	2,84	4,99	3,88	
1,23	3,22	5,01	3,89	
1,29	3,60	5,03	3,89	
1,95	23,79	5,28	4,13	
3,21	63,79	5,77	4,59	

Fig 14: Resultados obtidos para elaboração de gráficos e posterior análise

2.8.5. POTENCIALIDADES

- Permite a posterior análise da existência de condensações no elemento construtivo.

2.8.6. LIMITAÇÕES

- Apenas avalia um elemento individualmente.

2.9. CONTAM

Regime:	☐ Variável	☒ Permanente	
Dimensão:	☒ 1D	☐ 3D	
	☐ 2D	☐ W	
Condições de acessibilidade:			☐ Licença comercial ☒ Gratuito

2.9.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

Programa desenvolvido pela NIST, analisa a qualidade do ar interior. Programa que simula em regime permanente, unidimensional e encontra-se livre de qualquer custo.

2.9.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA

Através da introdução dos dados, este programa faz uma análise térmica conseguindo simular os fluxos de ar, assim como as concentrações de possíveis contaminantes existentes no ar. Também nos fornece as variações de temperatura provenientes de cada zona útil e, por outro lado, também nos dá a taxa de renovação de ar.

2.9.3. PARÂMETROS

- Geometria em planta do edifício
- Tipo de materiais utilizados
- Condições fronteiras

2.9.4. RESULTADOS OBTIDOS

- Taxa de renovação do ar
- Variação de temperaturas interiores

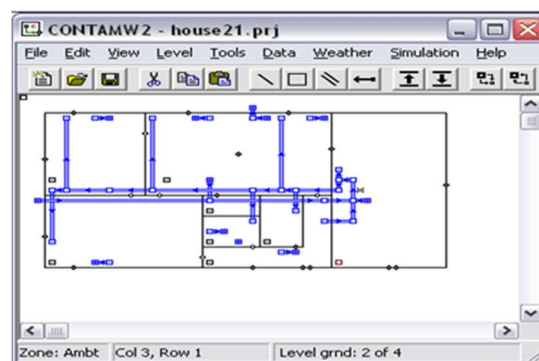


Fig 15: Interface do programa CONTAM

2.10. CTCA – CONFORTO TÉRMICO, CÁLCULO E ANÁLISE

Regime: ☒ Variável ☐ Permanente Dimensão: ☐ 1D ☐ 3D ☒ 2D ☐ W	CTCA
Condições de acessibilidade: ☐ Licença comercial ☒ Gratuito	

2.10.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

Programa, de origem brasileira, tem a capacidade de fazer um diagnóstico climático, cálculo do desempenho térmico de edificações e tem um banco de dados com a capacidade de armazenar informações novas. Programa que funciona em regime variável e bidimensionalmente. A sua obtenção não tem qualquer custo.

2.10.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA

O CTCA é de fácil utilização e para o seu funcionamento é necessário introduzir dados sobre o clima em que o componente do edifício em estudo se situa, caso não se encontre na base de dados existentes. Também é necessário definir outros parâmetros para posterior análise dos resultados.

2.10.3. PARÂMETROS

- Dados climáticos e localização
- Definição do compartimento e características do componente (material e espessura)
- Atividade exercida no espaço e por quantas pessoas.

2.10.4. RESULTADOS OBTIDOS

- Coeficiente de Transmissão Térmica
- Perfis de temperatura
- Fator solar

2.10.5. POTENCIALIDADES

- Capacidade de acrescentar informações à base de dados

2.10.6. LIMITAÇÕES

- Base de dados standard apenas para o território brasileiro

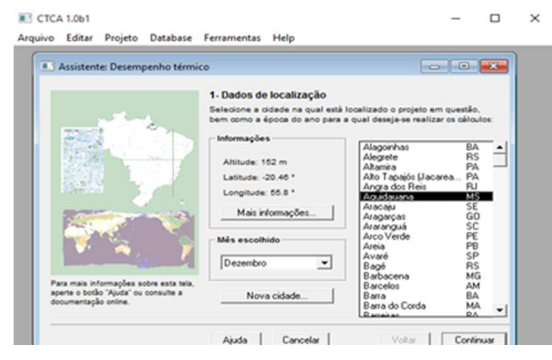


Fig 16: Interface do programa CTCA

2.11. CYPETERM

Regime:	☐ Variável	☒ Permanente	
Dimensão:	☐ 1D ☐ 2D	☐ 3D ☒ W	
Condições de acessibilidade:			☒ Licença comercial ☐ Gratuito

2.11.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

Programa desenvolvido com o objetivo de auxiliar os técnicos em termos energéticos dos edifícios de habitação, tendo em conta o REH (Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação). Funciona em regime permanente, avalia o edifício no seu conjunto e encontra-se disponível através de uma licença comercial.

2.11.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA

Quanto ao seu funcionamento este programa permite-nos analisar a climatização, o projeto solar térmico e verifica o comportamento térmico do edifício. Para tal, é necessária a introdução de diferentes parâmetros para de seguida obtermos os resultados da análise pretendida.

2.11.3. PARÂMETROS

- Arquitetura, Orientação, Localização, Altitude e ajuste dos dados climatéricos
- Escolha dos elementos e suas características (consultadas a partir do ITE50)
- Sistemas de aquecimento, arrefecimento, águas quentes sanitárias e ventilação

2.11.4. RESULTADOS OBTIDOS

- Fornece listagens de elementos e materiais e suas características
- Desempenho energético (necessidades energéticas, emissões de CO₂)
- Pontes térmicas, inércia térmica, fator solar, sombreamento
- Coeficiente de transmissão térmica dos elementos

2.11.5. POTENCIALIDADES

- Programa de cálculo com grande abrangência na análise Térmica

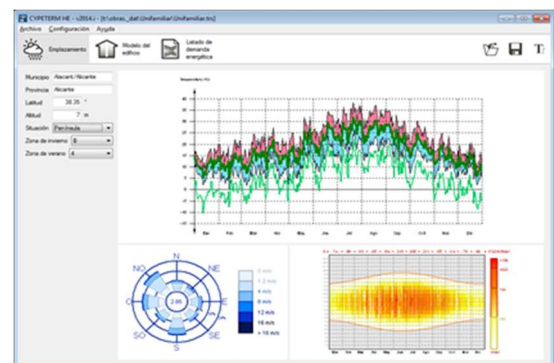


Fig 17: Exemplo da introdução de dados no CYPETERM



Fig 18: Exemplo de resultados obtidos do desempenho energético

2.12. ENERGYPLUS

Regime:	☒ Variável	☐ Permanente	
Dimensão:	☐ 1D	☐ 3D	
	☐ 2D	☒ W	
Condições de acessibilidade:			☐ Licença comercial ☒ Gratuito

2.12.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

Programa desenvolvido pelo departamento de energia dos EUA, faz simulações de carga térmica e análise energética dos edifícios como um todo. Funciona em regime variável, e quanto à sua obtenção, é completamente gratuita.

2.12.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA

EnergyPlus tem a capacidade de simular a energia necessária para aquecer/arrefecer o edifício. Para a sua utilização é necessário proceder à construção dos elementos que queremos estudar, caracterizando as opções construtivas. Posteriormente, analisa-se as simulações calculadas. Saliente-se que este programa fornece-nos um cálculo que prevê a poluição atmosférica (CO₂).

2.12.3. PARÂMETROS

- Características geométricas do edifício;
- Escolha dos materiais;
- Definir condições climáticas;
- Horários de utilização.

2.12.4. RESULTADOS OBTIDOS

- Consumo energético;
- Emissão de CO₂;
- Balanço Térmico.

2.12.5. POTENCIALIDADES

- Grande compatibilidade para o input da geometria do edifício.

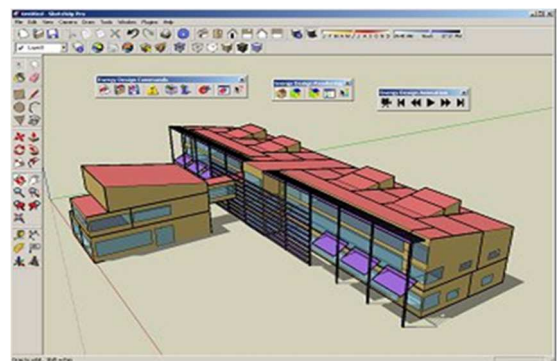


Fig 19: Interface do EnergyPlus e exemplo de introdução das características do edifício

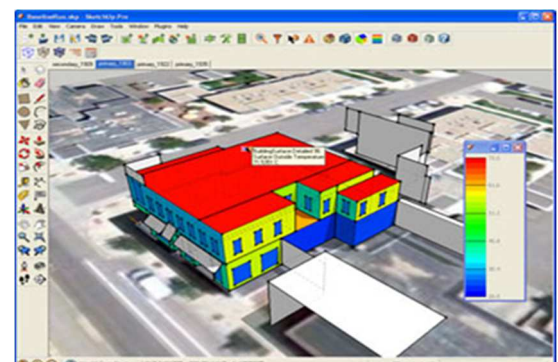


Fig 20: Demonstração de um dos resultados simulados

2.13. FRAME SIMULATOR

Regime:	☐ Variável	☒ Permanente	
Dimensão:	☐ 1D	☐ 3D	
	☒ 2D	☐ W	
Condições de acessibilidade:			☒ Licença comercial
			☐ Gratuito

2.13.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

Programa desenvolvido por Dartwin, visa a análise de envidraçados para o uso da engenharia civil. Frame Simulator tem uma versão ‘demo’ disponível gratuitamente, mas o programa completo tem custo monetário. Funciona em regime permanente e analisa bidimensional os componentes.

2.13.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA

Este programa permite-nos fazer o cálculo de transmissão térmica em janelas e portas com uma complexidade de interface mínima. Possibilita a análise de como o calor flui através de componentes de construção, assim como prevê problemas de condensação. Para tal, é necessário introduzir algumas informações chave e de seguida proceder à sua execução para a obtenção e análise de resultados.

2.13.3. PARÂMETROS

- Desenho do elemento;
- Escolha dos materiais;
- Condições de temperatura e humidade relativa existentes no meio ambiente.

2.13.4. RESULTADOS OBTIDOS

- Coeficiente de Transmissão Térmica do caixilho, do envidraçado e do seu conjunto;
- Ganhos solares;
- Riscos de condensações;
- Perfis de temperaturas.

2.13.5. POTENCIALIDADES

- Prevê com rigor o desempenho de diferentes caixilharias nas diversas condições ambientais.

2.13.6. LIMITAÇÕES

- Apenas se limita à análise de caixilharia e do envidraçado

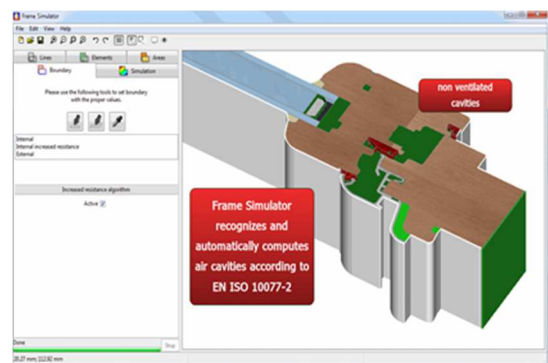


Fig 21: Caixilharia Antes da simulação

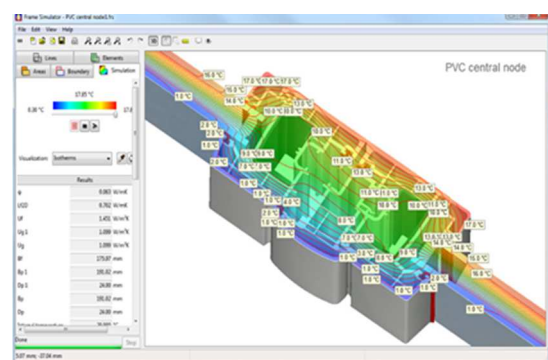


Fig 22: Caixilharia depois da simulação representando a sua variação de temperatura

2.14. FRAMEPLUS ONLINE

Regime:	☐ Variável	☒ Permanente	FRAMETMplus Online
Dimensão:	☒ 1D	☐ 3D	
	☐ 2D	☐ W	
Condições de acessibilidade:			☐ Licença comercial ☒ Gratuito

2.14.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

Este programa foi desenvolvido pelo Enermodal Engineering Limited, tem como finalidade calcular o desempenho térmico de envidraçados e as transferências de calor dos componentes em estudo. É unidimensional e funciona num regime permanente. Quanto à sua obtenção, é livre de qualquer custo.

2.14.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA

Quanto ao seu funcionamento, baseia-se na introdução de dados chave e especificações pretendidas para uma posterior análise. Este programa complementa-se com as aplicações do frame4 e do vision4.

2.14.3. PARÂMETROS

- Pormenores construtivos (tipo de caixilharia, altura e largura, número de panos e espessura de vidro);
- Intensidade da radiação solar;
- Condições atmosféricas.

2.14.4. RESULTADOS OBTIDOS

- Coeficiente de Transmissão Térmica;
- Fluxos de calor;
- Risco de condensação.

2.14.5. POTENCIALIDADES

- Permite determinar potenciais pontes térmicas e condensações superficiais;
- Acesso imediato ao programa de cálculo, pois ele encontra-se online.

2.14.6. LIMITAÇÕES

- Apenas analisa caixilharias e o envidraçado.

FRAMING SYSTEM (Note: As per CSA/NFRC Curtainwall is calculated with a vertical mullion at the midpoint of the width).

Operator: Casement/Awning Material: Alum (9 mm TB)

Window Height: 1220 (mm) Window Width: TB means "Thermal Break" 600

GLAZING SYSTEM (Note: Coating & Colour filters are arbitrary)

of Glazings: 2 Gas Cavity Width (mm): 12

OUTER GLAZING **INNER GLAZING**

Manufacturer: All Manufacturers Glass Thickness: 6 mm Coating: LowE Colour: Clear

Generate Product-List

Product: Comfort E⁺ on Clear

GLAZING CAVITY

Gas Fill: Argon Edge Spacer: Thermally-Broken

SUBMIT YOUR WINDOW FOR EVALUATION

Fig 23: Informações necessárias a introduzir para proceder a simulação

RESULTS			
	Glazing System Only	Total Window CSA Rated Size	Total Window Specified Size
U-value (W/m ² ·°C):	***	***	***
in (BTU/hr·ft ² ·°F):	***	***	***
SHGC*:	***	***	***
Visible Trans.:	***	***	***
U-V Transmission:	***	***	***
Fading Index:	***	***	***
Colour Index:	L	a	b
*The Shading Coefficient (SC) may be calculated by dividing SHGC by 0.87.			
Useful eQuest Numbers (for those who do eQuest energy modeling)			
Centre of Glass U-value & Area W/m ² ·°C--mm ² :	***	***	***
Edge of Glass U-value & Area W/m ² ·°C--mm ² :	***	***	***
Frame U-value & Area W/m ² ·°C--mm ² :	***	***	***
Note: Values given are approximate for general comparison of window features. Manufacturer should be contacted for rated window property values.			
Trv Another Print Show Performance Specs			

Fig 24: Ilustra os resultados obtidos da simulação

2.15. PARASOL

Regime:	☐ Variável	☐ Permanente	
Dimensão:	☐ 1D	☐ 3D	
	☐ 2D	☐ W	
Condições de acessibilidade:			☐ Licença comercial ☒ Gratuito

2.15.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

Programa desenvolvido pela Faculty of Engineering Lund, para o estudo de proteções solares, encontra-se disponível de forma gratuita.

2.15.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA

Quanto ao seu funcionamento, ParaSol, com base nos resultados sobre a energia solar total que incide sobre a caixilharia, é possível calcular os efeitos que as proteções solares e sistemas de envidraçados provocam no componente em estudo.

2.15.3. PARÂMETROS

- Local, geometria e sistema construtivo das paredes.
- Especificação do tipo de caixilharia
- Escolha da proteção solar

2.15.4. RESULTADOS OBTIDOS

- Informação sobre os ganhos solares (em forma de diagrama)
- Estudo do sombreamento
- Temperaturas interiores

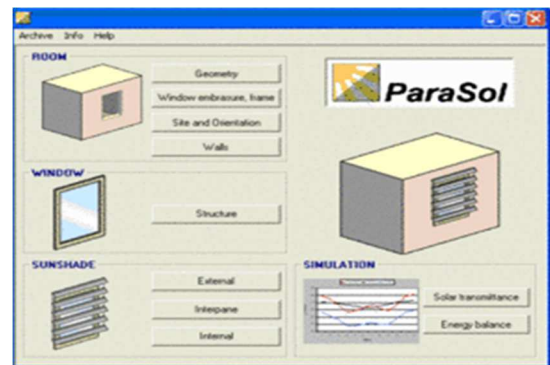


Fig 25: Interface do programa de cálculo ParaSol

2.15.5. POTENCIALIDADES

- Tendo em conta os resultados é possível analisar quando necessário aquecer o compartimento.

2.15.6. LIMITAÇÕES

- Possível incompatibilidade com a versão mais atual do Windows.

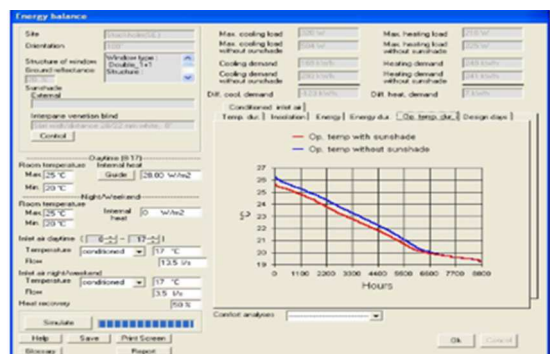


Fig 26: Exemplo de um balanço térmico

2.16. RESFEN

Regime:	☐ Variável	☒ Permanente	RESFEN5
Dimensão:	☒ 1D	☐ 3D	
	☐ 2D	☐ W	
Condições de acessibilidade:			☐ Licença comercial ☒ Gratuito

2.16.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

Programa desenvolvido no Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL), este programa facilita a escolha da caixilharia e envidraçado com menor impacto energético entre as existentes no mercado.

2.16.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA

Quanto ao seu funcionamento, é um programa que analisa um componente, tendo em conta as escolhas de caixilharia e envidraçado. Após a introdução de dados, podemos analisar os resultados.

2.16.3. PARÂMETROS

- Características da habitação, localização geográfica, algumas características construtivas
- Características do envidraçado e caixilharia
- Fator solar, ganhos solares, sombreamento, taxa de renovação do ar

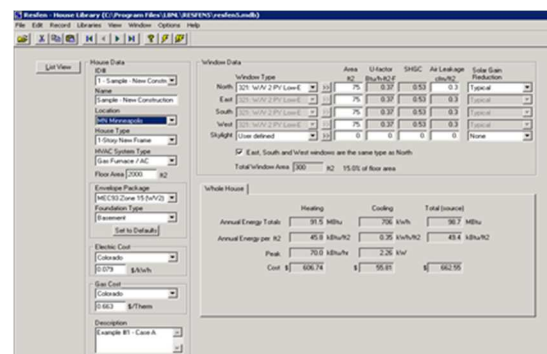


Fig 27: Interface do programa de cálculo RESFEN

2.16.4. RESULTADOS OBTIDOS

- Necessidades energéticas para o aquecimento e arrefecimento da divisão
- Custo associado aos gastos energéticos

2.16.5. POTENCIALIDADES

- Compatibilidade com o programa WINDOWS.

2.16.6. LIMITAÇÕES

- Apenas simula caixilharias e envidraçados.

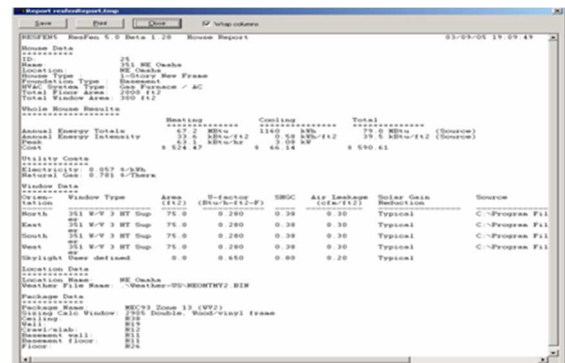


Fig 28: Resultados após a simulação do programa de cálculo

2.17 SOLIDO

Regime:	☐ Variável	☒ Permanente	SOLIDO
Dimensão:	☐ 1D	☒ 3D	
	☐ 2D	☐ W	
Condições de acessibilidade:		☒ Licença comercial	
		☐ Gratuito	

2.17.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

Programa proveniente do grupo physibel que se baseia no estudo de transferências de calor. Funciona em regime permanente e é tridimensional. Programa com custo para a sua utilização.

É uma versão melhorada do TRISCO, pois consegue simular matérias com outras formas geométricas.

2.17.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA

Quanto ao seu funcionamento, é um programa que analisa um componente termicamente através de um ficheiro com a geometria do elemento. Após a introdução de dados, podemos analisar os resultados.

2.17.3. PARÂMETROS

- Desenho do elemento
- Escolha dos materiais
- Definir condições fronteiras

2.17.4. RESULTADOS OBTIDOS

- Perfis de Temperatura
- Fluxo de calor
- Temperaturas localizadas

2.17.5. POTENCIALIDADES

- Compatibilidade com outros programas da physibel assim como por exemplo o BISCO

2.17.6. LIMITAÇÕES

- As formas geométricas criadas contêm imprecisões que se repercutem nos cálculos do programa.

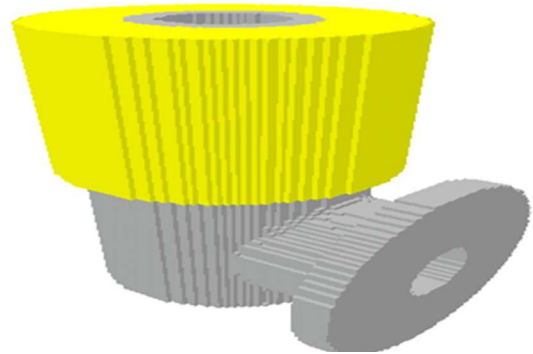


Fig 29: Desenho do elemento antes da simulação

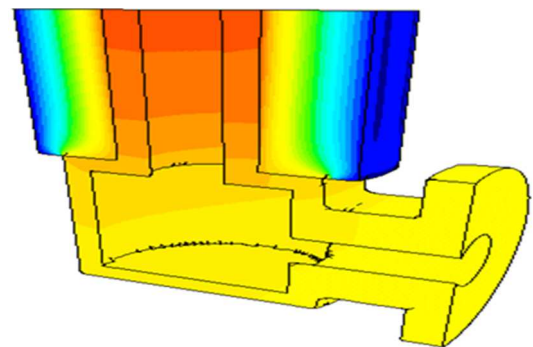


Fig 30: Desenho do elemento depois da simulação, demonstrando-se a diferença de temperatura ao longo da peça

2.18. SOLTERM5

Regime:	☐ Variável	☐ Permanente	
Dimensão:	☐ 1D	☐ 3D	
	☐ 2D	☐ W	
Condições de acessibilidade:			☒ Licença comercial ☐ Gratuito

2.18.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

Programa desenvolvido e distribuído pelo LNEG e tem como finalidade a análise de desempenho de sistemas solares térmicos e fotovoltaicos, através de uma simulação numérica de balanços energéticos e principalmente concebido para as condições climática e técnicas de Portugal. Este programa simula um sistema e a sua obtenção necessita de uma licença comercial.

2.18.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA

Quanto ao seu funcionamento, é necessária a introdução de dados que são armazenados segundo categorias e podem ser modificados pelo utilizador. Posteriormente à sua introdução, procede-se à simulação e, por conseguinte, à sua análise de resultados.

2.18.3. PARÂMETROS

- Dimensionamento do sistema
- Características técnicas dos componentes (coletores)
- Consumo do sistema médio
- Radiações solares, obstrução e sombreamentos
- Características do coletor

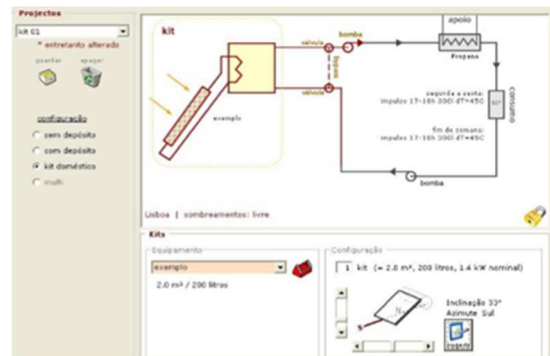


Fig 31: Interface do programa de cálculo SolTerm5

2.18.4. RESULTADOS OBTIDOS

- Pré-dimensionamento de um sistema
- Análise de benefícios Energia/Ambiente
- Desempenho económico, energético e ambiental
- Verificação tendo em conta o REH

2.18.5. POTENCIALIDADES

- Inclui um banco de 308 anos meteorológicos de referência, um para cada concelho e é possível acrescentar qualquer tipo de equipamento e/ou informação na base de dados.

2.19. SUNDI

Regime:	☐ Variável	☐ Permanente	
Dimensão:	☐ 1D	☐ 3D	
	☐ 2D	☐ W	
Condições de acessibilidade:			☐ Licença comercial ☒ Gratuito

2.19.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

O programa desenvolvido por Ivan Krastev, simula a o tempo de obstrução solar durante o dia. A sua obtenção é completamente gratuita.

2.19.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA

É necessária a introdução de dados, com o maior rigor possível, para a obtenção da simulação do caso em estudo. Posteriormente, analisamos os resultados da simulação.

2.19.3. PARÂMETROS

- Geometria do sombreamento

2.19.4. RESULTADOS OBTIDOS

- Tabelas e gráficos do sombreamento com a exposição solar diária.

2.19.5. POTENCIALIDADES

- Simula qualquer geometria de sombreamento

2.19.6. LIMITAÇÕES

- Este programa de cálculo apenas simula o parâmetro sombreamento



Fig 32: Interface do programa de cálculo SUNDI

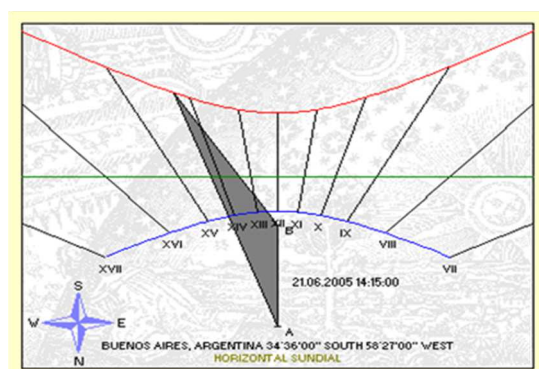


Fig 33: Exemplo de uma simulação do sombreamento do SUNDI

2.20. THERM

Regime:	☐ Variável	☒ Permanente	THERM
Dimensão:	☐ 1D	☐ 3D	
	☒ 2D	☐ W	
Condições de acessibilidade:			☐ Licença comercial
			☒ Gratuito

2.20.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

Programa desenvolvido no laboratório Nacional Lawrence Berkeley (LBNL) com uso prático na engenharia civil. THERM é um programa que funciona num regime permanente e bidimensional, de obtenção gratuita.

2.20.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA

Quanto ao seu funcionamento, baseia-se no método de elementos finitos e por sua vez possibilita-nos obter os efeitos de transferência de calor em diferentes componentes, tais como janelas, paredes, portas, pontes térmicas.

Para a sua utilização é necessário proceder à construção dos elementos que queremos estudar, caracterizando o tipo de material correspondente. Para tal, recorre-se a uma base de dados disponível no programa. Note-se que, posteriormente, é necessário definir as condições fronteiras do interior e exterior.

2.20.3. PARÂMETROS

- Desenho do elemento
- Escolha dos materiais
- Definir condições fronteiras

2.20.4. RESULTADOS OBTIDOS

- Coeficiente de Transmissão Térmica
- Linhas isotérmicas
- Gráfico vetorial de fluxo de calor
- Temperaturas localizadas

2.20.5. POTENCIALIDADES

- Com os resultados obtidos é possível a análise de pontes térmicas

2.20.6. LIMITAÇÕES

- Este deve ser usado depois da utilização do programa WINDOW.

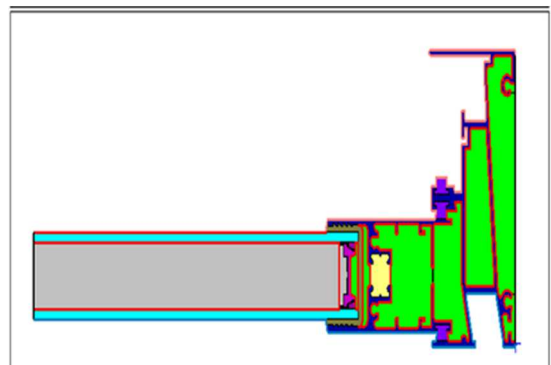


Fig 34: Exemplo de uma caixilharia antes da simulação

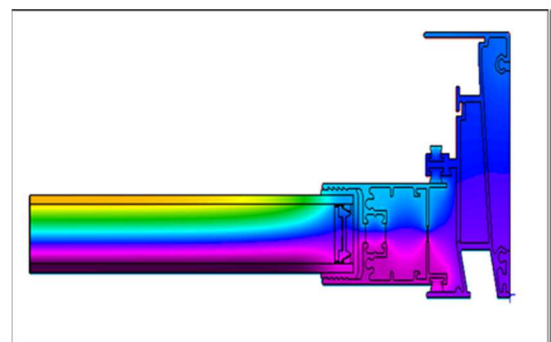


Fig 35: Caixilharia após da simulação demonstrando, as variações de temperatura

2.21. TRISCO

Regime:	☐ Variável	☒ Permanente	TRISCO
Dimensão:	☐ 1D	☒ 3D	
	☐ 2D	☐ W	
Condições de acessibilidade:		☒ Licença comercial	
		☐ Gratuito	

2.21.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

Programa desenvolvido por Physibel, software com o objetivo da análise térmica de componentes de construção. TRISCO é um programa que trabalha em regime permanente e, quanto à sua dimensão, é tridimensional. A sua aquisição requer licença com custos.

2.21.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA

Para proceder ao funcionamento deste programa, primeiro é necessário escolher a geometria pretendida, a qual pode ser importada através de ficheiros do AutoCAD. De seguida procede-se à escolha dos materiais e, por fim, à definição das condições fronteiras.

Em consequência, corremos o programa e obteremos os resultados do caso em estudo.

2.21.3. PARÂMETROS

- Desenho do elemento
- Escolha dos materiais
- Definir condições fronteiras

2.21.4. RESULTADOS OBTIDOS

- Linhas isotérmicas e isofluxos
- Fluxo de calor
- Temperaturas localizadas
- Pontes Térmicas

2.21.5. POTENCIALIDADES

- Compatibilidade com outros softwares tais como AutoCAD, VOLTRA, BISCO
- Possível análise de condensações superficiais interiores, assim como a análise de perdas de calor de cada componente.

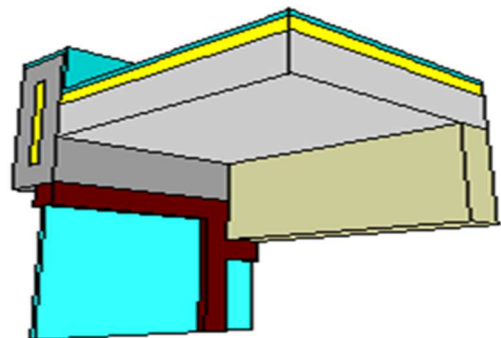


Fig 36: Ponte térmica entre o vão exterior e o pavimento elevado antes da simulação

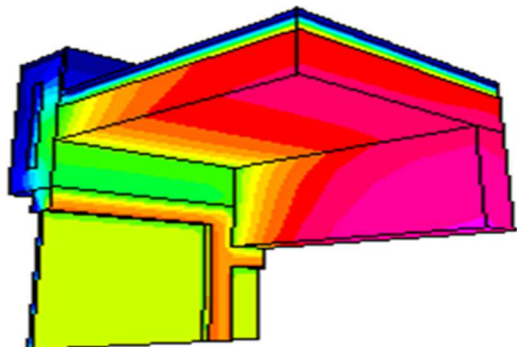


Fig 37: Ponte térmica entre o vão exterior e o pavimento elevado após a simulação, evidenciando as variações de temperatura

2.22. UNORM

Regime:	☐ Variável	☒ Permanente	UNorm
Dimensão:	☐ 1D	☐ 3D	
	☒ 2D	☐ W	
Condições de acessibilidade:			☐ Licença comercial ☒ Gratuito

2.22.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

Programa desenvolvido por Gunnar Anderlind, que se destina a avaliar o desempenho térmico dos elementos de um dado edifício. Note-se que o seu regime é permanente, bidimensional. O seu download é completamente gratuito.

2.22.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA

UNorm começa por escolher o elemento do edifício que pretendemos estudar e, posteriormente, é complementado com as informações necessárias retiradas de uma base de dados já existente. Este programa permite-nos analisar alguns parâmetros importantes para o estudo térmico do componente.

2.22.3. PARÂMETROS

- Geometria do elemento
- Escolha dos materiais
- Definir condições fronteiras

2.22.4. RESULTADOS OBTIDOS

- Coeficiente de Transmissão Térmica
- Pontes Térmicas
- Fluxo de calor



Fig 38: Interface do programa de cálculo UNorm

2.22.5. LIMITAÇÕES

- Para o melhor desempenho do UNorm, sugere-se em complementar os cálculos térmicos com maior precisão obtidos de outros programas. Deste modo, o seu funcionamento torna-se mais limitado pela sua dependência.

2.23. VOLTRA

Regime:	☒ Variável	☐ Permanente	VOLTRA
Dimensão:	☐ 1D	☒ 3D	
	☐ 2D	☐ W	
Condições de acessibilidade:		☒ Licença comercial	
		☐ Gratuito	

2.23.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

Programa desenvolvido por Physibel que, por sua vez, é uma extensão do programa Trisco e tem como finalidade a análise térmica de vários componentes. VOLTRA analisa os seus casos de estudo num regime variável. É tridimensional. A sua aquisição encontra-se livre de qualquer custo para a versão demo, mas para se ter acesso a todo o conteúdo, é necessário uma licença comercial.

2.23.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA

Este programa tem a capacidade de analisar pontes térmicas, perdas térmicas pelo solo, transferência de calor através da ventilação, elementos expostos ao fogo, ganhos solares. Para isso, é necessário o fornecimento de informação e os resultados serão apresentados graficamente e em forma de tabelas.

2.23.3. PARÂMETROS

- Geometria do elemento
- Escolha dos materiais e introdução das suas características
- Temperatura ambiente

2.23.4. RESULTADOS OBTIDOS

- Perfis de temperaturas
- Fluxo de calor
- Ganhos solares

2.23.5. POTENCIALIDADES

- Capacidade de analisar Pontes térmicas com os resultados obtidos.
- Compatibilidade com vários programas do grupo Physibel

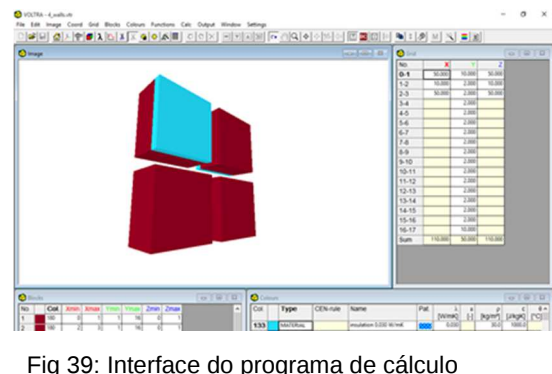


Fig 39: Interface do programa de cálculo VOLTRA, demonstração do estudo de 4 tipos de fachada exterior.

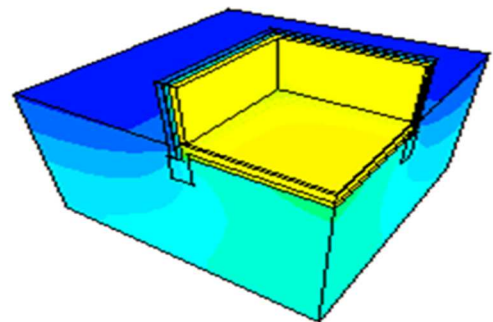


Fig 40: Simulação das transferências de calor de um pavimento térreo

2.24. WINDOWS

Regime:	☐ Variável	☒ Permanente	Windows & daylighting
Dimensão:	☒ 1D	☐ 3D	
	☐ 2D	☐ W	
Condições de acessibilidade:			☐ Licença comercial ☒ Gratuito

2.24.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

Este programa foi desenvolvido pelo Laboratório Nacional Lawrence Berkeley (LBNL) e está vocacionado para a análise térmica de um envidraçado. WINDOWS funciona num regime permanente, é unidimensional e, quanto à sua disponibilidade, ela é gratuita.

2.24.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA

Relativamente ao funcionamento deste programa, primeiramente é necessário escolher as características dos caixilhos pretendidos e de seguida as características dos envidraçados necessários à sua análise. Para proceder à escolha, quer dos caixilhos quer dos envidraçados, este programa oferece-nos uma base de dados com uma larga variedade de componentes.

2.24.3. PARÂMETROS

- Características dos caixilhos e dos envidraçados
- Temperatura do meio onde está inserido

2.24.4. RESULTADOS OBTIDOS

- Coeficiente de Transmissão Térmica
- Ganhos solares
- Coeficiente de sombreamento

2.24.5. LIMITAÇÕES

- Este programa, para funcionar com maior precisão, precisa de ser complementado com o software Therm.

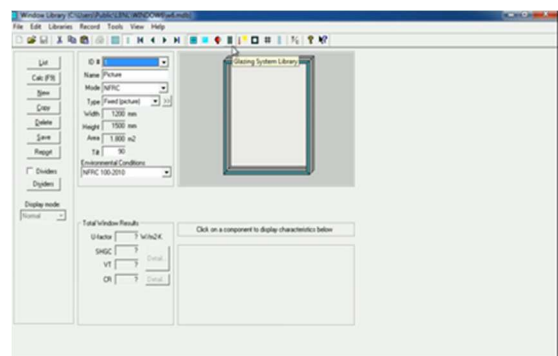


Fig 41: Interface dos dados introduzidos no programa de cálculo WINDOWS

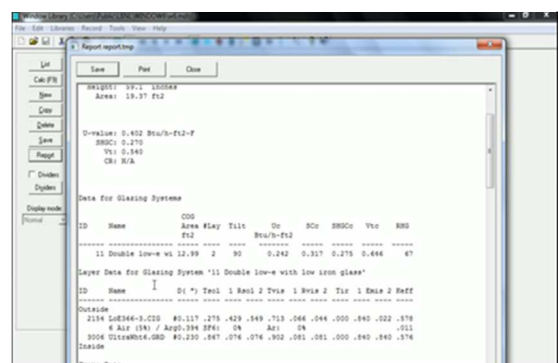


Fig 42: Quadro de resultados da simulação de uma caixilharia e dos envidraçados

2.25. WIS

Regime:	☐ Variável	☒ Permanente	WIS Software
Dimensão:	☒ 1D	☐ 3D	
	☐ 2D	☐ W	
Condições de acessibilidade:		☐ Licença comercial	
		☒ Gratuito	

2.25.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

WIS (Windows Information System) foi desenvolvido e criado pela entidade Building and Construction Research (TNO). Esta ferramenta permite analisar e determinar as características térmicas e solares de vãos envidraçados. WIS permite cálculos segundo as normas europeias. É uma ferramenta de fácil utilização, desenvolvida para uma grande variedade de utilizadores. É um programa unidimensional, funciona em regime permanente e encontra-se livre de custos.

2.25.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA

No quadro inicial do programa, são apresentadas várias opções para a inserção dos dados relativos a cada um dos constituintes ou características dos vãos envidraçados. Após a sua análise, obtemos várias características térmicas e solares referentes a vãos envidraçados.

2.25.3. PARÂMETROS

- Temperatura exterior e interior
- Dimensões do vão envidraçado
- Tipo de caixilharia
- Tipo de gás utilizado entre o pano de vidros
- Tipo de dispositivo de proteção solar

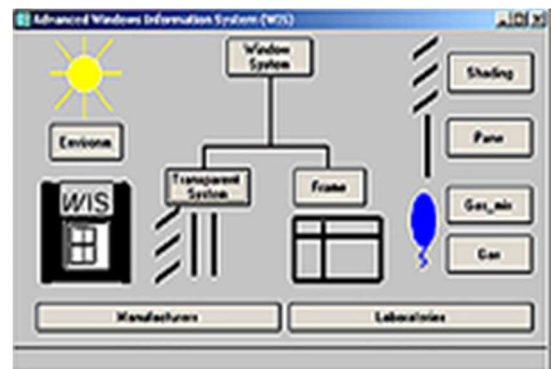


Fig 43: Interface do programa de cálculo WIS

2.25.4. RESULTADOS OBTIDOS

- Coeficiente de Transmissão Térmica
- Fator solar
- Transmissão solar direta
- Transmissão UV

2.25.5. POTENCIALIDADES

- Análise de condensações superficiais interiores a partir dos resultados obtidos

2.25.6. LIMITAÇÕES

- Incompatibilidade na instalação com a versão do Windows mais recente

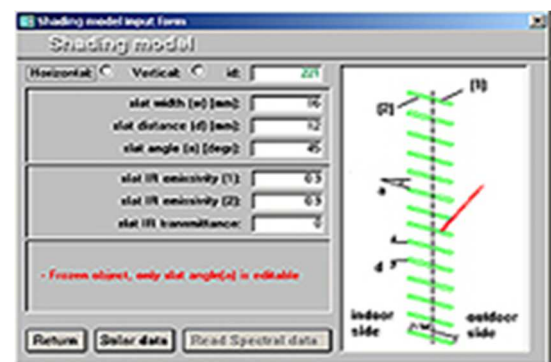


Fig 44: Exemplo da introdução de um tipo de proteção solar para posterior simulação

2.26. WUFI® PRO 5.0

Regime:	☒ Variável	☐ Permanente	
Dimensão:	☒ 1D	☐ 3D	
	☐ 2D	☐ W	
Condições de acessibilidade:			☒ Licença comercial ☐ Gratuito

2.26.1. DESCRIÇÃO DO PROGRAMA

WUFI® PRO 5.0 é um programa comercial que tem como função a simulação da transferência de humidade e calor em elementos de construção. Trabalha nas dimensões 1D. Este foi desenvolvido pelo Fraunhofer Institute for Building Physics (IBP), na Alemanha. O programa permite fazer simulações realistas em regime dinâmico, fazendo variar os fatores higrotérmicos para elementos de construção.

2.26.2. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA

Este programa tem uma interface muito simples, tornando a sua utilização muito intuitiva. Trata-se de um programa com a capacidade de controlar muitas variáveis higrotérmicas que irão ser especificadas posteriormente.

2.26.3. PARÂMETROS INTRODUTÓRIOS

- Geometria e configuração do elemento construtivo;
- Orientação, inclinação e altura do elemento;
- Propriedades higrotérmicas dos materiais;
- Condições climáticas interiores e exteriores;
- Coeficientes de transferência superficiais;
- Condições iniciais de temperatura e humidade relativa.

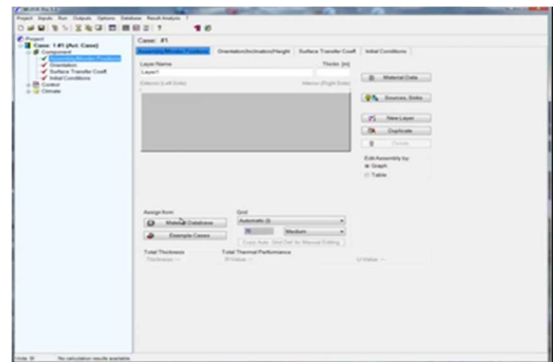


Fig 45: Interface do programa de calculo Wufi® PRO 5.0 e O exemplo da introdução do elemento construtivo

2.26.4. RESULTADOS OBTIDOS

- Evolução temporal do perfil teor de humidade
- Evolução temporal do perfil de temperatura
- Análise de Condensações do componente

2.26.5. POTENCIALIDADES

- Uma das grandes potencialidades deste programa é a vantagem de trabalhar em regime dinâmico.
- Contém uma base de dados muito extensa dos materiais que podemos escolher para as simulações pretendidas.

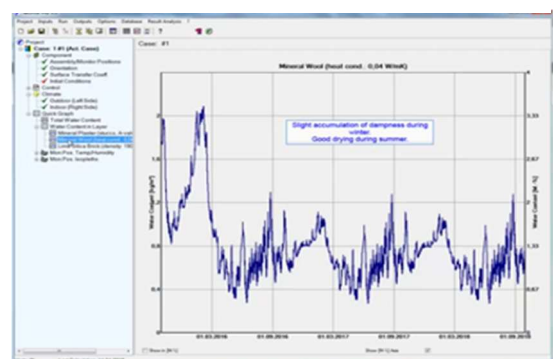


Fig 46: Gráfico da variação do teor de humidade com o tempo

2.27. ANÁLISE CRÍTICA

Este capítulo teve como objetivo a recolha de informações de todos os softwares que iriam ser utilizados para preenchimento da ficha de catálogo. Considerando que no mercado existem centenas de programas direcionados para o conforto térmico e higrotérmico, ponderando questões de logística, resolveu-se focalizar este estudo num conjunto de 25 programas.

Por outro lado, poder-se-ia fazer um estudo mais extensivo de cada programa, assinalando de forma mais meticulosa todo o seu funcionamento, mas tal necessitaria de um manuseamento individual e aprofundado de todos os programas, o que não se compaginava com as limitações da elaboração deste trabalho.

Saliente-se que toda a informação recolhida para cada programa foi pensada e organizada para ser apresentada em uma só página de modo a que o seu conteúdo fosse o mais relevante para o programa.

A maior parte das informações apresentadas na tese foram retiradas dos endereços eletrónicos oficiais dos programas analisados. Desta forma, o conteúdo apresentado tem toda a sua veracidade, apesar de não ter sido testado individualmente.

Quanto à tabela que se encontra na parte superior da página de cada programa analisado, foi introduzido o logotipo do programa e as informações que são importantes para conhecimento antes de se perceber que tipo de resultados são extraídos depois da sua simulação.

As imagens utilizadas têm como objetivo dar a conhecer não só a interface do software em causa, mas também apresentar o tipo de resultado que o programa pode simular.

A ideia subjacente a este estudo consistiu em padronizar este tipo de análise, a fim de que a posterior ficha de catálogo estivesse completa, fosse simples e o menos ambígua possível.

3

ESTRUTURAÇÃO DO CATÁLOGO DE PROGRAMAS DE CÁLCULO

3.1. NOTA INTRODUTÓRIA

Este capítulo tem como objetivo principal caracterizar a estrutura de um catálogo sobre programas de cálculo, no domínio da Térmica e Higrotérmica. Assim, pretende-se sistematizar as informações mais relevantes, a fim de que os técnicos interessados neste assunto, após a leitura da ficha do catálogo, fiquem com uma noção da forma de aquisição, das capacidades e da complexidade de cada programa de térmica e/ou higrotérmica.

3.2. ESTRUTURAÇÃO DO CATÁLOGO

O catálogo é constituído por um conjunto ordenado de fichas individuais referentes a cada programa analisado. Para que o catálogo tivesse uma forma simples de leitura, optou-se por subdividir cada ficha em onze partes distintas, a saber: informações gerais, objetivo da análise, âmbito, aplicabilidade, características, complexidade, nível de dificuldade, importância, dados de saída, dados de entrada e observações.

Nos pontos seguintes vai ser descrito, com mais pormenor, o conteúdo de cada campo da ficha que dá corpo ao catálogo.

3.3. DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO DISPONÍVEL NO CATÁLOGO

3.3.1. INFORMAÇÕES GERAIS

Este campo contém as seguintes informações:

- Nome do software; endereço eletrónico onde se pode descarregar ou comprar os programas; entidade que desenvolveu o programa;
- Condições de acessibilidade do programa, ou seja, se é necessária uma licença comercial ou é gratuito temporariamente (T) e/ou gratuito de forma limitada (L) ou completamente gratuito;
- Se o regime é variável ou permanente;
- Dimensão em que o programa analisa, que pode ser unidimensional (1D), bidimensional (2D), tridimensional (3D) ou ainda se pode avaliar o edifício como um todo (W);
- A ficha do catálogo também contém uma referência.

INFORMAÇÕES GERAIS	
Nome do programa: Site Eletrónico: Entidade Criadora: Condições de acessibilidade: ☐ Licença comercial ☐ Gratuito (T/L) ☐ Gratuito	Ref. : Regime: ☐ Variável ☐ Permanente Dimensão: ☐ 1D ☐ 2D ☐ 3D ☐ W

Fig 47: Campo correspondente às Informações Gerais

3.3.2. OBJETO DE ANÁLISE E ÂMBITO

O segundo campo, 'Objeto de Análise', tem como objetivo dar a conhecer que tipo de avaliação o programa é capaz de simular:

- Se este analisa um Componente, obtemos a informação de que o programa em questão é capaz de analisar, por exemplo, uma parede exterior ou um pavimento elevado, isto é, apenas avalia um componente de forma independente;
- Por outro lado, se analisa um edifício, temos a informação de que este software tem a capacidade de avaliar um conjunto de componentes ou até poderá ter a competência de simular o desempenho de um edifício completo;
- Se o programa incluir a área Outros, refere-se a análise, por exemplo, de sombreamento e/ou fator solar.

Quanto ao terceiro campo, 'Âmbito', este tem como finalidade informar se o programa analisa na área da térmica ou da higrotérmica e, além disso, a partir da introdução de certas palavras-chave perceber em que área de trabalho o programa se insere.

OBJECTO DE ANÁLISE	
☐ Edifício	☐ componente ☐ Outros
ÂMBITO	

Fig 48: Campo correspondente ao Objeto de Análise e Âmbito

3.3.3. APLICABILIDADE E CARACTERÍSTICAS

O quarto campo refere-se à 'Aplicabilidade' do programa, isto é, dar a conhecer para que tipo de prática o programa pode ser utilizado. Neste caso, diferenciamos entre dois parâmetros:

- Prática profissional, se o programa se insere na atividade diária do utilizador e traz repercussões benéficas ao seu desempenho;
- Investigação, se o programa tem a finalidade de analisar o desempenho de componentes com tecnologias inovadoras.

Quanto ao quinto campo, 'Características', tem como objetivo dar a conhecer o idioma disponível para a utilização, destacando o português e o inglês como as línguas de maior relevância. Também contém um parâmetro relacionado com o custo do programa, dividido em quatro categorias: nulo, significa que não tem nenhum preço para a sua aquisição; baixo, abrange o intervalo de 0-1000€; médio, compreendido entre os 1000-2500€ e elevado, a partir dos 2500€.

APLICABILIDADE	
☐ Prática Profissional	☐ Investigação
CARACTERÍSTICAS	
Idioma: ☐ Português ☐ Inglês ☐ Outros	
Custo: ☐ Nulo ☐ Baixo ☐ Médio ☐ Elevado	

Fig 49: Campo correspondente às Aplicabilidade e Características

3.3.4. COMPLEXIDADE, NÍVEL DE DIFICULDADE E IMPORTÂNCIA

No sexto campo referimo-nos à ‘Complexidade’ onde se pretende expor se o programa apresenta ou não uma dificuldade acrescida para o seu manuseamento.

Associamos no sétimo campo o nível de dificuldade para poder quantificar em três níveis a fácil utilização ou a complexa utilização. Por exemplo, se o programa está caracterizado como de complexa utilização, podemos especificar entre 1-3 de forma crescente o seu nível de dificuldade.

Quanto ao oitavo, ‘Importância’, avalia-se de forma qualitativa se o programa apresenta um acréscimo de valor para os profissionais que venham a servir-se do programa.

COMPLEXIDADE		NÍVEL DE DIFICULDADE		
☐ Fácil Utilização	☐ Complexa Utilização	☐ 1	☐ 2	☐ 3
IMPORTÂNCIA				
☐ Importante		☐ Muito Importante		

Fig 50: Campo correspondente à Complexidade, Nível de dificuldade e Importância

3.3.4. DADOS DE ENTRADA E DADOS DE SAÍDA

Os campos nono e décimo referem-se aos dados de entrada e de saída. Os dados de entrada dizem respeito às principais características que é preciso introduzir para o funcionamento do programa. Por outro lado, os dados de saída informam alguns dos parâmetros importantes para a análise do desempenho térmico/higrotérmico.

3.3.5. OBSERVAÇÕES

Quanto ao décimo primeiro campo e último, ‘Observações’, tem como objetivo explicitar, adicionalmente, alguma informação relevante que não foi fornecida nos campos anteriores.

3.4. ESTRUTURA COMPLETA DE UMA FICHA DO CATÁLOGO

Como resultado final obtivemos uma ficha com uma estrutura simplificada e sucinta, capaz de cateterizar um programa específico.

INFORMAÇÕES GERAIS	
Nome do programa: Site Eletrónico: Entidade Criadora: Condições de acessibilidade: ☐ Licença comercial ☐ Grátis (T/L) ☐ Grátis	Ref. : Regime: ☐ Variável ☐ Permanente Dimensão: ☐ 1D ☐ 2D ☐ 3D ☐ W
OBJECTO DE ANÁLISE	
☐ Edifício ☐ componente ☐ Outros	
ÂMBITO	
☐ Térmica ☐ Higrotérmica	
APLICABILIDADE	
☐ Prática Profissional ☐ Investigação	
CARACTERÍSTICAS	
Idioma: ☐ Português ☐ Inglês ☐ Outros Custo: ☐ Nulo ☐ Baixo ☐ Médio ☐ Elevado	
COMPLEXIDADE	
☐ Fácil Utilização ☐ Complexa Utilização	NÍVEL DE DIFICULDADE
	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3
IMPORTÂNCIA	
☐ Importante ☐ Muito Importante	
DADOS DE ENTRADA	
DADOS DE SAÍDA	
OBSERVAÇÕES	

Fig 51: Ficha de Catálogo modelo

3.5. PREENCHIMENTO DAS FICHAS DE CATÁLOGO

Na figura 51 demonstra-se o preenchimento de uma ficha de catálogo de um programa de cálculo. As restantes fichas encontram-se preenchidas no Anexo 1.

INFORMAÇÕES GERAIS	
Nome do programa: ANTHERM Site Eletrónico: www.antherm.at/antherm/EN/ Entidade Criadora: Kornicki Dienstleistung Condições de acessibilidade: ☒ Licença comercial ☒ Gratuito (T/L) ☐ Gratuito	Ref.: PTH1 Regime: ☒ Variável ☐ Permanente Dimensão: ☐ 1D ☒ 2D ☒ 3D ☐ W
OBJECTO DE ANÁLISE	
☒ Edifício ☒ componente ☐ Outros	
ÂMBITO	
Software, Térmica, Simulação, Temperaturas, Ganhos solares, Ponto orvalho, fluxo de calor Coeficiente de transmissão térmica	
☒ Térmica ☒ Higrotérmica	
APLICABILIDADE	
☒ Prática Profissional ☐ Investigação	
CARACTERÍSTICAS	
Idioma: ☐ Português ☒ Inglês ☐ Outros Custo: ☐ Nulo ☐ Baixo ☒ Médio ☐ Elevado	
COMPLEXIDADE	NÍVEL DE DIFICULDADE
☐ Fácil Utilização ☒ Complexa Utilização	☐ 1 ☒ 2 ☐ 3
IMPORTÂNCIA	
☒ Importante ☐ Muito Importante	
DADOS DE ENTRADA	
1. Geometria do componente 2. Propriedades térmicas 3. Definir condições fronteira	
DADOS DE SAÍDA	
1. Coeficiente de transmissão térmica 2. Fluxo de calor 3. Perfil de temperaturas 4. Cálculo do ponto de orvalho na superfícies dos componentes	
OBSERVAÇÕES	
• Possível análise de pontes térmicas • Com os resultados obtidos podemos analisar as condensações superficiais interiores	

Fig 52: Exemplo da Ficha de Catálogo preenchida

3.6. ANÁLISE CRÍTICA

Tendo em conta que não existe nenhum tipo de sistematização dos programas de térmica e higrotérmica, este capítulo teve como objetivo desenvolver uma ficha de catálogo com base na informação retirada no capítulo anterior. Com as informações mais relevantes, criou-se um esquema com uma apresentação o mais simples possível.

Poderíamos dizer que esta ficha de catálogo poderia ser mais completa e conter mais informações sobre o funcionamento e desempenho do programa na prática da Engenharia Civil, mas isso requeria uma análise mais pormenorizada de cada programa e não foi feito por motivos de gestão de tempo.

Por outro lado, a ficha do catálogo ao conter informações mais minuciosas sobre o software tornava-a menos singular numa análise geral de programas que executassem o mesmo tipo de funções, ou seja, perceber-se-ia que a formatação da ficha já não poderia ser uniforme para todos os programas. Teria de ter algumas nuances conforme os diferentes pormenores que cada programa apresentava. Este também foi um dos motivos pelo qual se simplificou a ficha de catálogo.

Mesmo assim, com as diferentes capacidades de cada programa, conseguiu-se obter uma ficha com 15 campos comuns a todos os softwares. Um dos nossos objetivos condutores é que esta ficha possa ser utilizada para caracterizar qualquer programa de térmica e higrotérmica. Cada ficha constitui um ponto de partida e, num futuro próximo, poderá ser atualizada para uma versão mais completa.

4

PROCEDIMENTO DE CONSULTA DO CATÁLOGO

4.1. INTRODUÇÃO

Após a criação das fichas que nos facilitam a leitura de todas as informações relevantes para avaliar o tipo de programa que pretendemos utilizar numa dada situação, deparámo-nos com a situação de existirem vários programas que analisam o mesmo tipo de problemas.

Quando falamos em parâmetros térmicos e higrotérmicos temos de ter em atenção que estes devem ser de relevância para a atividade da Engenharia civil, tanto para a investigação como para a prática profissional. Por outro lado, é necessário avaliar se um determinado parâmetro é comum a vários programas análogos que conduzem a resultados comparáveis.

Consideramos que é fundamental dispor de uma matriz que relacione os programas de cálculo analisados com os parâmetros e dados de desempenho térmico e higrotérmico mais relevantes para a avaliação dos componentes, do edifício no seu conjunto ou de aplicações específicas, como o sombreamento dos vãos.

Tendo por base estas ideias, selecionamos os parâmetros e dados de desempenho mais importantes que estão listados no subcapítulo 4.2 e apresentamos no subcapítulo 4.3 uma matriz de consulta.

4.2. SELEÇÃO DE PARÂMETROS E DADOS DE DESEMPENHO RELEVANTES PARA ANÁLISE DO COMPORTAMENTO TÉRMICO E HIGROTÉRMICO.

Primeiramente, antes de decidirmos os parâmetros mais importantes, selecionámos os parâmetros por três categorias: relativos à análise de um componente; referentes a um edifício e alusivos, residualmente, a outros, existentes numa análise Térmica e Higrotérmica.

Para chegar aos parâmetros relevantes, foi necessário primeiro saber quais os parâmetros de interesse para a prática da Engenharia civil, e de seguida avaliar que tipo de resultados cada programa simulava para que fosse possível ter um termo comparativo entre os diferentes programas.

Assim, depois desta avaliação, definimos 16 parâmetros e dados de desempenho que consideramos relevantes que se sumarizam na Tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros e dados de desempenho relevantes para a análise Térmica e Higrotérmica

PARÂMETROS E DADOS DE DESEMPENHO RELEVANTES PARA ANÁLISE TÉRMICA E HIGROTÉRMICA		
COMPONENTE	EDIFÍCIO	OUTROS
Coef. Transmissão Térmica (U)	Flutuação da Humidade Relativa	Fator solar
Perfil Temperatura	Flutuação da Temperatura	Sombreamento
Perfil Teor de Humidade	Consumo de Energia (Kw.h)	Ventilação
Perfil Humidade Relativa	Emissão de CO ₂	
Fluxo de Calor	Inércia Térmica	
Fluxo de Humidade		
Condensações		
Pontes Térmicas		

De seguida caracterizámos individualmente as propriedades escolhidas para destacar como relevantes no funcionamento de um dado programa. A intenção principal era a de ajudar a compreender qual a sua principal função e de distinguir se se tratava de um parâmetro térmico ou higrotérmico.

Ao nível do componente, definimos como parâmetros relevantes:

- Coeficiente de transmissão térmica, expressa-se em $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$, é uma propriedade que caracteriza um componente construtivo termicamente e representa a quantidade de calor que atravessa um constituinte entre duas faces planas e paralelas;
- Perfil de temperatura, expressa-se em graus ($^\circ C$), identifica a variação da temperatura com o tempo;
- Perfil de teor humidade, expressa-se em (Kg/m^3), caracteriza a variação de humidade com o tempo;
- Perfil de humidade relativa, expressa-se em percentagem (%), identifica a variação de humidade relativa com o tempo;
- Fluxo de calor representa a quantidade de calor por unidade de tempo por exemplo (W/m^2) de maneira a avaliar o respetivo componente;
- Fluxo de humidade traduz a quantidade de humidade por unidade de tempo;

- Condensações é um fenómeno que acontece quando uma superfície atinge a temperatura ponto de orvalho, isto é, a temperatura é igual a temperatura de saturação;
- Pontes térmicas referente a localizações específicas de uma construção como por exemplo a ligação de um pavimento com uma parede exterior. Refere-se à capacidade do programa em analisar térmica e higrotérmicamente zonas mais frágeis de uma construção.

Quanto ao desempenho de um edifício, é importante avaliar:

- Flutuação da humidade relativa, expressa-se em percentagem (%), caracteriza a variação da humidade relativa no interior de um compartimento do edifício;
- Flutuação da temperatura, expressa-se em graus (°C), representa a variação de temperatura no interior de um compartimento de um edifício;
- Consumo de energia, expressa-se em (kW.h), é necessária para analisar se a edificação tem um desempenho energético adequado, ou seja, se os gastos energéticos podem diminuir com a implementação de novas tecnologias;
- Emissão de CO₂ quantifica o impacto ambiental das emissões de dióxido de carbono que uma dada construção poderá ter. Note-se que, cada vez mais, é uma propriedade relevante na preocupação da sociedade atual para que as emissões de dióxido de carbono sejam as mais diminutas possíveis;
- Inércia térmica é parâmetro térmico, que se refere à capacidade da envolvente do edifício em diminuir os picos máximos e mínimos de temperatura.

Tendo em conta as restantes propriedades importantes para avaliar um caso específico:

- Fator solar relaciona a quantidade de radiação solar atravessada por elementos não opacos. Tem a finalidade de definir a proteção solar do elemento;
- Sombreamento tem como objetivo caracterizar os elementos não opacos de um edifício que apresentam um défice ou um excesso de radiação solar.

4.3. MATRIZ DE APLICAÇÃO PRÁTICA

Esta tabela foi elaborada com o objetivo de simplificar a pesquisa dos programas disponíveis. Assim, ficam disponíveis informações relevantes como a sua disponibilidade, dimensão, o seu regime e todos os parâmetros que foram anteriormente considerados determinantes para a análise. Deste modo passamos a conhecer de um forma imediata as capacidades Térmicas e/ou Higrotérmicas de cada programa.

Tabela 3: Matriz de consulta dos programas de cálculo

			ANÁLISE DINÂMICA		COMPONENTE							EDIFÍCIO				OUTROS				
					Coef. Transmissão Térmica (U)	Perfil Temperatura Humidade	Perfil Teor de Humidade Relativa	Perfil Humidade Relativa	Fluxo de Calor	Fluxo de Humidade	Condensações	Pontes Térmicas	Flutuação da Humidade Relativa	Flutuação da Temperatura	Flutuação da Energia (Kw.h)	Emissão de CO 2	Inércia Térmica	Fator solar	Ventilação	Sombreamento
DISP	DIM	S	N																	
AnTherm	GT/C	2D/3D	x		x	x			x		x									
Autodesk Green Building Studio	GT/C	W	x											x	x					
BISCO	GL/C	2D		x		x			x											
BISTRA	GL/C	2D	x			x			x			x								
BSIM	GL/C	W		x									x	x						
CAPSOL	C	W	x										x	x						
CONTAM	G	1D		x														x		
Condensa2000	G	1D		x							x									
CTCA – Conforto Térmico, Cálculo e Análise	G	2D	x		x	x											x			
CYPETERM	GT/C	W		x	x	x						x	x		x		x			
Energy plus	G	W	x										x		x	x				
Frame Simulator	GL/C	2D		x	x			x		x							x			
FRAMEPLUS ONLINE	G	1D		x	x			x	x		x									
ParaSol	G					x											x		x	
RESFREN	G	1D		x										x						
SOLIDO	GL/C	3D		x		x			x											
SolTerm5	C													x						
SUNDI	G																		x	
THERM	G	2D		x	x	x			x											
TRISCO	GL/C	3D		x		x			x			x								
UNORM	G	2D		x	x				x			x								
VOLTRA	GL/C	3D	x		x	x			x											
WINDOWS	G	1D		x	x												x		x	
WIS	G	1D		x	x												x			
Wufi Pro 5.0	GL/C	1D	x			x	x	x		x										
Legenda: DISP: Disponibilidade; DIM: Dimensão; C: Comercial; G: Gratuito; GL: Gratuito com limitações; GT: Gratuito Temporariamente; 1D: Unidimensional; 2D: Bidimensional; 3D: Tridimensional; W: Avalia o edifício com um todo																				

4.4. ANÁLISE CRÍTICA

Neste capítulo, conseguimos desenvolver uma tabela com todos os programas analisados, tendo como objetivo a realização de uma primeira escolha sobre o programa que um dado utilizador pretenda usar. É claro que a escolha dos parâmetros relevantes poderia ser mais extensa e a tabela poderia conter mais informação, mas o objetivo da simplicidade e da rapidez de consulta ficaria desvirtuado. Pretende-se que a escolha do programa só se realize após a consulta da ficha do catálogo.

É evidente que a organização desta tabela poderia ser diferente, mas podemos olhar apenas como um ponto de partida para um possível estudo mais completo sobre este mesmo tema.

Os 25 programas estudados encontram-se ordenados por ordem alfabética e que, por sua vez, esta ordenação mantém-se na listagem das fichas de catálogo para que a sua consulta seja mais eficiente.

Porventura, poderá existir algum parâmetro omissos, ou seja, que não está explícito na tabela, tendo em conta que os programas não foram testados nem dominados para perceber todas as suas capacidades.

5

APLICAÇÃO DO CATÁLOGO

5.1. NOTA INTRODUTÓRIA

Este capítulo tem como finalidade explicar a aplicação da parte prática do catálogo.

Em fase de projeto é crucial que o projetista, para um edifício específico, saiba quais os programas no domínio da Térmica e Higrotérmica. Procura-se que para um edifício tipo se efetue um exercício de aplicação do catálogo dos programas descritos no capítulo 3 e no Anexo 1.

5.2 DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO EM ANÁLISE E DAS VARIÁVEIS TÉRMICAS E HIGROTÉRMICAS

Na realidade atual da construção civil, quando abordamos um edifício, estamos perante uma construção que junta diversas artes e especialidades para que a sua construção seja possível. E, como todas as obras do ser humano não são perfeitas, embora tendencialmente busquem a perfeição, também na construção civil se constata a existência de pontos frágeis e críticos.

Mais objetivamente, na área da térmica e higrotérmica, um edifício tem vários pontos vulneráveis que, se forem ponderados antecipadamente, permitirá evitar problemas no futuro, cuja resolução determinará custos significativos.

Na figura 52 tipifica-se o edifício em estudo e representa-se alguns dos pontos fundamentais que devem ser analisados quando estamos a estudar problemas Térmicos e Higrotérmicos. Dividi-os em variáveis relacionadas com um elemento como, por exemplo, uma parede de alvenaria, com o edifício para análise de um compartimento ou outros.

Legenda:

A- Elemento

- A1- Coeficiente de Transmissão Térmica
- A2- Pontes Térmicas
- A3- Fluxo de Calor
- A4- Condensações Internas/Externas

B- Edifício

- B1- Flutuação da Humidade Relativa
- B2- Flutuação da Temperatura
- B3- Consumo de Energia (Kw.h)
- B4- Emissão de CO₂
- B5- Inércia Térmica

C- Outros

- C1- Sombreamento
- C2- Fator Solar

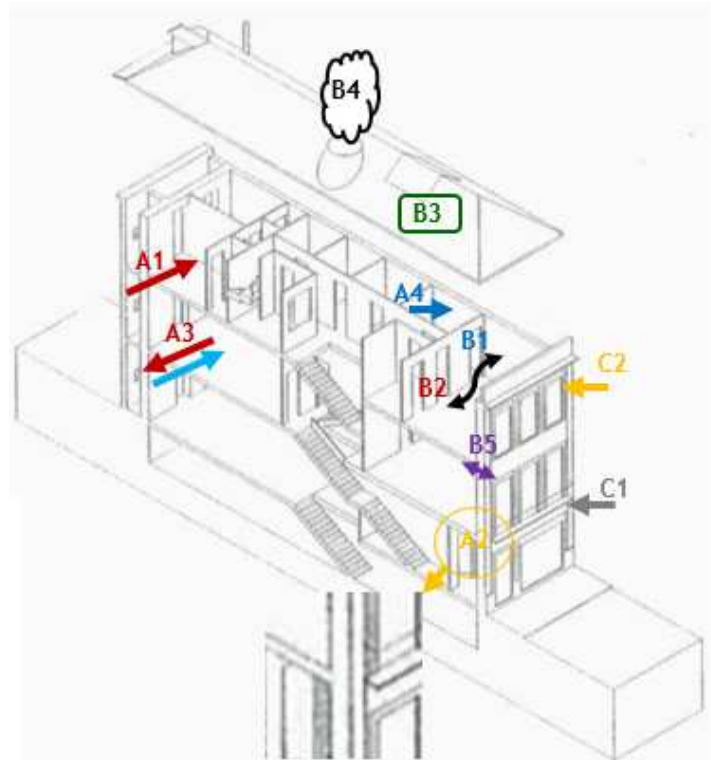


Fig 53: Exemplo de um edifício em estudo

5.3 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO

Nos próximos subtítulos serão abordados os seguintes componentes de um edifício:

- Paredes Exteriores
- Paredes Interiores
- Pavimentos Térreos
- Coberturas
- Vão Exterior
- Divisão/Conjunto de divisões

5.3.1 PAREDES EXTERIORES

Parede exterior é um componente opaco de grande importância Térmica e Higrotérmica. Temos de ter em conta que esta é a primeira defesa e a mais importante que o edifício tem para resistir às diferentes variações ambientais, assim como variações de temperatura, humidade e precipitação.

Deste modo, é sempre importante saber qual o desempenho térmico e higrotérmico que pretendemos, dependendo da situação em que nos encontramos. Por conseguinte, as variáveis térmicas e higrotérmicas a ter em conta são:

- Coeficiente de transmissão térmica
- Pontes térmicas
- Fluxo de calor
- Condensações internas

Tendo em conta estas variáveis, existem vários softwares que podem ser utilizados para o cálculo. Depende principalmente do que o utilizador pretenda. Os programas mais adequados para análise de uma parede exterior são por exemplo os assinalados na matriz seguinte.

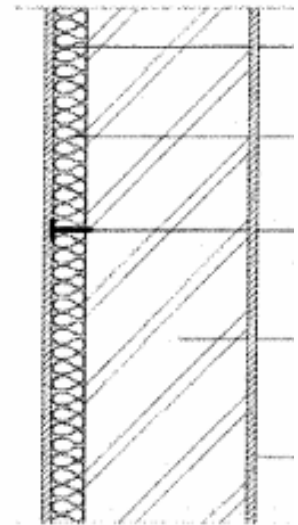


Fig 54: Parede Exterior

Tabela 4: Matriz de consulta dos programas de cálculo para análise de paredes exteriores

	DISP	DIM	ANÁLISE DINÂMICA		COMPONENTE										EDIFÍCIO				OUTROS		
					Coef. Transmissão Térmica (U)	Perfil Temperatura	Perfil Teor de Humidade	Perfil Humidade Relativa	Fluxo de Calor	Fluxo de Humidade	Condensações	Pontes Térmicas	Flutuação da Humidade Relativa	Flutuação da Temperatura	Flutuação da Temperatura	Consumo Energia (kwh/h)	Emissão de CO ₂	Inércia Térmica	Fator solar	Ventilação	Sombreamento
AnTherm	GT/C	2D/3D	x		x	x			x		x										
Autodesk Green Building Studio	GT/C	W	x													x	x				
BISCO	GL/C	2D		x		x			x												
BISTRA	GL/C	2D	x			x			x			x									
BSIM	GL/C	W		x									x	x							
CAPSOL	C	W	x											x		x					
CONTAM	G	1D		x																x	
Condensa2000	G	1D		x								x									
CTCA – Conforto Térmico, Cálculo e Análise	G	2D	x		x	x													x		
CYPETERM	GT/C	W		x	x	x						x	x			x		x			
Energy plus	G	W	x										x			x	x				
Frame Simulator	GL/C	2D		x				x		x									x		
FRAMEPLUS ONLINE	G	1D		x				x													
ParaSol	G					x													x		x
RESFREN	G	1D		x												x					
SOLIDO	GL/C	3D		x		x			x												
SolTerm5	C															x					
SUNDI	G																				x
THERM	G	2D		x	x	x			x												
TRISCO	GL/C	3D		x		x			x			x									
UNORM	G	2D		x	x				x			x									
VOLTRA	GL/C	3D	x		x	x			x												
WINDOWS	G	1D		x															x		x
WIS	G	1D		x															x		
Wufi Pro 5.0	GL/C	1D	x			x	x	x		x											

Legenda: DISP: Disponibilidade; DIM: Dimensão; C: Comercial; G: Gratuito; GL: Gratuito com limitações; GT: Gratuito Temporariamente; 1D: Unidimensional; 2D: Bidimensional; 3D: Tridimensional; W: Avalia o edifício com um todo

5.3.2 PAREDES INTERIORES

As paredes interiores têm todo o interesse em ser analisadas em situações de reabilitação de edifícios mais antigos. A sua finalidade seria perceber se a solução adotada seria a mais adequada.

Note-se que para as perdas de calor serem minimizadas é necessário analisar o Coeficiente de transmissão térmica (U).

Existem diversos programas que analisam o Coeficiente de transmissão térmica como ilustrado na Tabela 5.

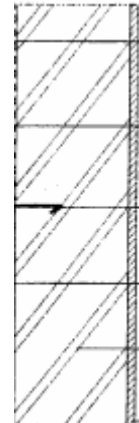


Fig 55: Parede Interior

Tabela 5: Matriz de consulta dos programas de cálculo para análise de paredes interiores

					ANÁLISE DINÂMICA	COMPONENTE							EDIFÍCIO				OUTROS		
						Coef. Transmissão Térmica (U)	Perfil Temperatura Humidade	Perfil Teor de Humidade Relativa	Fluxo de Calor	Fluxo de Humidade	Condensações	Pontes Térmicas	Humidade Relativa	Flutuação da Temperatura	Flutuação da Temperatura (kw.h)	Emissão de CO2	Inércia Térmica	Fator solar	Ventilação
AnTherm	GT/C	2D/3D	x		x	x			x		x								
Autodesk Green Building Studio	GT/C	W	x												x	x			
BISCO	GL/C	2D		x		x			x										
BISTRA	GL/C	2D	x			x			x		x								
BSIM	GL/C	W		x								x	x						
CAPSOL	C	W	x										x	x					
CONTAM	G	1D		x														x	
Condensa2000	G	1D		x						x									
CTCA – Conforto Térmico, Cálculo e Analise	G	2D	x		x	x											x		
CYPETERM	GT/C	W		x	x	x					x	x			x		x		
Energy plus	G	W	x									x			x	x			
Frame Simulator	GL/C	2D		x				x		x								x	
FRAMEPLUS ONLINE	G	1D		x				x											
ParaSol	G					x												x	
RESFREN	G	1D		x											x				
SOLIDO	GL/C	3D		x		x			x										
SolTerm5	C														x				
SUNDI	G																		x
THERM	G	2D		x	x	x			x										
TRISCO	GL/C	3D		x		x			x			x							
UNORM	G	2D		x	x				x			x							
VOLTRA	GL/C	3D	x		x	x			x										
WINDOWS	G	1D		x														x	x
WIS	G	1D		x														x	
Wufi Pro 5.0	GL/C	1D	x			x	x	x	x										
Legenda: DISP: Disponibilidade; DIM: Dimensão; C: Comercial; G: Gratuito; GL: Gratuito com limitações; GT: Gratuito Temporariamente; 1D: Unidimensional; 2D: Bidimensional; 3D: Tridimensional; W: Avalia o edifício com um todo																			

5.3.3 PAVIMENTOS TÉRREOS

É conveniente estudar os pavimentos térreos, pois as suas perdas de energia sob a forma de calor podem ser acentuadas em casos de utilização de tecnologias inadequadas, ou obsoletas. Por exemplo, na reabilitação dos pavimentos térreos, há todo o interesse em efetuar uma análise, pois as tecnologias existentes têm um desempenho substancialmente inferior às atuais disponíveis no mercado.

O pavimento térreo de um edifício com uma construção antiga é constituído por terra batida, enrocamento de pedra arrumada à mão e revestimento em lajeta de pedra.

Caso seja necessário acrescentar isolamento térmico é necessário avaliar o conforto térmico em função da utilização do espaço. Higrotérmicamente ter em atenção a humidade ascensional e também é necessário drenar em função do nível freático.

As variáveis de maior relevância a serem estudadas são: perfil teor de humidade, pontes térmicas (com as paredes exteriores) e condensações internas

Os programas com capacidade para analisar estes problemas estão definidos na Tabela 7

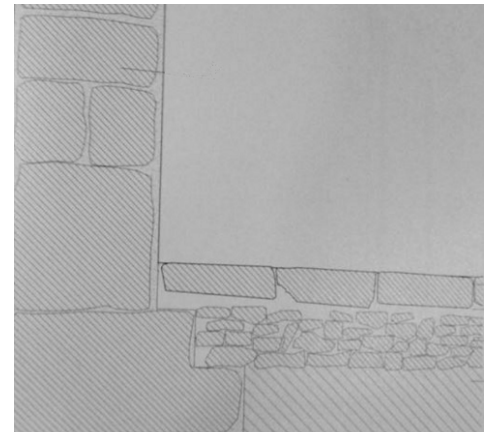


Fig 57: Pavimento Térreo

Tabela 7: Matriz de consulta dos programas de cálculo para análise de pavimento térreo

	DISP	DIM	ANÁLISE DINÂMICA		COMPONENTE										EDIFÍCIO				OUTROS	
			S	N	Coef. Transmissão Térmica (U)	Perfil Temperatura	Perfil Teor de Humidade	Perfil Humidade Relativa	Fluxo de Calor	Fluxo de Humidade	Condensações	Pontes Térmicas	Humidade Relativa	Flutuação da Temperatura	Flutuação da Humidade (kg/h)	Emissão de CO ₂	Inércia Térmica	Fator solar	Ventilação	Sombreamento
AnTherm	GT/C	2D/3D	x		x	x			x		x									
Autodesk Green Building Studio	GT/C	W	x												x	x				
BISCO	GL/C	2D		x		x			x											
BISTRA	GL/C	2D	x			x			x			x								
BSIM	GL/C	W		x										x	x					
CAPSOL	C	W	x											x	x					
CONTAM	G	1D		x															x	
Condensa2000	G	1D		x							x									
CTCA – Conforto Térmico, Cálculo e Análise	G	2D	x		x	x												x		
CYPETERM	GT/C	W		x	x	x						x		x		x	x			
Energy plus	G	W	x											x		x	x			
Frame Simulator	GL/C	2D		x				x		x								x		
FRAMEPLUS ONLINE	G	1D		x				x												
ParaSol	G					x												x		x
RESFREN	G	1D		x											x					
SOLIDO	GL/C	3D		x		x			x											
SolTerm5	C														x					
SUNDI	G																			x
THERM	G	2D		x	x	x			x											
TRISCO	GL/C	3D		x		x			x			x								
UNORM	G	2D		x	x				x			x								
VOLTRA	GL/C	3D	x		x	x			x											
WINDOWS	G	1D		x														x		x
WIS	G	1D		x														x		
Wufi Pro 5.0	GL/C	1D	x			x	x	x	x	x										

Legenda: DISP: Disponibilidade; DIM: Dimensão; C: Comercial; G: Gratuito; GL: Gratuito com limitações; GT: Gratuito Temporariamente; 1D: Unidimensional; 2D: Bidimensional; 3D: Tridimensional; W: Avalia o edifício com um todo

5.3.4 COBERTURAS

A cobertura é um dos componentes de grande relevância para o estudo da Térmica e Higrotérmica, tendo em conta que é um elemento de proteção contra as alterações ambientais que se sucedem ao longo do ano.

Dado que existem vários tipos de coberturas, podemos dar o exemplo de uma cobertura inclinada com o desvão ventilado. É um tipo de cobertura muito usado em edifícios de construção antiga. Trata-se de uma estrutura de madeira, revestida a telha cerâmica, teto em estuque e argamassa à base de cal. Nestas coberturas é preciso ter em atenção, ao nível do comportamento térmico, a avaliação do coeficiente de transmissão térmica e assegurar que a ventilação do desvão seja feita apropriadamente. Higrotérmicamente é necessário garantir a estanquidade da cobertura e analisar se a sua pendente se encontra apropriada.

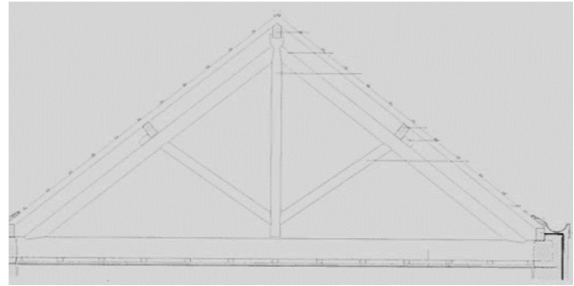


Fig 58: Cobertura

Existem vários programas que podem fazer esta análise, por exemplo: CYPETHERM, Therm e os restantes estão representados na Tabela 8.

Tabela 8: Matriz de consulta dos programas de cálculo para análise de cobertura

			ANÁLISE DINÂMICA		COMPONENTE										EDIFÍCIO				OUTROS				
					Coef. Transmissão Térmica (U)	Perfil Temperatura Humidade	Perfil Teor de Humidade	Perfil Humidade Relativa	Fluxo de Calor	Fluxo de Humidade	Condensações	Pontes Térmicas	Flutuação da Humidade Relativa	Flutuação da Temperatura	Flutuação da Humidade Relativa	Consumo Energia (Kw.h)	Emissão de CO2	Inércia Térmica	Fator solar	Ventilação	Sombreamento		
AnTherm	GT/C	2D/3D	x		x	x				x		x											
Autodesk Green Building Studio	GT/C	W	x														x	x					
BISCO	GL/C	2D		x		x				x													
BISTRA	GL/C	2D	x			x				x			x										
BSIM	GL/C	W		x										x	x								
CAPSOL	C	W	x												x		x						
CONTAM	G	1D		x																		x	
Condensa2000	G	1D		x								x											
CTCA – Conforto Térmico, Calculo e Analise	G	2D	x			x	x													x			
CYPETERM	GT/C	W		x	x	x							x	x			x		x				
Energy plus	G	W	x											x			x	x					
Frame Simulator	GL/C	2D		x					x		x										x		
FRAMEPLUS ONLINE	G	1D		x					x														
ParaSol	G					x															x		x
RESFREN	G	1D		x													x						
SOLIDO	GL/C	3D		x		x				x													
SolTerm5	C																x						
SUNDI	G																						x
THERM	G	2D		x	x	x				x													
TRISCO	GL/C	3D		x		x				x			x										
UNORM	G	2D		x	x					x			x										
VOLTRA	GL/C	3D	x		x	x				x													
WINDOWS	G	1D		x																	x		x
WIS	G	1D		x																	x		
Wufi Pro 5.0	GL/C	1D	x				x	x	x		x												
Legenda: DISP: Disponibilidade; DIM: Dimensão; C: Comercial; G: Gratuito; GL: Gratuito com limitações; GT: Gratuito Temporariamente; 1D: Unidimensional; 2D: Bidimensional; 3D: Tridimensional; W: Avalia o edifício com um todo																							

5.3.5 VÃO EXTERIOR

O vão exterior é um dos componentes críticos de um edifício. Numa construção tradicional, um exemplo de caixilharia como o representado na figura 59 seria constituído por duas folhas de abrir, portadas de interiores, em madeira.

Salienta-se que é necessário ter em conta, o nível térmico, a análise do coeficiente de transmissão térmica, o fator solar, o sombreamento, assim como a orientação e a relação entre a área do vão exterior e a área do pavimento, nunca esquecendo a análise da sua permeabilidade ao ar.

Na Tabela 9 definem-se os possíveis programas de cálculo capazes de analisar os dados de desempenho referidos.

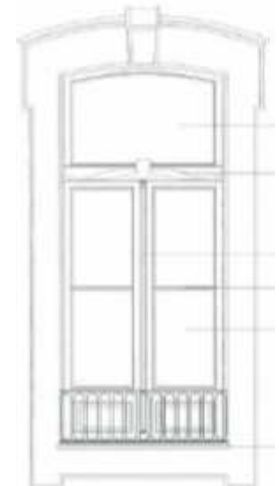


Fig 59: Vão Exterior

Tabela 9: Matriz de consulta dos programas de cálculo para análise de vão exterior

	DISP	DIM	ANÁLISE DINÂMICA		COMPONENTE										EDIFÍCIO			OUTROS		
			S	N	Coef. Transmissão Térmica (U)	Perfil Temperatura Humidade	Perfil Teor de Humidade Relativa	Perfil Humidade	Fluxo de Calor	Fluxo de Humidade	Condensações	Portes Térmicas	Flutuação da Humidade Relativa	Flutuação da Temperatura	Flutuação da Temperatura (Kw.h)	Emissão de CO ₂	Inércia Térmica	Fator solar	Ventilação	Sombreamento
AnTherm	GT/C	2D/3D	x		x	x			x		x									
Autodesk Green Building Studio	GT/C	W	x												x	x				
BISCO	GL/C	2D		x		x			x											
BISTRA	GL/C	2D	x			x			x			x								
BSIM	GL/C	W		x									x	x						
CAPSOL	C	W	x											x	x					
CONTAM	G	1D		x															x	
Condensa2000	G	1D		x							x									
CTCA – Conforto Térmico, Cálculo e Análise	G	2D	x		x	x												x		
CYPETERM	GT/C	W		x	x	x						x	x		x		x			
Energy plus	G	W	x										x		x	x				
Frame Simulator	GL/C	2D		x	x			x		x								x		
FRAMEPLUS ONLINE	G	1D		x	x			x	x		x									
ParaSol	G					x												x		x
RESFREN	G	1D		x											x					
SOLIDO	GL/C	3D		x		x			x											
SolTerm5	C														x					
SUNDI	G																			x
THERM	G	2D		x	x	x			x											
TRISCO	GL/C	3D		x		x			x			x								
UNORM	G	2D		x	x				x			x								
VOLTRA	GL/C	3D	x		x	x			x											
WINDOWS	G	1D		x	x													x		x
WIS	G	1D		x	x													x		
Wufi Pro 5.0	GL/C	1D	x			x	x	x		x										

Legenda: DISP: Disponibilidade; DIM: Dimensão; C: Comercial; G: Gratuito; GL: Gratuito com limitações; GT: Gratuito Temporariamente; 1D: Unidimensional; 2D: Bidimensional; 3D: Tridimensional; W: Avalia o edifício com um todo

5.3.6 EDIFÍCIO NO SEU CONJUNTO

Para analisarmos um edifício, não basta avaliar os seus componentes de forma individual, também é necessário estimar o seu funcionamento como um todo. Só após uma avaliação integral é que podemos ter a certeza de que o edifício se encontra o mais otimizado possível do ponto de vista térmico e higratérmico.

Para uma análise de conjunto, é muito importante verificar a flutuação da temperatura/ humidade relativa de forma a perceber quais as suas variações e se estas estão dentro do expectável. É relevante estimar o seu consumo de energia para que a habitação seja o mais sustentável e menos dispendiosa possível. Na construção atual também é necessário ter em consideração as emissões de CO₂.

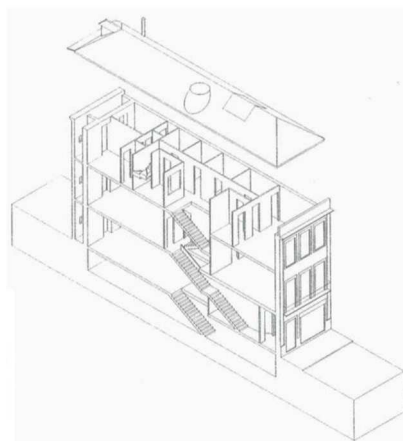


Fig 60: Divisão/Conjunto de divisões

Existem alguns programas que conseguem analisar estes parâmetros apresentados na Tabela 10.

Tabela 10: Matriz de consulta dos programas de cálculo para análise da divisão/conjunto de divisões

			ANÁLISE DINÂMICA		COMPONENTE										EDIFÍCIO					OUTROS	
					Coef. Transmissão Térmica (U)	Perfil Temperatura Humidade	Perfil Teor de Humidade	Perfil Humidade Relativa	Fluxo de Calor	Fluxo de Humidade	Condensações	Pontes Térmicas	Flutuação da Humidade Relativa	Flutuação da Temperatura	Consumo Energia (Kw.h)	Inércia Térmica	Emissão de CO 2	Fator solar	Ventilação	Sombreamento	
	DISP	DIM	S	N																	
AnTherm	GT/C	2D/3D	x		x	x				x		x									
Autodesk Green Building Studio	GT/C	W	x												x	x					
BISCO	GL/C	2D		x		x				x											
BISTRA	GL/C	2D	x			x				x			x								
BSIM	GL/C	W		x									x	x							
CAPSOL	C	W	x											x	x						
CONTAM	G	1D		x															x		
Condensa2000	G	1D		x								x									
CTCA – Conforto Térmico, Calculo e Analise	G	2D	x		x	x												x			
CYPETERM	GT/C	W		x	x	x							x		x		x				
Energy plus	G	W	x											x		x	x				
Frame Simulator	GL/C	2D		x					x		x							x			
FRAMEPLUS ONLINE	G	1D		x					x												
ParaSol	G					x												x		x	
RESFREN	G	1D		x											x						
SOLIDO	GL/C	3D		x		x				x											
SolTerm5	C														x						
SUNDI	G																			x	
THERM	G	2D		x	x	x				x											
TRISCO	GL/C	3D		x		x				x			x								
UNORM	G	2D		x	x					x			x								
VOLTRA	GL/C	3D	x		x	x				x											
WINDOWS	G	1D		x														x		x	
WIS	G	1D		x														x			
Wufi Pro 5.0	GL/C	1D	x			x	x	x		x											

Legenda: DISP: Disponibilidade; DIM: Dimensão; C: Comercial; G: Gratuito; GL: Gratuito com limitações; GT: Gratuito Temporariamente; 1D: Unidimensional; 2D: Bidimensional; 3D: Tridimensional; W: Avalia o edifício com um todo

5.5. ANÁLISE CRÍTICA

Já tínhamos referenciado anteriormente que a sistematização dos programas de térmica e higrotérmica iriam ser úteis para a prática da Engenharia civil, mas concretizamos a sua aplicação. Foi especialmente com esse intuito que foi desenvolvido este capítulo.

Exemplificaram-se vários casos práticos para ilustrar o que foi explicado anteriormente. É de salientar que existem outros casos possíveis de estudo e que não foram mencionados. Pode-se acrescentar que as situações estudadas são comuns e com preponderância na atividade diária da Engenharia Civil.

Para cada caso prático foi utilizada uma ilustração para exemplificar de forma concreta que tipo de situação analisámos e quais os programas utilizados.

6

CONCLUSÕES

6.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este estudo pretendeu-se mostrar a grande variedade de programas existentes no mercado para a prática da Engenharia Civil a partir de uma pequena amostra de 25 programas e criar um meio de sistematizar todos esses programas no âmbito da Térmica e Higrotérmica para que a sua posterior consulta fosse facilitada e com maior precisão.

É importante salientar que se trata de uma pequena amostra, porque na realidade existem centenas de programas com as mesmas capacidades de análise. No entanto, tendo em conta o tempo disponível para a realização deste trabalho, era impossível uma exaustiva pesquisa que incluísse a grande maioria dos programas acessíveis.

Por outro lado, realizou-se uma investigação de cada um dos programas selecionados, com toda a informação mais relevante, tendo por finalidade conseguir perceber os parâmetros simulados em todos os tipos de programas.

Com toda esta informação, foi necessário o desenvolvimento de uma ficha de catálogo comum para todos os diferentes programas com objetivo de os sistematizar. É importante evidenciar que se trata de uma ficha preliminar com as informações mais relevantes para a análise prática da Engenharia Civil.

Em consequência, demonstraram-se algumas das aplicações para as quais os programas se poderiam inserir, mas não o seu funcionamento em concreto, pois isso levaria a uma análise muito pormenorizada, impossível de se realizar no intervalo de tempo pretendido.

Desta forma, se por exemplo um projetista estiver interessado em analisar Térmica e/ou Higrotérmicamente um projeto, a escolha do programa mais indicado e a perceção dos parâmetros que este pode simular está indicada, de forma concreta, na ficha de catálogo. Por conseguinte, este tipo de consulta estende-se a qualquer obra quer em fase de projeto, quer em fase de execução ou também numa fase de reabilitação de edifícios antigos.

Todavia, esta sistematização não se limita apenas às obras de Engenharia Civil em diferentes fases, mas também na investigação de novas tecnologias, ou seja na análise de componentes inovadores que se podem inserir numa nova obra. Também é necessário simular o seu desempenho em diferentes condições ambientais para poder concluir a qualidade da nova tecnologia e em que situações limite, ela pode ser aplicada.

6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Quanto aos desenvolvimentos futuros, esta tese pode servir de ponto de partida para o desenvolvimento de um catálogo mais completo no que respeita a informações relevantes da maior parte dos programas existentes de Térmica e Higrotérmica com influência na prática da Engenharia Civil.

Esses desenvolvimentos poderão passar, por exemplo, por uma análise mais detalhada e relevante de cada programa. A ficha de catálogo pode ser aprimorada de modo a conter mais informação sobre o programa.

Por outro lado, é possível desenvolver um exemplo prático de uma utilização de cada programa com o objetivo de dar a conhecer outras perspetivas quanto ao desempenho e a otimização que se podem repercutir nos trabalhos de uma dada construção.

É de salientar que esta análise pode ser alargada a outras grandes áreas da Engenharia Civil, como por exemplo, na geotecnia, na hidráulica ou na acústica da construção. Isto é, se futuramente toda a informação estiver organizada de forma sistemática e simples, os profissionais vão ter, na sua atividade, índices superiores de eficácia e de rendimento.

Este tipo de catalogação necessita de uma constante atualização, tendo em conta que todos os anos poderão sair novos programas com capacidades diferentes e/ou mais abrangentes e, sobretudo, com maior rigor científico.

Adicionalmente, um objetivo passará pela criação e disponibilização de uma base de dados online, possibilitando aos utilizadores uma eficiente consulta em qualquer momento e em qualquer parte do mundo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] DE FREITAS, Vasco Peixoto e Outros, 2012, *Manual de Apoio ao Projeto de Reabilitação de Edifícios Antigos*. Porto. 1ª ed. Ordem dos Engenheiros da Região Norte. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP)
- [2] FRANCO, Vera Lúcia, 2015, *Sistematização da Normalização Europeia no Domínio do Desempenho Higrotérmico*. Faculdade de Engenharia do Porto. Dissertação para o Grau de Mestre. Porto. - <http://hdl.handle.net/10216/78403>
- [3] FRANÇA, Carlos Manuel Coelho, 2013, *Avaliação dos Programas para Quantificar Condensações em Engenharia Civil*, Faculdade de Engenharia do Porto. Dissertação para o Grau de Mestre. Porto. - <http://hdl.handle.net/10216/72609>
- [4] CURADO, José Candeias, 2014, *Conforto Térmico e Eficiência Energética nos Edifícios de Habitação Social Reabilitados*, Faculdade de Engenharia do Porto. Dissertação para o Grau de Mestre. Porot - <http://hdl.handle.net/10216/72898>
- [5] Kornicki Dienstleistung: AnTherm - www.antherm.at/antherm/EN/ 14/10/2015
- [6] AutoDesk: Autodesk Green Building Studio - www.autodesk.com 20/10/2015
- [7] Physibel: Bisco - www.physibel.be/v0n2bi.htm 20/10/2015
- [8] Physibel: Bistra - www.physibel.be/bistra.htm 20/10/2015
- [9] Danish B. Research Institute: BSim - <http://sbi.dk/en/bsim> 26/10/2015
- [10] Physibel: CapSol - www.physibel.be/v0n2cp.htm 26/10/2015
- [11] Vasco Peixoto de Freitas, FEUP: Condensa2000 26/10/2015
- [12] NIST: Contam - www.bfrl.nist.gov/IAQanalysis 2/11/2015
- [13] Karin Regina e Tiago Ribeiro: CTCA – Conforto Térmico, Calculo e Analise - http://www.ecivilnet.com/software/ctca_conforto_termico.htm 2/11/2015

- [14] CYPE: CYPETERM - <http://www.cype.pt/> 2/11/2015
- [15] U.S. D.E.B. Technologies Office: EnergyPlus - <https://energyplus.net/> 8/11/2015
- [16] Dartwin: Frame Simulator - www.dartwin.it 8/11/2015
- [17] Enermodal Engineering Limited: FRAMEPLUS - tools.enermodal.com/webframeplus/ 8/11/2015
- [18] Faculty of Engineering Lund: ParaSol - <http://www.ebd.lth.se/english> 8/11/2015
- [19] Laboratório Nacional Lawrence Berkeley (LBNL): RESFEN e Windows - <https://windows.lbl.gov> 8/11/2015
- [20] Physibel: Solido - www.physibel.be/solido.htm 16/11/2015
- [21] Laboratorio Nacional de Energia e Geologia (LNEG): SolTerm5 - www.lneg.pt/iedt/projectos/370/ 16/11/2015
- [22] Ivan Krastev: Sundi - <http://www.myoptics.at/sundi/> 16/11/2015
- [23] Laboratório Nacional Lawrence Berkeley (LBNL): Therm - <https://windows.lbl.gov/software> 16/11/2015
- [24] Physibel: Trisco - www.physibel.be/v0n2tr.htm 23/11/2015
- [25] Gunnar Anderlind: UNORM - <http://www.gadbygggnadsfysik.se/> 23/11/2015
- [26] Physibel: Voltra - www.physibel.be/v0n2vo.htm 23/11/2015
- [27] Building and Construction Research (TNO): WIS - www.windat.org/index.html 23/11/2015
- [28] Fraunhofer Institute for Building Physics (IBP): Wufi Pro 5.0 - <https://wufi.de/en> 23/11/2015

ANEXO 1

LISTAGEM DA FICHA DE CATALOGO DE CADA PROGRAMA DE CÁLCULO:

REFERÊNCIA	PROGRAMAS DE CÁLCULO
PTH1	AnTherm
PTH2	Autodesk Green Building Studio
PTH3	BISCO
PTH4	BISTRA
PTH5	BSIM
PTH6	CAPSOL
PTH7	CONTAM
PTH8	Condensa2000
PTH9	CTCA – Conforto Térmico, Calculo e Analise
PTH10	CYPETERM
PTH11	Energy plus
PTH12	Frame Simulator
PTH13	FRAMEPLUS ONLINE
PTH14	ParaSol
PTH15	RESFREN
PTH16	SOLIDO
PTH17	SolTerm5
PTH18	SUNDI
PTH19	THERM
PTH20	TRISCO
PTH21	UNORM
PTH22	VOLTRA
PTH23	WINDOWS
PTH24	WIS
PTH25	Wufi Pro 5.0

INFORMAÇÕES GERAIS	
Nome do programa: ANTHERM Site Eletrónico: www.antherm.at/antherm/EN/ Entidade Criadora: Kornicki Dienstleistung Condições de acessibilidade: ☒ Licença comercial ☒ Grátis (T/L) ☐ Grátis	Ref.: PTH1 Regime: ☒ Variável ☐ Permanente Dimensão: ☐ 1D ☒ 2D ☒ 3D ☐ W
OBJECTO DE ANÁLISE	
☒ Edifício ☒ componente ☐ Outros	
ÂMBITO	
Software, Térmica, Simulação, Temperaturas, Ganhos solares, Ponto orvalho, fluxo de calor Coeficiente de transmissão térmica	
☒ Térmica ☒ Higrotérmica	
APLICABILIDADE	
☒ Prática Profissional ☐ Investigação	
CARACTERÍSTICAS	
Idioma: ☐ Português ☒ Inglês ☐ Outros Custo: ☐ Nulo ☐ Baixo ☒ Médio ☐ Elevado	
COMPLEXIDADE	
☐ Fácil Utilização ☒ Complexa Utilização	
NÍVEL DE DIFICULDADE	
☐ 1 ☒ 2 ☐ 3	
IMPORTÂNCIA	
☒ Importante ☐ Muito Importante	
DADOS DE ENTRADA	
1. Geometria do componente 2. Propriedades térmicas 3. Definir condições fronteira	
DADOS DE SAÍDA	
1. Coeficiente de transmissão térmica 2. Fluxo de calor 3. Perfil de temperaturas 4. Cálculo do ponto de orvalho na superfícies dos componentes	
OBSERVAÇÕES	
• Possível análise de pontes térmicas • Com os resultados obtidos podemos analisar as condensações superficiais interiores	

INFORMAÇÕES GERAIS	
Nome do programa: AUTODESK GREEN BUILDING S. Site Eletrónico: www.autodesk.com Entidade Criadora: AutoDesk Condições de acessibilidade: ☒ Licença comercial ☒ Gratuito (T/L) ☐ Gratuito	Ref. : PTH2 Regime: ☒ Variável ☐ Permanente Dimensão: ☐ 1D ☐ 2D ☐ 3D ☒ W
OBJECTO DE ANÁLISE	
☒ Edifício ☐ Componente ☐ Outros	
ÂMBITO	
Software, Térmica, Simulação, Consumo de Energia, Energias Renováveis, Emissões CO2	
☒ Térmica ☐ Higrotérmica	
APLICABILIDADE	
☒ Prática Profissional ☐ Investigação	
CARACTERÍSTICAS	
Idioma: ☐ Português ☒ Inglês ☐ Outros Custo: ☐ Nulo ☐ Baixo ☒ Médio ☐ Elevado	
COMPLEXIDADE	
☐ Fácil Utilização ☒ Complexa Utilização	
NÍVEL DE DIFICULDADE	
☐ 1 ☐ 2 ☒ 3	
IMPORTÂNCIA	
☐ Importante ☒ Muito Importante	
DADOS DE ENTRADA	
1. Desenho do edifício no formato indicado; 2. Tipo de construção e localização	
DADOS DE SAÍDA	
1. Análise da energia de todo o edifício 2. Relatórios das emissões de carbono 3. Nível potencial para energias renováveis	
OBSERVAÇÕES	
• Compatibilidade com ficheiros para obtenção da sua geometria	

INFORMAÇÕES GERAIS	
Nome do programa: BISCO Site Eletrónico: www.physibel.be/v0n2bi.htm Entidade Criadora: PHYSIBEL Condições de acessibilidade: ☒ Licença comercial ☒ Gratuito (T/L) ☐ Gratuito	Ref. : PTH3 Regime: ☐ Variável ☒ Permanente Dimensão: ☐ 1D ☒ 2D ☐ 3D ☐ W
OBJECTO DE ANALISE	
☐ Edifício ☒ Componente ☐ Outros	
ÂMBITO	
Software, Térmica, Simulação, Isotérmicas, Isofluxos, Temperaturas, Fluxos de calor, Condensações, Perdas de calor	
☒ Térmica ☐ Higrotérmica	
APLICABILIDADE	
☒ Prática Profissional ☐ Investigação	
CARACTERÍSTICAS	
Idioma: ☐ Português ☒ Inglês ☐ Outros Custo: ☐ Nulo ☐ Baixo ☒ Médio ☐ Elevado	
COMPLEXIDADE	
☐ Fácil Utilização ☒ Complexa Utilização	
NÍVEL DE DIFICULDADE	
☐ 1 ☒ 2 ☐ 3	
IMPORTÂNCIA	
☒ Importante ☐ Muito Importante	
DADOS DE ENTRADA	
1. Desenho do elemento; Escolha dos materiais; 2. Condições fronteira	
DADOS DE SAÍDA	
1. Perfis de temperatura 2. Temperaturas localizadas 3. Fluxos de calor	
OBSERVAÇÕES	
• Os resultados obtidos podem ser usados para uma posterior análise de pontes térmicas	

INFORMAÇÕES GERAIS	
Nome do programa: BISTRA Site Eletrónico: www.physibel.be/bistra.htm Entidade Criadora: PHYSIBEL Condições de acessibilidade: ☒ Licença comercial ☒ Gratuito (T/L) ☐ Gratuito	Ref. : PTH4 Regime: ☒ Variável ☐ Permanente Dimensão: ☐ 1D ☒ 2D ☐ 3D ☐ W
OBJECTO DE ANALISE	
☐ Edifício ☒ Componente ☐ Outros	
ÂMBITO	
Software, Térmica, Simulação, Isotérmicas, Isofluxos, Temperaturas, Fluxos de calor, Condensações, Perdas de calor	
☒ Térmica ☐ Higrotérmica	
APLICABILIDADE	
☒ Prática Profissional ☐ Investigação	
CARACTERÍSTICAS	
Idioma: ☐ Português ☒ Inglês ☐ Outros Custo: ☐ Nulo ☐ Baixo ☒ Médio ☐ Elevado	
COMPLEXIDADE	
☐ Fácil Utilização ☒ Complexa Utilização	
NÍVEL DE DIFICULDADE	
☐ 1 ☒ 2 ☐ 3	
IMPORTÂNCIA	
☒ Importante ☐ Muito Importante	
DADOS DE ENTRADA	
1. Desenho do elemento; Escolha dos materiais; 2. Condições fronteira	
DADOS DE SAÍDA	
1. Perfis de temperatura 2. Temperaturas localizadas 3. Fluxos de calor	
OBSERVAÇÕES	
• Os resultados obtidos podem ser usados para uma posterior análise de pontes térmicas	

INFORMAÇÕES GERAIS	
Nome do programa: BSIM Site Eletrónico: http://sbi.dk/en/bsim Entidade Criadora: Danish B. Research Institute Condições de acessibilidade: ☒ Licença comercial ☒ Gratuito (T/L) ☐ Gratuito	Ref.: PTH5 Regime: ☒ Variável ☐ Permanente Dimensão: ☐ 1D ☐ 2D ☐ 3D ☒ W
OBJECTO DE ANÁLISE	
☒ Edifício ☐ Componente ☐ Outros	
ÂMBITO	
Software, Térmica, Simulação, Ventilação, Humidade, Ganhos solares, Temperaturas, Consumo energético, Conforto Térmico	
☐ Térmica ☒ Higrotérmica	
APLICABILIDADE	
☒ Prática Profissional ☐ Investigação	
CARACTERÍSTICAS	
Idioma: ☐ Português ☒ Inglês ☐ Outros Custo: ☐ Nulo ☐ Baixo ☐ Médio ☒ Elevado	
COMPLEXIDADE	NÍVEL DE DIFICULDADE
☐ Fácil Utilização ☒ Complexa Utilização	☐ 1 ☐ 2 ☒ 3
IMPORTÂNCIA	
☐ Importante ☒ Muito Importante	
DADOS DE ENTRADA	
1. Geometria do compartimento; Características dos materiais; 2. Tipo de ventilação 3. Cargas internas	
DADOS DE SAÍDA	
1. Flutuação de temperatura e humidade 2. Incidência Solar 3. Ventilação (caudais, RPh, verificações) 4. Análise da iluminação natural	
OBSERVAÇÕES	
• Utilização dos resultados obtidos para prever quando o edifício deve ser aquecido	

INFORMAÇÕES GERAIS	
Nome do programa: CAPSOL Site Eletrónico: www.physibel.be/v0n2cp.htm Entidade Criadora: PHYSIBEL Condições de acessibilidade: ☒ Licença comercial ☒ Gratuito (T/L) ☐ Gratuito	Ref. : PTH6 Regime: ☒ Variável ☐ Permanente Dimensão: ☐ 1D ☐ 2D ☐ 3D ☒ W
OBJECTO DE ANÁLISE	
☒ Edifício ☐ Componente ☐ Outros	
ÂMBITO	
Software, Térmica, Simulação, Consumo Energético, Aquecimento, Arrefecimento, Fluxo de calor	
☒ Térmica ☐ Higrotérmica	
APLICABILIDADE	
☒ Prática Profissional ☐ Investigação	
CARACTERÍSTICAS	
Idioma: ☐ Português ☒ Inglês ☐ Outros Custo: ☐ Nulo ☐ Baixo ☒ Médio ☐ Elevado	
COMPLEXIDADE	
☐ Fácil Utilização ☒ Complexa Utilização	
NÍVEL DE DIFICULDADE	
☐ 1 ☒ 2 ☐ 3	
IMPORTÂNCIA	
☒ Importante ☐ Muito Importante	
DADOS DE ENTRADA	
1. Desenho do Elemento; Escolha dos materiais; Localização geográfica e orientação do edifício 2. Ganhos de calor de fontes de calor internas 3. Requisitos de conforto	
DADOS DE SAÍDA	
1. Fluxos de calor 2. Gráficos de temperatura 3. Análise energética	
OBSERVAÇÕES	
• Compatibilidade com o programa VOLTRA • Capacidade de analisar as flutuações de temperatura por compartimento	

INFORMAÇÕES GERAIS	
Nome do programa: Condensa2000 Site Eletrónico: N/D Entidade Criadora: FEUP Condições de acessibilidade: ☐ Licença comercial ☐ Grátis (T/L) ☒ Grátis	Ref.: PTH7 Regime: ☐ Variável ☒ Permanente Dimensão: ☒ 1D ☐ 2D ☐ 3D ☐ W
OBJECTO DE ANÁLISE	
☐ Edifício ☒ Componente ☐ Outros	
ÂMBITO	
Software, Higrotérmica, Simulação, Vapor de água, Pressões	
☐ Térmica ☒ Higrotérmica	
APLICABILIDADE	
☒ Prática Profissional ☐ Investigação	
CARACTERÍSTICAS	
Idioma: ☒ Português ☐ Inglês ☐ Outros Custo: ☒ Nulo ☐ Baixo ☐ Médio ☐ Elevado	
COMPLEXIDADE	NÍVEL DE DIFICULDADE
☐ Fácil Utilização ☒ Complexa Utilização	☒ 1 ☐ 2 ☐ 3
IMPORTÂNCIA	
☐ Importante ☒ Muito Importante	
DADOS DE ENTRADA	
1. Período de tempo analisado, número de intervalos de tempo; 2. Número de camadas que constitui o componente; 3. Resistência térmica superficial interior/exterior e espessura da camada de ar interior/exterior; 4. Parâmetro da caracterização da humidade do ar;	
DADOS DE SAÍDA	
1. Fluxo de vapor de água que entra/sai do elemento construtivo ; 2. Quantidade do vapor de água condensado no interior do elemento; 3. Percentagem de vapor de água condensado ao longo dos períodos de tempo ; 4. Pressões de saturação e pressões instaladas ;	
OBSERVAÇÕES	
• Permite a posterior análise da existência de condensações no elemento construtivo	

INFORMAÇÕES GERAIS	
Nome do programa: CONTAM Site Eletrónico: www.bfrl.nist.gov/IAQanalysis Entidade Criadora: NIST Condições de acessibilidade: ☐ Licença comercial ☐ Gratuito (T/L) ☒ Gratuito	Ref. : PTH8 Regime: ☐ Variável ☒ Permanente Dimensão: ☒ 1D ☐ 2D ☐ 3D ☐ W
OBJECTO DE ANÁLISE	
☒ Edifício ☐ Componente ☐ Outros	
ÂMBITO	
Software, Térmica, Simulação, Taxa de renovação do ar, Variação de Temperatura	
☒ Térmica ☐ Higrotérmica	
APLICABILIDADE	
☒ Prática Profissional ☐ Investigação	
CARACTERÍSTICAS	
Idioma: ☐ Português ☒ Inglês ☐ Outros Custo: ☒ Nulo ☐ Baixo ☐ Médio ☐ Elevado	
COMPLEXIDADE	NÍVEL DE DIFICULDADE
☐ Fácil Utilização ☒ Complexa Utilização	☒ 1 ☐ 2 ☐ 3
IMPORTÂNCIA	
☒ Importante ☐ Muito Importante	
DADOS DE ENTRADA	
1. Geometria em planta do edificado; 2. Tipo de materiais utilizados; 3. Condições fronteiras	
DADOS DE SAÍDA	
1. Taxa de renovação do ar 2. Variação de temperaturas interiores	
OBSERVAÇÕES	

INFORMAÇÕES GERAIS	
Nome do programa: CTCA Site Eletrónico: N/D Entidade Criadora: Karin Regina e Tiago Ribeiro Condições de acessibilidade: ☐ Licença comercial ☐ Gratuito (T/L) ☒ Gratuito	Ref.: PTH9 Regime: ☒ Variável ☐ Permanente Dimensão: ☐ 1D ☒ 2D ☐ 3D ☐ W
OBJECTO DE ANÁLISE	
☐ Edifício ☒ Componente ☐ Outros	
ÂMBITO	
Software, Térmica, Simulação, Temperatura, Factor solar, Coeficiente de transmissão térmica	
☒ Térmica ☐ Higrotérmica	
APLICABILIDADE	
☒ Prática Profissional ☐ Investigação	
CARACTERÍSTICAS	
Idioma: ☒ Português ☐ Inglês ☐ Outros Custo: ☒ Nulo ☐ Baixo ☐ Médio ☐ Elevado	
COMPLEXIDADE	NÍVEL DE DIFICULDADE
☐ Fácil Utilização ☒ Complexa Utilização	☐ 1 ☒ 2 ☐ 3
IMPORTÂNCIA	
☒ Importante ☐ Muito Importante	
DADOS DE ENTRADA	
1. Dados climáticos e localização 2. Definição do compartimento e características do componente 3. Atividade exercida no espaço e por quantas pessoas	
DADOS DE SAÍDA	
1. Coeficiente de Transmissão Térmica 2. Perfis de temperatura 3. Factor solar	
OBSERVAÇÕES	
• Base de dados standard apenas pelo território brasileiro	

INFORMAÇÕES GERAIS	
Nome do programa: CYPETERM Site Eletrónico: http://www.cype.pt/ Entidade Criadora: CYPE Condições de acessibilidade: ☒ Licença comercial ☐ Grátis (T/L) ☐ Grátis	Ref. : PTH10 Regime: ☐ Variável ☒ Permanente Dimensão: ☐ 1D ☐ 2D ☐ 3D ☒ W
OBJECTO DE ANÁLISE	
☒ Edifício ☐ Componente ☐ Outros	
ÂMBITO	
Software, Térmica, Simulação, Temperatura, Desempenho energético, Pontes térmicas, fator solar Coeficiente de transmissão térmica, Sombreamento	
☒ Térmica ☐ Higrotérmica	
APLICABILIDADE	
☒ Prática Profissional ☐ Investigação	
CARACTERÍSTICAS	
Idioma: ☒ Português ☐ Inglês ☐ Outros Custo: ☐ Nulo ☐ Baixo ☐ Médio ☒ Elevado	
COMPLEXIDADE	
☐ Fácil Utilização ☒ Complexa Utilização	
NÍVEL DE DIFICULDADE	
☐ 1 ☐ 2 ☒ 3	
IMPORTÂNCIA	
☒ Importante ☐ Muito Importante	
DADOS DE ENTRADA	
1. Arquitetura, Orientação, Localização, Altitude e ajuste dos dados climatéricos 2. Escolha dos elementos e suas características 3. Sistemas de aquecimento, arrefecimento, águas quentes sanitárias e ventilação	
DADOS DE SAÍDA	
1. Fornece listagens de elementos e matérias e suas características 2. Desempenho energético 3. Pontes Térmicas, Inércia térmica, Fator solar, sombreamento 4. Coeficiente de transmissão térmica dos elementos	
OBSERVAÇÕES	
• Programa de cálculo com grande abrangência na análise Térmica	

INFORMAÇÕES GERAIS	
Nome do programa: EnergyPlus Site Eletrónico: https://energyplus.net/ Entidade Criadora: U.S. D.E.B. Technologies Office Condições de acessibilidade: ☐ Licença comercial ☐ Gratuito (T/L) ☒ Gratuito	Ref.: PTH11 Regime: ☒ Variável ☐ Permanente Dimensão: ☐ 1D ☐ 2D ☐ 3D ☒ W
OBJECTO DE ANÁLISE	
☒ Edifício ☐ Componente ☐ Outros	
ÂMBITO	
software, Térmica, Simulação, Consumo Energético, Emissão de CO ₂ , Balanço Térmico	
☒ Térmica ☐ Higrotérmica	
APLICABILIDADE	
☒ Prática Profissional ☐ Investigação	
CARACTERÍSTICAS	
Idioma: ☐ Português ☒ Inglês ☐ Outros Custo: ☒ Nulo ☐ Baixo ☐ Médio ☐ Elevado	
COMPLEXIDADE	
☐ Fácil Utilização ☒ Complexa Utilização	
NÍVEL DE DIFICULDADE	
☐ 1 ☐ 2 ☒ 3	
IMPORTÂNCIA	
☐ Importante ☒ Muito Importante	
DADOS DE ENTRADA	
1. Características Geométricas; Escolha dos materiais 2. Definir condições climáticas 3. Horários de utilização	
DADOS DE SAÍDA	
1. Consumo energético 2. Emissão de CO ₂ 3. Balanço Térmico	
OBSERVAÇÕES	
• Grande compatibilidade para o input da geometria do edifício	

INFORMAÇÕES GERAIS	
Nome do programa: Frame Simulator Site Eletrónico: www.dartwin.it Entidade Criadora: Dartwin Condições de acessibilidade: ☒ Licença comercial ☒ Gratuito (T/L) ☐ Gratuito	Ref. : PTH12 Regime: ☐ Variável ☒ Permanente Dimensão: ☐ 1D ☒ 2D ☐ 3D ☐ W
OBJECTO DE ANÁLISE	
☐ Edifício ☒ Componente ☐ Outros	
ÂMBITO	
Software, Térmica, Simulação, Caixilho, Coeficiente de transmissão Térmica, Ganhos solares, Condensações, Temperaturas	
☒ Térmica ☐ Higrotérmica	
APLICABILIDADE	
☒ Prática Profissional ☐ Investigação	
CARACTERÍSTICAS	
Idioma: ☐ Português ☒ Inglês ☐ Outros Custo: ☐ Nulo ☐ Baixo ☒ Médio ☐ Elevado	
COMPLEXIDADE	
☐ Fácil Utilização ☒ Complexa Utilização	
NÍVEL DE DIFICULDADE	
☐ 1 ☒ 2 ☐ 3	
IMPORTÂNCIA	
☐ Importante ☒ Muito Importante	
DADOS DE ENTRADA	
1. Desenho do elemento; Escolha dos materiais; 2. Condições de temperatura e humidade tendo em conta o meio ambiente inserido	
DADOS DE SAÍDA	
1. Coeficiente de transmissão Térmica 2. Ganhos solares 3. Risco de condensações superficiais interiores 4. Perfis de Temperatura	
OBSERVAÇÕES	
• Apenas se limita a análise de caixilharia e do envidraçado	

INFORMAÇÕES GERAIS	
Nome do programa: FRAMEPLUS ONLINE Site Eletrónico: tools.enermodal.com/webframeplus Entidade Criadora: Enermodal Engineering Limited Condições de acessibilidade: ☐ Licença comercial ☐ Gratuito (T/L) ☒ Gratuito	Ref. : PTH13 Regime: ☐ Variável ☒ Permanente Dimensão: ☒ 1D ☐ 2D ☐ 3D ☐ W
OBJECTO DE ANÁLISE	
☐ Edifício ☒ Componente ☐ Outros	
ÂMBITO	
Software, Térmica, Simulação, caixilhos, Temperaturas, Fluxos de calor, condensações Coeficiente de transmissão térmica	
☒ Térmica ☐ Higrotérmica	
APLICABILIDADE	
☒ Prática Profissional ☐ Investigação	
CARACTERÍSTICAS	
Idioma: ☐ Português ☒ Inglês ☐ Outros Custo: ☒ Nulo ☐ Baixo ☐ Médio ☐ Elevado	
COMPLEXIDADE	
☒ Fácil Utilização ☐ Complexa Utilização	
NÍVEL DE DIFICULDADE	
☐ 1 ☒ 2 ☐ 3	
IMPORTÂNCIA	
☒ Importante ☐ Muito Importante	
DADOS DE ENTRADA	
1. Pormenores construtivos ; 2. Intensidade da radiação solar; 3. Condições atmosféricas	
DADOS DE SAÍDA	
1. Fluxos de calor 2. Coeficiente de Transmissão Térmica 3. Risco de condensação	
OBSERVAÇÕES	
• Permite determinar potenciais pontes térmicas e condensações superficiais • Acesso imediato ao programa de cálculo pois ele encontra-se online	

INFORMAÇÕES GERAIS	
Nome do programa: PARASOL Site Eletrónico: http://www.ebd.lth.se/english Entidade Criadora: Faculty of Engineering Lund Condições de acessibilidade: ☐ Licença comercial ☐ Gratuito (T/L) ☒ Gratuito	Ref. : PTH14 Regime: ☐ Variável ☐ Permanente Dimensão: ☐ 1D ☐ 2D ☐ 3D ☐ W
OBJECTO DE ANÁLISE	
☒ Edifício ☐ Componente ☐ Outros	
ÂMBITO	
Software, Térmica, Simulação, sombreamento, Ganhos solares, Temperatura interior, caixilharias	
☒ Térmica ☐ Higrotérmica	
APLICABILIDADE	
☒ Prática Profissional ☐ Investigação	
CARACTERÍSTICAS	
Idioma: ☐ Português ☒ Inglês ☐ Outros Custo: ☒ Nulo ☐ Baixo ☐ Médio ☐ Elevado	
COMPLEXIDADE	NÍVEL DE DIFICULDADE
☒ Fácil Utilização ☐ Complexa Utilização	☒ 1 ☐ 2 ☐ 3
IMPORTÂNCIA	
☒ Importante ☐ Muito Importante	
DADOS DE ENTRADA	
1. Especificação do tipo de caixilharia 2. Sistema contrutivo das paredes; Localização geográfica e orientação do edifício 3. Escolha de proteção Solar	
DADOS DE SAÍDA	
1. Ganhos solares em forma de diagrama 2. Estudo do sombreamento 3. Temperaturas interiores	
OBSERVAÇÕES	
• Tendo em conta os resultados e possível analisar quando necessário aquecer o compartimento	

INFORMAÇÕES GERAIS	
Nome do programa: RESFEN Site Eletrónico: https://windows.lbl.gov Entidade Criadora: LBNL Condições de acessibilidade: ☐ Licença comercial ☐ Gratuito (T/L) ☒ Gratuito	Ref. : PTH15 Regime: ☐ Variável ☒ Permanente Dimensão: ☒ 1D ☐ 2D ☐ 3D ☐ W
OBJECTO DE ANÁLISE	
☐ Edifício ☒ Componente ☐ Outros	
ÂMBITO	
Software, Térmica, Simulação, Caixilharia, Ganhos solares, Temperatura, Energia	
☒ Térmica ☐ Higratérmica	
APLICABILIDADE	
☒ Prática Profissional ☐ Investigação	
CARACTERÍSTICAS	
Idioma: ☐ Português ☒ Inglês ☐ Outros Custo: ☒ Nulo ☐ Baixo ☐ Médio ☐ Elevado	
COMPLEXIDADE	NÍVEL DE DIFICULDADE
☒ Fácil Utilização ☐ Complexa Utilização	☒ 1 ☐ 2 ☐ 3
IMPORTÂNCIA	
☒ Importante ☐ Muito Importante	
DADOS DE ENTRADA	
1. Características da habitação, localização geográfica, algumas características construtivas 2. Características do envidraçado e caixilharia 3. Fator solar, ganhos solares, sombreamento, taxa de renovação do ar	
DADOS DE SAÍDA	
1. Necessidades energéticas para o aquecimento e arrefecimento da divisão 2. Custo associado aos gastos energéticos	
OBSERVAÇÕES	
• Compatibilidade com o programa WINDOWS	

INFORMAÇÕES GERAIS	
Nome do programa: SOLIDO Site Eletrónico: www.physibel.be/solido.htm Entidade Criadora: PHYSIBEL Condições de acessibilidade: ☒ Licença comercial ☒ Gratuito (T/L) ☐ Gratuito	Ref. : PTH16 Regime: ☐ Variável ☒ Permanente Dimensão: ☐ 1D ☐ 2D ☒ 3D ☐ W
OBJECTO DE ANALISE	
☐ Edifício ☒ Componente ☐ Outros	
ÂMBITO	
Software, Térmica, Simulação, Isotérmicas, Isofluxos, Temperaturas, Fluxos de calor, Perdas de calor	
☒ Térmica ☐ Higrotérmica	
APLICABILIDADE	
☒ Prática Profissional ☐ Investigação	
CARACTERÍSTICAS	
Idioma: ☐ Português ☒ Inglês ☐ Outros Custo: ☐ Nulo ☐ Baixo ☒ Médio ☐ Elevado	
COMPLEXIDADE	
☐ Fácil Utilização ☒ Complexa Utilização	
NÍVEL DE DIFICULDADE	
☐ 1 ☒ 2 ☐ 3	
IMPORTÂNCIA	
☒ Importante ☐ Muito Importante	
DADOS DE ENTRADA	
1. Desenho do elemento; Escolha dos materiais; 2. Condições fronteira	
DADOS DE SAÍDA	
1. Perfis de temperatura 2. Temperaturas localizadas 3. Fluxos de calor	
OBSERVAÇÕES	
• Compatibilidade com outros programas da physibel assim como por exemplo o BISCO	

INFORMAÇÕES GERAIS	
Nome do programa: SOLTERM5 Site Eletronico: www.lneg.pt/iedt/projectos/370/ Entidade Criadora: LNEG Condições de acessibilidade: ☒ Licença comercial ☒ Gratuito (T/L) ☐ Gratuito	Ref. : PTH17 Regime: ☐ Variável ☐ Permanente Dimensão: ☐ 1D ☐ 2D ☐ 3D ☐ W
OBJECTO DE ANÁLISE	
☐ Edifício ☐ Componente ☒ Outros	
ÂMBITO	
Software, Simulação, Sistema, Energia, Ambiente, Desempenho economico	
☒ Térmica ☐ Higrorotérmica	
APLICABILIDADE	
☒ Prática Profissional ☐ Investigação	
CARACTERÍSTICAS	
Idioma: ☒ Português ☐ Inglês ☐ Outros Custo: ☐ Nulo ☐ Baixo ☒ Médio ☐ Elevado	
COMPLEXIDADE	
☐ Facil Utilização ☒ Complexa Utilização	
NÍVEL DE DIFICULDADE	
☐ 1 ☒ 2 ☐ 3	
IMPORTÂNCIA	
☒ Importante ☐ Muito Importante	
DADOS DE ENTRADA	
1. Dimensionamento do sistema Características técnicas dos componentes 2. Consumo do sistema medio 3. Radiações solares, obstrução e sombreamentos 4. Características do coletor	
DADOS DE SAÍDA	
1. Pré-dimensionamento de um sistema 2. Análise de benefícios Energia/Ambiente 3. Desempenho económico, energético e ambiental 4. Verificação tendo em conta o REH	
OBSERVAÇÕES	
• Inclui um banco de 308 anos de referência, um para cada concelho • É possível acrescentar qualquer tipo de equipamento e/ou informação na base de dados	

INFORMAÇÕES GERAIS	
Nome do programa: SUNDI Site Eletrónico: http://www.myoptics.at/sundi/ Entidade Criadora: Ivan Krastev Condições de acessibilidade: ☐ Licença comercial ☐ Gratuito (T/L) ☒ Gratuito	Ref. : PTH18 Regime: ☐ Variável ☐ Permanente Dimensão: ☐ 1D ☐ 2D ☐ 3D ☐ W
OBJECTO DE ANÁLISE	
☐ Edifício ☐ Componente ☒ Outros	
ÂMBITO	
Software, Térmica, Simulação, Sombreamento	
☒ Térmica ☐ Higrotérmica	
APLICABILIDADE	
☒ Prática Profissional ☐ Investigação	
CARACTERÍSTICAS	
Idioma: ☐ Português ☒ Inglês ☐ Outros Custo: ☒ Nulo ☐ Baixo ☐ Médio ☐ Elevado	
COMPLEXIDADE	NÍVEL DE DIFICULDADE
☒ Fácil Utilização ☐ Complexa Utilização	☒ 1 ☐ 2 ☐ 3
IMPORTÂNCIA	
☒ Importante ☐ Muito Importante	
DADOS DE ENTRADA	
1. Geometria do sombreamento	
DADOS DE SAÍDA	
1. Perdas solares em forma de tabelas e gráficos	
OBSERVAÇÕES	
• Simula qualquer geometria de sombreamento	

INFORMAÇÕES GERAIS	
Nome do programa: THERM Site Eletrónico: https://windows.lbl.gov/software Entidade Criadora: LBNL Condições de acessibilidade: ☐ Licença comercial ☐ Gratuito (T/L) ☒ Gratuito	Ref.: PTH19 Regime: ☐ Variável ☒ Permanente Dimensão: ☐ 1D ☒ 2D ☐ 3D ☐ W
OBJECTO DE ANÁLISE	
☐ Edifício ☒ Componente ☐ Outros	
ÂMBITO	
Software, Térmica, Simulação, Isotérmicas, Coeficiente de transmissão Térmica, Temperatura	
☒ Térmica ☐ Higrotérmica	
APLICABILIDADE	
☒ Prática Profissional ☐ Investigação	
CARACTERÍSTICAS	
Idioma: ☐ Português ☒ Inglês ☐ Outros Custo: ☒ Nulo ☐ Baixo ☐ Médio ☐ Elevado	
COMPLEXIDADE	NÍVEL DE DIFICULDADE
☐ Fácil Utilização ☒ Complexa Utilização	☐ 1 ☒ 2 ☐ 3
IMPORTÂNCIA	
☒ Importante ☐ Muito Importante	
DADOS DE ENTRADA	
1. Desenho do elemento; Escolha dos materiais; 2. Condições fronteiras	
DADOS DE SAÍDA	
1. Coeficiente de transmissão Térmica 2. Linhas isotérmicas 3. Temperaturas localizadas 4. Fluxos de calor	
OBSERVAÇÕES	
• Este deve ser usado posteriormente à utilização do programa WINDOW	

INFORMAÇÕES GERAIS	
Nome do programa: TRISCO Site Eletrónico: www.physibel.be/v0n2tr.htm Entidade Criadora: PHYSIBEL Condições de acessibilidade: ☒ Licença comercial ☒ Gratuito (T/L) ☐ Gratuito	Ref. : PTH20 Regime: ☐ Variável ☒ Permanente Dimensão: ☐ 1D ☐ 2D ☒ 3D ☐ W
OBJECTO DE ANÁLISE	
☒ Edifício ☐ Componente ☐ Outros	
ÂMBITO	
Software, Térmica, Simulação, Isotérmicas, Isofluxos, Temperaturas, Fluxos de calor, condensações, Perdas de calor	
☒ Térmica ☐ Higrotérmica	
APLICABILIDADE	
☒ Prática Profissional ☐ Investigação	
CARACTERÍSTICAS	
Idioma: ☐ Português ☒ Inglês ☐ Outros Custo: ☐ Nulo ☐ Baixo ☒ Médio ☐ Elevado	
COMPLEXIDADE	
☐ Fácil Utilização ☒ Complexa Utilização	
NÍVEL DE DIFICULDADE	
☐ 1 ☒ 2 ☐ 3	
IMPORTÂNCIA	
☒ Importante ☐ Muito Importante	
DADOS DE ENTRADA	
1. Desenho do elemento; Escolha dos materiais; 2. Condições fronteiras	
DADOS DE SAÍDA	
1. Fluxos de calor 2. Linhas isotérmicas e isofluxos 3. Temperaturas localizadas	
OBSERVAÇÕES	
• Possível análise de condensações superficiais interiores assim como a análise de perdas de calor de cada componente. • Compatibilidade com outros softwares tais como AutoCAD, VOLTRA, BISCO	

INFORMAÇÕES GERAIS	
Nome do programa: UNORM Site Eletrónico: http://www.gadbyggnadsfysik.se Entidade Criadora: Gunnar Anderlind Condições de acessibilidade: ☐ Licença comercial ☐ Gratuito (T/L) ☒ Gratuito	Ref. : PTH21 Regime: ☐ Variável ☒ Permanente Dimensão: ☐ 1D ☒ 2D ☐ 3D ☐ W
OBJECTO DE ANÁLISE	
☐ Edifício ☒ Componente ☐ Outros	
ÂMBITO	
Software, Térmica, Simulação, Coeficiente de transmissão térmica, Pontes térmicas, Fluxo de calor	
☒ Térmica ☐ Higrotérmica	
APLICABILIDADE	
☒ Prática Profissional ☐ Investigação	
CARACTERÍSTICAS	
Idioma: ☐ Português ☒ Inglês ☐ Outros Custo: ☒ Nulo ☐ Baixo ☐ Médio ☐ Elevado	
COMPLEXIDADE	
☐ Fácil Utilização ☒ Complexa Utilização	
NÍVEL DE DIFICULDADE	
☐ 1 ☐ 2 ☒ 3	
IMPORTÂNCIA	
☒ Importante ☐ Muito Importante	
DADOS DE ENTRADA	
1. Geometria do Elemento; Escolha dos materiais 2. Condições fronteiras	
DADOS DE SAÍDA	
1. Fluxos de calor 2. Análise de pontes térmicas 3. Coeficiente transmissão térmica	
OBSERVAÇÕES	
• Para o melhor desempenho do UNorm sugere-se em complementar os cálculos térmicos com maior precisão obtidos de outros programas	

INFORMAÇÕES GERAIS	
Nome do programa: VOLTRA Site Eletrónico: www.physibel.be/v0n2vo.htm Entidade Criadora: PHYSIBEL Condições de acessibilidade: ☒ Licença comercial ☒ Gratuito (T/L) ☐ Gratuito	Ref. : PTH22 Regime: ☒ Variável ☐ Permanente Dimensão: ☐ 1D ☐ 2D ☒ 3D ☐ W
OBJECTO DE ANÁLISE	
☒ Edifício ☐ Componente ☐ Outros	
ÂMBITO	
Software, Térmica, Simulação, Isotérmicas, Isofluxos, Temperaturas, Fluxos de calor, condensações, Perdas de calor	
☒ Térmica ☐ Higrotérmica	
APLICABILIDADE	
☒ Prática Profissional ☐ Investigação	
CARACTERÍSTICAS	
Idioma: ☐ Português ☒ Inglês ☐ Outros Custo: ☐ Nulo ☐ Baixo ☒ Médio ☐ Elevado	
COMPLEXIDADE	
☐ Fácil Utilização ☒ Complexa Utilização	
NÍVEL DE DIFICULDADE	
☐ 1 ☒ 2 ☐ 3	
IMPORTÂNCIA	
☒ Importante ☐ Muito Importante	
DADOS DE ENTRADA	
1. Desenho do elemento; Escolha dos materiais; 2. Condições fronteira	
DADOS DE SAÍDA	
1. Fluxos de calor 2. Animações da absorção solar em 3D ou 2D 3. Temperaturas localizadas	
OBSERVAÇÕES	
• Capacidade de analisar Pontes térmicas com os resultados obtidos • Compatibilidade com vários programas do grupo Physibel	

INFORMAÇÕES GERAIS	
Nome do programa: WINDOW Site Eletrónico: https://windows.lbl.gov Entidade Criadora: LBNL Condições de acessibilidade: ☐ Licença comercial ☐ Gratuito (T/L) ☒ Gratuito	Ref. : PTH23 Regime: ☐ Variável ☒ Permanente Dimensão: ☒ 1D ☐ 2D ☐ 3D ☐ W
OBJECTO DE ANÁLISE	
☐ Edifício ☒ Componente ☐ Outros	
ÂMBITO	
Software, Térmica, Simulação, Caixilhos, Temperatura, Ganhos solares, Sombreamento Coeficiente de transmissão térmica	
☒ Térmica ☐ Higrotérmica	
APLICABILIDADE	
☒ Prática Profissional ☐ Investigação	
CARACTERÍSTICAS	
Idioma: ☐ Português ☒ Inglês ☐ Outros Custo: ☒ Nulo ☐ Baixo ☐ Médio ☐ Elevado	
COMPLEXIDADE	NÍVEL DE DIFICULDADE
☒ Fácil Utilização ☐ Complexa Utilização	☒ 1 ☐ 2 ☐ 3
IMPORTÂNCIA	
☒ Importante ☐ Muito Importante	
DADOS DE ENTRADA	
1. Características dos caixilhos e dos envidraçados; 2. Temperatura do meio onde está inserido	
DADOS DE SAÍDA	
1. Coeficiente de transmissão térmica 2. Ganhos solares 3. Coeficiente de sombreamento	
OBSERVAÇÕES	
• Este programa, para funcionar com maior precisão, precisa de ser complementado com o software Therm	

INFORMAÇÕES GERAIS	
Nome do programa: Wis Site Eletrónico: www.windat.org/index.html Entidade Criadora: TNO Condições de acessibilidade: ☐ Licença comercial ☐ Gratuito (T/L) ☒ Gratuito	Ref. : PTH24 Regime: ☐ Variável ☒ Permanente Dimensão: ☒ 1D ☐ 2D ☐ 3D ☐ W
OBJECTO DE ANÁLISE	
☐ Edifício ☒ Componente ☐ Outros	
ÂMBITO	
Software, Térmica, Simulação, Caixilhos, Temperaturas, Ganhos solares, Sombreamento Coeficiente de transmissão térmica, Fator solar	
☒ Térmica ☐ Higrotérmica	
APLICABILIDADE	
☒ Prática Profissional ☐ Investigação	
CARACTERÍSTICAS	
Idioma: ☐ Português ☒ Inglês ☐ Outros Custo: ☒ Nulo ☐ Baixo ☐ Médio ☐ Elevado	
COMPLEXIDADE	NÍVEL DE DIFICULDADE
☒ Fácil Utilização ☐ Complexa Utilização	☒ 1 ☐ 2 ☐ 3
IMPORTÂNCIA	
☒ Importante ☐ Muito Importante	
DADOS DE ENTRADA	
1. Temperatura exterior e interior; 2. Dimensões do vão envidraçado; Tipo de caixilharia e geometria; Tipo de gás utilizado entre o pano de vidros	
3. Tipo de dispositivo de proteção solar	
DADOS DE SAÍDA	
1. Coeficiente de transmissão térmica 2. Fator solar 3. Transmissão solar directa	
OBSERVAÇÕES	
• Análise de condensações superficiais interiores a partir dos resultados obtidos	

INFORMAÇÕES GERAIS	
Nome do programa: Wufi Pro 5.0 Site Eletrónico: https://wufi.de/en Entidade Criadora: Fraunhofer Institute Condições de acessibilidade: ☒ Licença comercial ☒ Grátis (T/L) ☐ Grátis	Ref.: PTH25 Regime: ☒ Variável ☐ Permanente Dimensão: ☒ 1D ☐ 2D ☐ 3D ☐ W
OBJECTO DE ANÁLISE	
☐ Edifício ☒ Componente ☐ Outros	
ÂMBITO	
Perfil Temperatura, Perfil teor de humidade, Análise de condensações ☐ Térmica ☒ Higrotérmica	
APLICABILIDADE	
☒ Prática Profissional ☐ Investigação	
CARACTERÍSTICAS	
Idioma: ☒ Português ☐ Inglês ☐ Outros Custo: ☐ Nulo ☐ Baixo ☒ Médio ☐ Elevado	
COMPLEXIDADE	
☐ Fácil Utilização ☒ Complexa Utilização	
NÍVEL DE DIFICULDADE	
☐ 1 ☐ 2 ☒ 3	
IMPORTÂNCIA	
☐ Importante ☒ Muito Importante	
DADOS DE ENTRADA	
1. Geometria; Configuração do elemento construtivo; Orientação, inclinação e altura do elemento 2. Propriedades higrotérmicas dos materiais 3. Condições climáticas interiores e exteriores 4. Coeficientes de transferência superficiais 5. Condições iniciais de temperatura; Condições iniciais de Humidade	
DADOS DE SAÍDA	
1. Evolução temporal do perfil teor de humidade 2. Evolução temporal do perfil de temperatura 3. Análise de Condensações do componente	
OBSERVAÇÕES	
• Contém uma base de dados muito extensa dos materiais que podemos escolher para as simulações pretendidas	