



# Exigências Térmicas e Acústicas na Reabilitação de Edifícios de Habitação

**CATARINA GONÇALVES PEREIRA**

Junho de 2019



# **EXIGÊNCIAS TÉRMICAS E ACÚSTICAS NA REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO**

CATARINA GONÇALVES PEREIRA

Relatório de Estágio submetida(o) para satisfação parcial dos requisitos do grau de

**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE CONSTRUÇÕES**

Orientador: Teresa Isabel Moreira de Carvalho Amorim Neto Silva

Supervisor: Carla Taveira (Becertif)

**JUNHO DE 2019**



# ÍNDICE GERAL

Índice Geral .....	iii
Resumo.....	v
Abstract .....	vii
Agradecimentos .....	ix
Índice de Texto .....	xi
Índice de Figuras.....	xv
Índice de Tabelas.....	xvii
Índice de Gráficos.....	xix
Glossário.....	xxi
Abreviaturas .....	xxv
CAPÍTULO 1    Introdução.....	31
CAPÍTULO 2    Caracterização da Empresa .....	33
CAPÍTULO 3    Reabilitação Térmica e Acústica de Edifícios .....	45
CAPÍTULO 4    Estudo de Caso.....	61
CAPÍTULO 5    Considerações Finais.....	141
Referências Bibliográficas .....	143
Anexo I - Folhas de cálculo LNEC - Renovação de Ar.....	145
Anexo II - Folhas de cálculo – Desempenho Térmico.....	149
Anexo III – Folha SCE .....	205
Anexo IV – Fichas Técnicas.....	209



## RESUMO

O presente relatório foi um documento desenvolvido no âmbito da unidade curricular DIPRE - Dissertação, Projeto e Estágio, do 2º ano do Mestrado em Engenharia Civil, do Ramo de Construções, do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Tem como principal objetivo descrever o trabalho realizado ao longo do estágio curricular realizado na empresa Becertif, em Paranhos, Porto. No âmbito do estágio, as atividades desenvolvidas e apresentadas neste relatório estiveram relacionadas com a execução de projetos de diversas especialidades, tais como: projeto de desempenho térmico, projeto de verificação de requisitos acústicos dos edifícios e projeto de gás. Ainda foram realizadas atividades de apoio à certificação energética e coordenação, higiene e segurança em obra.

Em paralelo com as tarefas desempenhadas na empresa, foi desenvolvido o estudo do comportamento térmico e acústico da reabilitação de um edifício de habitação. O estudo e respetivo projeto de licenciamento de desempenho térmico foi elaborado no âmbito do estágio na empresa, mas neste relatório são também apresentados os resultados obtidos com a utilização de propostas alternativas relativamente às implementadas, bem como se comparam estes resultados obtidos com os da solução existente inicialmente. O projeto refere-se à reabilitação de um edifício de habitação unifamiliar, na cidade do Porto, que irá ser alterado de forma a permitir a sua utilização com 12 frações habitacionais.

O estudo do comportamento térmico foi realizado apenas para uma das frações do edifício e neste estudo considerou-se três casos possíveis: a fração existente, a fração reabilitada e a fração com uma solução melhorada observando assim as diferenças impostas em termos de isolamentos, materiais, sistemas técnicos, classe energética e a melhoria significativa no desempenho do edifício. No estudo das exigências acústicas considerou-se o edifício como um todo, sendo que os cálculos foram considerados para os casos mais gravosos.

Por fim, apresenta-se as considerações finais do trabalho desenvolvido neste relatório de estágio, incluindo, os objetivos atingidos, as dificuldades surgidas ao longo do seu desenvolvimento e sugestões para futuros trabalhos nesta área.

**Palavras-chave:** Térmica; Acústica; Reabilitação.



## **ABSTRACT**

The present report is a document developed within the curricular unit DIPRE – Dissertation, Project and Internship, on the 2<sup>o</sup> year of master's degree in civil engineering, of the Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Its main purpose is to describe the work developed during the internship at the company Becertif, in Paranhos, Porto. In the scope of the internship, the activities presented in the report, are in general related to the execution of projects of diverse specialties, such as: thermal performance project, project of verification of the acoustical requirements to buildings and gas project. Also, activities to support energetic certification and coordination, and healthy and safety at the workplace.

At the same time as the tasks performed on the company, was developed a thermal and acoustic behavior study of the rehabilitation of a residence building. The study and its licensing project in thermal performance was elaborated in the ambit of the internship in the company, but in this report are also presented the results obtained through alternative proposals to the ones already implemented, as well as a comparison of results with the existed solution. The project refers to a rehabilitation of a residence building, in Porto, which will be converted in order to allow its use with 12 fractions.

The study of the thermal behavior was conducted only in one of the fractions of the building, considering three possible sceneries, the existent fraction, the rehabilitated fraction and the fraction with an improved solution, in order to observe the differences in terms of isolation, materials, technical systems, energetic class and a significant improvement on the building performance. In the study of the acoustic demands, the building was considered as a whole, considering the worst possible cases in the calculations.

At last, the final considerations of the work developed during the internship were presented including the goals achieved and the struggles that arose during the elaboration of the report, as well as suggestions for future developments their developments in this area.

**Keywords:** Thermal, Acoustic, Rehabilitation.



## **AGRADECIMENTOS**

Ao terminar uma das etapas mais importantes do meu percurso acadêmico, agradeço a todos os que direta ou indiretamente me ajudaram a chegar até aqui.

À minha orientadora, Engenheira Teresa Neto, por ter aceite o desafio de me orientar neste trabalho final. Tanto pela paciência e disponibilidade, como pelos conhecimentos que me transmitiu não só neste trabalho, mas ao longo de todo o curso.

À empresa Becertif, gostaria de agradecer a oportunidade que me foi dada de poder concretizar o estágio em ambiente empresarial. Um muito obrigada à Engenheira Carla Taveira, pela paciência, acompanhamento, esclarecimento de dúvidas e conhecimento transmitido.

Um especial agradecimento aos meus pais, David e Aparecida, que me deram a oportunidade de realizar este curso e sempre me apoiaram. À minha irmã, Juliana, e ao Vitor por estarem sempre lá.

A todos os meus amigos que acreditaram e acompanharam me até aqui.



# ÍNDICE DE TEXTO

Índice Geral .....	iii
Resumo.....	v
Abstract .....	vii
Agradecimentos .....	ix
Índice de Texto .....	xi
Índice de Figuras.....	xv
Índice de Tabelas.....	xvii
Índice de Gráficos.....	xix
Glossário.....	xxi
Abreviaturas .....	xxv
<b>CAPÍTULO 1</b> Introdução.....	<b>31</b>
1.1    Considerações Iniciais.....	31
1.2    Objetivos do Relatório .....	31
1.3    Estrutura do Relatório do Estágio.....	32
<b>CAPÍTULO 2</b> Caracterização da Empresa .....	<b>33</b>
2.1    Atividades Desenvolvidas ao Longo do Estágio .....	34
2.1.1    Certificação Energética .....	34
2.1.2    Higiene e Segurança no Trabalho .....	38
2.1.3    Acústica.....	42
2.1.4    Projeto de instalação de gás.....	43
<b>CAPÍTULO 3</b> Reabilitação Térmica e Acústica de Edifícios .....	<b>45</b>
3.1    Reabilitação de Edifícios no Porto .....	45

3.1.1	Tipificação de soluções construtivas em edifícios antigos da cidade do Porto .....	46
3.2	Enquadramento Legal – Desempenho Térmico de Edifícios .....	51
3.3	Eficiência Energética .....	54
3.4	Edifícios NZEB – Necessidades quase nulas de energia .....	55
3.5	Enquadramento Legal – Desempenho Acústico de Edifícios .....	59
CAPÍTULO 4	Estudo de Caso .....	61
4.1	Caraterização do edifício.....	61
4.2	Estudo do Desempenho Térmico .....	66
4.2.1	Dados Climáticos.....	67
4.2.2	Áreas e Dimensões .....	69
4.2.3	Envolventes do edifício e fatores de redução de temperatura - btr .....	70
4.2.4	Verificação dos requisitos mínimos do Coeficiente de Transmissão Térmica, U, e do Fator Solar	74
4.2.5	Estudo Térmico da Fração Existente.....	76
4.2.6	Estudo Térmico Fração Reabilitada .....	88
4.2.7	Estudo Térmico Fração Reabilitada – Solução Melhorada .....	99
4.2.8	Análise Comparativa .....	108
4.3	Estudo do Desempenho Acústico .....	114
4.3.1	Caraterização do Edifício .....	114
4.3.2	Isolamento a Sons Aéreos.....	116
4.3.3	Isolamento a Sons de Percussão.....	134
4.3.4	Equipamentos .....	137
4.4	Compatibilização das Exigências Térmicas e Acústicas.....	138
CAPÍTULO 5	Considerações Finais .....	141
	Referências Bibliográficas.....	143
	Anexo I - Folhas de cálculo LNEC - Renovação de Ar.....	145
	Anexo II - Folhas de cálculo – Desempenho Térmico.....	149

Anexo III – Folha SCE .....	205
Anexo IV – Fichas Técnicas .....	209



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Logótipo da empresa Becertif .....	33
Figura 2.2 – Instrumentos de medição para levantamento dos imóveis.....	36
Figura 2.3 - Registo fotográfico da utilização dos instrumentos de medição .....	37
Figura 2.4 – Exemplos reais de higiene e segurança no trabalho em obra.....	41
Figura 2.5 – Instrumentos de medição utilizados no ensaio acústico.....	43
Figura 3.1 – Fachada principal, revestida a azulejo.....	47
Figura 3.2 – Coberturas no Centro Histórico do Porto [3] .....	48
Figura 3.3 – Claraboia Porto [3].....	49
Figura 3.4 – Tipos de caixilharia nos edifícios antigos – Porto [3].....	50
Figura 3.5 – Classe Energética .....	55
Figura 3.6 – Balanço energético Passive House .....	57
Figura 3.7 – Comparação entre os valores de U [W/(m <sup>2</sup> .K)] da envolvente em Portugal [8] .....	58
Figura 3.8 – Esquema simplificativo das exigências em comum nos regulamentos.....	60
Figura 4.1 – Planta da cave, piso -1, delimitação do terreno.....	62
Figura 4.2 – Planta do Piso 0 .....	63
Figura 4.3 – Planta do Piso 1 .....	64
Figura 4.4 – Planta do Piso 2 .....	65
Figura 4.5 – Planta da Cobertura.....	66
Figura 4.6 – Fração 8 .....	67
Figura 4.7 – Envolvente vertical e do pavimento da fração em estudo.....	73
Figura 4.8 - Envolvente vertical e da cobertura da fração em estudo .....	73
Figura 4.9 – Envolvente das paredes no corte .....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>

Figura 4.10 – Pormenor construtivo da parede exterior.....	76
Figura 4.11 – Pormenor construtivo da parede sala/ edifício adjacente .....	77
Figura 4.12 – Pormenor construtivo da parede cozinha/ circulação de escadas.....	78
Figura 4.13 – Pormenor construtivo do pavimento .....	79
Figura 4.14 – Pormenor construtivo do desvão .....	80
Figura 4.15 – Pormenor construtivo da parede Cozinha/Hall Comum .....	89
Figura 4.16 – Pormenor construtivo da parede Sala / Circulação de Escadas .....	90
Figura 4.17 – Pormenor construtivo do pavimento .....	90
Figura 4.18 – Pormenor Construtivo do Desvão .....	91
Figura 4.19 – Placa Polyplac Xtherm 32 (EPS) .....	100
Figura 4.20 – Caminhos de entrada de ar, passagens de ar, saídas de ar da ventilação natural.....	104
Figura 4.21 – Mapa de ruído da cidade do Porto [9].....	115
Figura 4.22 – Sons aéreos / Sons de percussão [Fonte: Imperialum] .....	115
Figura 4.23 – Planta Piso -1 .....	120
Figura 4.24 – Planta Piso 0.....	121
Figura 4.25 – Planta Piso 1.....	122
Figura 4.26 – Planta Piso 2.....	123
Figura 4.27 – Ábaco Lei da Massa e expressões [7] .....	124
Figura 4.28 – Método de Sharp para elementos construtivos simples [Silva, 2005] .....	126
Figura 4.29 – Valores característicos de materiais, $f_c, \eta, v, cL$ .....	127

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 – Requisitos Passive House [8] .....	58
Tabela 4.1– Área útil de pavimento da fração. ....	69
Tabela 4.2 – Área útil da envolvente exterior. ....	69
Tabela 4.3 – Áreas da envolvente interior .....	70
Tabela 4.4 – Cálculo do fator de redução de temperatura, btr .....	72
Tabela 4.5 – Valores máximos e de referência para os coeficientes de transmissão térmica [ $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ].	75
Tabela 4.6 – Inércia térmica da fração em estudo existente .....	82
Tabela 4.7 – Desempenho térmico e energético – Fração Existente.....	87
Tabela 4.8 – Desempenho térmico e energético – Fração Reabilitada.....	97
Tabela 4.9 – Área útil de pavimento da totalidade do edifício .....	98
Tabela 4.10 – Relação entre os valores das necessidades nominais e limites de energia útil para aquecimento, arrefecimento e energia primária de edifícios sujeitos a grandes intervenções. ....	99
Tabela 4.11 – Inércia Térmica da Solução Melhorada .....	102
Tabela 4.12 – Desempenho térmico e energético – Fração Solução Otimizada.....	106
Tabela 4.13 – Quadro resumo dos resultados da Estação de Aquecimento .....	108
Tabela 4.14 – Quadro resumo dos resultados da Estação de Arrefecimento.....	110
Tabela 4.15 – Quadro resumo dos resultados das Necessidades de Energia .....	112
Tabela 4.16 – Quadro resumo dos limites regulamentares – sons aéreos .....	118
Tabela 4.17 – Casos a considerar para o cálculo do isolamento sonoro a sons aéreos.....	118
Tabela 4.18 – Cálculo do $R_w$ – Lei da Massa .....	129
Tabela 4.19 – Cálculo do $R_w$ – Método de Sharp – Parede Exterior.....	130
Tabela 4.20 – Cálculo do $R_w$ – Método de Sharp – Parede Interior .....	131
Tabela 4.21 – Cálculo do $R_w$ – Método de Sharp – Parede entre Frações.....	131

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.22 – Cálculo do $R_w$ – Método de Sharp – Pavimento.....	132
Tabela 4.23– Índice de isolamento sonoro a sons aéreos $D_{2m}, nT, w$ – Método da Lei da Massa.....	133
Tabela 4.24– Índice de isolamento sonoro a sons aéreos $D_{nT}, w$ – Paredes .....	133
Tabela 4.25– Índice de isolamento sonoro a sons aéreos $D_{nT}, w$ – Pavimentos .....	133
Tabela 4.26 – Índice de isolamento sonoro a sons aéreos $D_{nT}, w$ – Paredes .....	134
Tabela 4.27– Índice de isolamento sonoro a sons aéreos $D_{nT}, w$ – Pavimentos .....	134
Tabela 4.28– Transmissão Marginal para os sons de percussão [dB] [7].....	136
Tabela 4.29- Quadro resumo dos limites regulamentares – sons de percussão .....	136
Tabela 4.30– Cálculo de $L'_{nT}$ .....	137
Tabela 4.31– Índice de isolamento sonoro a sons de percussão - $L'_{nT}, w$ .....	137
Tabela 4.32– Quadro resumo dos limites regulamentares relativos aos equipamentos .....	138

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1 – Perdas e ganhos úteis na estação de aquecimento.....	109
Gráfico 4.2 – Gráfico dos resultados na estação de aquecimento.....	110
Gráfico 4.3 – Perdas e ganhos úteis na estação de arrefecimento.....	111
Gráfico 4.4 – Necessidades de energia na estação de arrefecimento .....	112
Gráfico 4.5 – Necessidades de Energia .....	113



## GLOSSÁRIO

**Acústica**, a ciência do som. A sua produção, transmissão e efeitos. O ramo da física que estuda os fenómenos e as leis dos sons que afetam as pessoas.

**Água quente sanitária ou «AQS»**, a água potável aquecida em dispositivo próprio, com energia convencional ou renovável, até uma temperatura superior a 45°C, e destinada a banhos, limpezas, cozinha ou fins análogos;

**Coefficiente de transmissão térmica**, a quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma superfície de área unitária desse elemento da envolvente por unidade de diferença de temperatura entre os ambientes que o elemento separa;

**Edifício**, a construção coberta, com paredes e pavimentos, destinada à utilização humana;

**Edifício adjacente**, um edifício que confine com o edifício em estudo e não partilhe espaços comuns com este, tais como zonas de circulação ou de garagem;

**Edifício existente**, aquele que não seja edifício novo;

**Edifício sujeito a intervenção**, o edifício sujeito a obra de construção, reconstrução, alteração, instalação ou modificação de um ou mais componentes com influência no seu desempenho energético, calculado nos termos e parâmetros do presente diploma;

**Energia primária**, a energia proveniente de fontes renováveis ou não renováveis não transformada ou convertida;

**Energias renováveis**, a energia de fontes não fósseis renováveis, designadamente eólica, solar, aerotérmica, geotérmica, hidrotérmica e oceânica, hídrica, de biomassa e de biogás;

**Envolvente**, o conjunto de elementos de construção do edifício ou fração, compreendendo as paredes, pavimentos, coberturas e vãos, que separam o espaço interior útil do ambiente exterior, dos edifícios ou frações adjacentes, dos espaços não úteis e do solo;

**Exposição solar adequada**, a exposição à luz solar de edifício que disponha de cobertura em terraço ou de cobertura inclinada com água, cuja normal esteja orientada numa gama de azimutes de 90° entre

sudeste e sudoeste, não sombreada por obstáculos significativos no período que se inicia diariamente duas horas depois do nascer do Sol e termina duas horas antes do ocaso;

**Espaço interior útil**, o espaço com condições de referência no âmbito do REH, compreendendo compartimentos que, para efeito de cálculo das necessidades energéticas, se pressupõem aquecidos ou arrefecidos de forma a manter uma temperatura interior de referência de conforto térmico, incluindo os espaços que, não sendo usualmente climatizados, tais como arrumos interiores, despensas, vestíbulos ou instalações sanitárias, devam ser considerados espaços com condições de referência;

**Fator solar de um vão envidraçado**, o valor da relação entre a energia solar transmitida para o interior através do vão envidraçado e a radiação solar nele incidente;

**Fração**, a unidade mínima de um edifício, com saída própria para uma parte de uso comum ou para a via pública, independentemente da constituição de propriedade horizontal;

**Frequência**, o número de oscilações ou ciclo por unidade tempo. A frequência acústica é expressada em Hertz (Hz), um hertz corresponde a uma vibração completa (ou ciclo) por segundo;

**Grande intervenção**, a intervenção em edifício que não resulte na edificação de novos corpos e em que se verifique que: (i) o custo da obra relacionada com a envolvente ou com os sistemas técnicos preexistentes seja superior a 25% do valor da totalidade do edifício, com Diário da República, 1.ª série N.º 159 — 20 de agosto de 2013 4991 compreendido, quando haja frações, como o conjunto destas, com exclusão do valor do terreno em que este está implantado; ou (ii) tratando-se de ampliação, o custo da parte ampliada exceda em 25% o valor do edifício existente (da área interior útil de pavimento, no caso de edifícios de comércio e serviços) respeitante à totalidade do edifício, devendo ser considerado, para determinação do valor do edifício, o preço da construção da habitação por metro quadrado fixado anualmente, para as diferentes zonas do País, pela portaria a que se refere o artigo 4.º do Decreto—Lei n.º 329 -A/2000, de 22 de dezembro;

**Indicador de ruído diurno-entardecer-noturno,  $L_{den}$**  – indicador de ruído, expresso em dB(A), associado ao incómodo global;

**Indicador de ruído diurno,  $L_d$**  – o nível sonoro médio de longa duração, durante uma série de períodos diurnos representativos de um ano;

**Indicador de ruído entardecer,  $L_e$**  – o nível sonoro médio de longa duração, durante uma série de períodos do entardecer representativos de um ano;

**Indicador de ruído noturno,  $L_n$**  – o nível sonoro médio de longa duração, durante uma série de períodos noturnos representativos de um ano;

**Intensidade sonora (I)** é, numa dada direção, a quantidade média de energia que atravessa por segundo uma área de  $1\text{m}^2$  normal a essa direção e quantifica-se em  $\text{W}/\text{m}^2$ ;

Isolamento sonoro standardizado,  $D_{nT}$ , isolamento sonoro, em decibéis, corrigido com o tempo de reverberação do compartimento recetor f;

**Limiar de proteção**, o valor de concentração de um poluente no ar interior que não pode ser ultrapassado, fixado com a finalidade de evitar, prevenir ou reduzir os efeitos nocivos na saúde humana;

**Reabilitação**, as intervenções que têm como objetivo a sua recuperação e beneficiação, tornando-o apto para o uso pretendido e dotando-os de condições de segurança, funcionalidade e conforto respeitando a sua arquitetura, tipologia e sistema construtivo;

**Sistema de climatização**, o conjunto de equipamentos coerentemente combinados com vista a satisfazer objetivos da climatização, designadamente, ventilação, aquecimento, arrefecimento, humidificação, desumidificação e filtragem do ar;

**Sistema solar térmico**, o sistema composto por um coletor capaz de captar a radiação solar e transferir a energia a um fluido interligado a um sistema de acumulação, permitindo a elevação da temperatura da água neste armazenada;

**Sistema passivo**, o sistema construtivo concebido especificamente para reduzir as necessidades energéticas dos edifícios, sem comprometer o conforto térmico dos ocupantes, através do aumento dos ganhos solares, designadamente ganhos solares diretos, paredes de trombe ou estufas, na estação de aquecimento ou através do aumento das perdas térmicas, designadamente ventilação, arrefecimento evaporativo, radiativo ou pelo solo, na estação de arrefecimento;

**Tempo de reverberação, T**, intervalo de tempo necessário para que a energia volúmica do campo sonoro de um recinto fechado se reduza a um milionésimo do seu valor inicial;

**Ventilação mecânica**, aquela que não seja ventilação natural;

**Ventilação natural**, a ventilação ao longo de trajetos de fugas e de aberturas no edifício, em consequência das diferenças de pressão, sem auxílio de componentes motorizados de movimentação do ar;

**Zona mista** – área definida em plano municipal de ordenamento do território, cuja ocupação seja afeta a outros usos, existentes ou previstos, para além dos referidos na definição de zona sensível;

**Zona sensível** – área definida em plano municipal de ordenamento do território como vocacionada para uso habitacional, ou para escolas, hospitais ou similares, ou espaços de lazer, existentes ou previstos, podendo conter pequenas unidades de comércio e de serviços destinadas a servir a população local, tais como cafés e outros estabelecimentos de comércio tradicional, sem funcionamento no período noturno.



## ABREVIATURAS

$\theta_{ext,v}$  – temperatura exterior média, [°C];

$\Delta T$  – aumento da temperatura necessária à preparação de AQS, [°C], ( $\Delta T = 35$  °C);

$A_{env}$  – soma das áreas dos envidraçados do compartimento, [m<sup>2</sup>];

$A_i$  – somatório das áreas dos elementos que separam o espaço interior útil do espaço não útil, [m<sup>2</sup>];

$A_{op}$  – área do elemento da envolvente opaca exterior, [m<sup>2</sup>];

$A_p$  – área interior útil de pavimento, medida pelo interior, [m<sup>2</sup>];

AQS – águas quentes sanitárias;

$A_{s,i}$  – área efetiva coletora de radiação solar do vão envidraçado com orientação  $j$ , [m<sup>2</sup>];

$A_{s,v}$  – área efetiva coletora de radiação solar da superfície, [m<sup>2</sup>];

$A_u$  – somatório das áreas dos elementos que separam o espaço não útil do ambiente exterior, [m<sup>2</sup>];

$A_w$  – área total do vão envidraçado, incluindo o vidro e o caixilho [m<sup>2</sup>];

$b_{tr}$  – fator de redução de temperatura de espaços não aquecidos;

$c$  – celeridade (velocidade de propagação do som no ar), [m/s];

$C$  – termo de adaptação do ruído rosa;

$C_L$  – velocidade de propagação das ondas longitudinais, [m/s];

$C_{tr}$  – termo de adaptação do ruído de tráfego;

dB – decibel;

$D_{2m,nT,w}$  – índice de isolamento sonoro a sons aéreos entre exterior e o interior [dB];

$D_{nT,w}$  – índice de isolamento sonoro a sons aéreos entre elementos de compartimentação interior [dB];

$e$  – espessura [m];

ENU – espaço não útil;

EPBD – diretiva do desempenho energético dos edifícios (Energy Performance in Buildings Directive);

## ABREVIATURAS

EPS – poliestireno expandido moldado;

$f$  – em térmica é espaço não útil que tem todas as ligações entre elementos bem vedadas, sem aberturas de ventilação permanentemente abertas, ou seja, trata-se de um espaço estanque;

$f$  – frequência [Hz];

$f_c$  – frequência crítica [Hz];

$F$  – espaço não útil permeável ao ar devido ao ar devido à presença de ligações e aberturas de ventilação permanentemente abertas, ou seja, trata-se de um espaço ventilado;

$F_0$  – fator de sombreamento por elementos horizontais sobrejacentes ao vão;

$f_{eh}$  – fator de eficiência hídrica aplicável a chuveiros com certificação e rotulagem de eficiência hídrica da responsabilidade de uma entidade independente reconhecida ( $f_{eh}=1$ );

$F_f$  – fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao vão;

$F_g$  – fração envidraçada do vão envidraçado;

$F_h$  – fator de sombreamento horizonte. Representa a redução na radiação solar que incide no vão envidraçado devido ao sombreamento de obstruções longínquas exteriores ao edifício ou de edifícios vizinhos;

$F_{m,v}$  – fração de tempo em que os dispositivos de proteção móvel se encontram totalmente ativados;

$F_{pu}$  – fatores de conversão para primária, de acordo com fonte de energia do sistema de referência;

$F_{s,i}$  – fator de obstrução do vão envidraçado com orientação  $j$  na estação de aquecimento;

$F_{s,v}$  – fator de obstrução;

$F_{w,i}$  – fator de seletividade angular dos envidraçados;

$F_{w,v}$  – fator de correção da seletividade angular dos envidraçados;

GD – número de graus dias;

$g_i$  – fator solar de inverno;

$G_{sul}$  – energia solar média mensal durante a estação, recebida numa superfície vertical orientada a sul [kWh/(m<sup>2</sup>.mês)];

$g_T$  – fator solar do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção ativados;

$g_{Tmax}$  – fator solar máximo;

$g_{Tp}$  – fator solar apenas com os dispositivos de proteção solar permanentes;

$g_{Tvc}$  – fator solar do vidro com proteção;

$g_{\perp vi}$  – fator solar do vidro para uma incidência solar normal;

H – altura do edifício;

I – fator de incerteza;

I1, I2 e I3 – zonas climáticas de inverno;

$I_{sol}$  – energia solar acumulado durante a estação, recebida na horizontal (inclinação 0º) e em superfícies verticais (inclinação 90º) para os quatro pontos cardeais e os quatro pontos colaterais [kWh/m<sup>2</sup>];

$I_t$  – inércia térmica [kg];

$L_{Ar,nT}$  – nível de avaliação padronizado [dB];

$L_{eq}$  – nível sonoro equivalente [dB];

$L_{den}$  – indicador de ruído diurno-entardecer-noturno [dB];

$L'_{nT}$  – nível sonoro de percussão padronizado [dB];

$L'_{nT,w}$  – índice de isolamento sonoro a sons de percussão [dB];

$L_1$  – nível de pressão sonora médio no compartimento emissor [dB];

$L_2$  – nível de pressão sonora médio no compartimento recetor [dB];

M – duração da estação de aquecimento [meses];

MAQS – consumo médio diário de referência [l];

$M_{si}$  – massa superficial útil do elemento i, [kg/m<sup>2</sup>];

nd – número anual de dias de consumo de AQS;

$N_i$  – necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento de referência [kWh/(m<sup>2</sup>.ano)];

$N_{ic}$  – necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento de cálculo [kWh/(m<sup>2</sup>.ano)];

$N_t$  – necessidades nominais anuais globais de energia primária de referência [kWh/(m<sup>2</sup>.ano)];

$N_{tc}$  – necessidades nominais anuais globais de energia primária de cálculo [kWhEP/(m<sup>2</sup>.ano)];

NUTS – nomenclatura das unidades territoriais para fins estatísticos;

$N_v$  – necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento de referência [kWh/(m<sup>2</sup>.ano)];

$N_{vc}$  – necessidades nominais anuais globais de energia útil para arrefecimento de cálculo [kWh/(m<sup>2</sup>.ano)];

NZEB – nearly zero energy buildings (edifícios com necessidades energéticas quase nulas);

## ABREVIATURAS

PQ – perito qualificado;

$P(t)$  – pressão total resultante num determinado ponto (Pa);

$p(t)$  – pressão sonora (Pa);

$Q_a$  – energia útil para preparação de AQS durante um ano [kWh/ano];

$Q_{gsol,i}$  – ganhos solares brutos através dos vãos envidraçados na estação de aquecimento [kWh];

$Q_{gsol,v}$  - ganhos solares brutos através dos vãos envidraçados na estação de arrefecimento [kWh];

$r$  – fator de redução da massa superficial útil;

RCCTE – regulamento das características de comportamento térmico de edifícios;

RECS – regulamento de desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços;

REH – regulamento de desempenho energético dos edifícios de habitação;

RGR – regulamento geral do ruído;

RRAE – regulamento dos requisitos acústicos de edifícios;

$R_w$  – índice de redução sonora [dB];

$R_{w\text{ conjunto}}$  – índice de redução sonora do conjunto [dB];

RMQ - Requisitos mínimos de qualidade;

$R_{pH}$  – renovações por hora [ $h^{-1}$ ];

$R_{se}$  – resistência térmica superficial exterior [ $(m^2 \cdot ^\circ C)/W$ ];

$R_{si}$  – resistência térmica superficial interior [ $(m^2 \cdot ^\circ C)/W$ ];

$R_t$  – resistência térmica [ $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ];

SCE – sistema de certificação energética dos edifícios;

$S_i$  – área de superfície interior do elemento  $i$ , [ $m^2$ ];

TM – transmissões marginais;

$T_0$  – tempo de reverberação de referência;

$U$  – coeficiente de transmissão térmica superficial [ $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ];

$U_{m\acute{a}x}$  – coeficiente de transmissão térmica superficial máximo [ $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ];

$U_w$  – coeficiente de transmissão térmica da janela [ $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ];

$U_{wdn}$  – coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado [ $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ];

V1, V2 e V3 – zonas climáticas de verão;

V – volume do compartimento recetor;

V<sub>ENU</sub> – volume do espaço não útil [m<sup>3</sup>];

X<sub>j</sub> – fator de orientação para as diferentes exposições;

XPS – poliestireno expandido;

$\alpha$  – coeficiente de absorção de radiação solar da superfície do elemento da envolvente opaca;

$\lambda$  – condutibilidade térmica [W/(m.°C)];

$\psi$  – coeficiente de transmissão térmica linear [W/(m.°C)];

$\eta$  - em térmica, rendimento do equipamento (%);

$\eta$  - em acústica, fator de perdas internas;



# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O presente relatório de estágio curricular surge no âmbito da unidade curricular de dissertação, projeto ou estágio (DIPRE), para a obtenção de grau Mestre em Engenharia Civil, Ramo Construções, no Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP).

Este estágio foi realizado na empresa Becertif, situada no Porto, sob a orientação da Professora Teresa Neto e a supervisão da Engenheira Carla Taveira.

No decorrer do estágio foram desempenhados trabalhos em diferentes áreas de engenharia civil, tais como: acompanhamento de inspeções para a realização de certificados energéticos de edifícios existentes, higiene e segurança no trabalho, fiscalização de obra, projetos de desempenho térmico, projeto de verificação de requisitos acústicos e projeto de gás.

Os principais temas desenvolvidos neste relatório são o comportamento térmico e acústico, dois temas que se podem conciliar devido às soluções construtivas utilizadas em obra, nos edifícios novos bem como em reabilitação ou reconstrução são essenciais para o bom desempenho do edifício.

Nos últimos anos tem-se assistido a um significativo aumento do grau de exigência relativamente à qualidade, segurança e conforto das habitações, assim a escolha e a correta aplicação das soluções construtivas assume um papel de destaque no campo da térmica e da acústica. Outro dos aspetos mais importantes para garantir elevados níveis de conforto e comodidade nas habitações passa pelos desenvolvimentos dos projetos das diferentes especialidades, a sua compatibilização e a sua correta implementação em obra.

### 1.2 OBJETIVOS DO RELATÓRIO

Associado ao desenvolvimento deste relatório, estão presentes os seguintes objetivos:

- Conhecer, estudar e analisar a legislação nacional relativa ao comportamento térmico e acústico dos edifícios de habitação;

- Conceber e analisar soluções construtivas que obedecem aos requisitos impostos pela legislação (Regulamento dos Edifícios de Habitação; Regulamento Geral do Ruído; Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios);
- Aplicar a legislação num caso de reabilitação de um edifício de habitação e perceber as implicações nos resultados obtidos;
- Propor soluções de otimização do comportamento térmico e acústico;
- Avaliar o impacto de um estudo de desempenho térmico e acústico consistente na reabilitação de edifícios de habitação.

Ainda com este estágio pretendeu-se desenvolver uma série de competências transversais, tais como: integração numa empresa; capacidade de trabalhar em equipa; presença em reuniões com diferentes especialidades da construção civil; visita e acompanhamento de obras; adquirir conhecimentos sobre novos materiais e novas práticas construtivas.

Com este trabalho foi também possível aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo da formação em engenharia civil, na licenciatura e no mestrado, do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

### **1.3 ESTRUTURA DO RELATÓRIO DO ESTÁGIO**

Estruturalmente, o presente relatório divide-se em cinco capítulos, com os seguintes conteúdos:

O capítulo um, capítulo introdutório que possui as considerações iniciais, descreve os objetivos e a composição do relatório.

O capítulo dois é dedicado à empresa acolhedora do estágio curricular, apresentação da empresa e descrição das atividades desenvolvidas ao longo do estágio.

No capítulo três, introduz-se o tema principal desenvolvido no presente relatório, começando por abordar o tema da reabilitação no Porto e a exposição de toda a matéria relacionada com o enquadramento legal relacionado com o desempenho térmico e acústico de edifícios de habitação.

No capítulo quatro, é desenvolvido o estudo de caso, o estudo completo e a sua otimização, do comportamento térmico e acústico de uma das frações do edifício em causa.

No último capítulo são apresentadas as considerações finais do trabalho desenvolvido, seguido de uma análise de possíveis desenvolvimentos futuros sobre o estudo realizado.

Este relatório termina com as referências bibliográficas usadas na elaboração deste documento, sucessivo de todos os anexos relevantes ao trabalho apresentado.

## CAPÍTULO 2

### CARATERIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa de acolhimento, para a realização deste estágio curricular foi a Becertif, situada em Paranhos, no Porto. É gerida pela Engenheira Carla Taveira. A Becertif nasce no ano de 2016 tendo por base a experiência profissional e a interação com os mercados nacional e internacional dos seus fundadores. É uma empresa orientada para o cliente e para o consumidor, permite acreditar em valores como a confiança, lealdade, inovação, boas práticas de segurança e qualidade.



Figura 2.1 – Logótipo da empresa Becertif

A empresa desenvolve trabalhos em diversas áreas da engenharia civil, nomeadamente na certificação energética e no desenvolvimento de projetos de especialidades.

A certificação energética é obrigatória em qualquer anúncio comercial de venda ou locação, no pedido de licença de construção/utilização e em contratos de compra e venda / arrendamento de frações de habitação e serviços. A Becertif tem ao seu dispor equipas de peritos qualificados PQ-I e PQ-II que realizam:

- Execução de certificados energéticos de habitações no âmbito REH;
- Auditorias energéticas;
- Execução/verificação de projetos de desempenho térmico de edifícios de habitação no âmbito de REH;

- Execução/verificação de projetos de edifícios de comércio/serviços no âmbito do RECS (PES e GES);
- Execução de certificados energéticos de comércio/serviços do RECS (PES e GES).

Dispõe de profissionais com experiência nas diversas áreas de engenharia, arquitetura, construção e reabilitação. Realiza projetos de variadas especialidades, tais como:

- Projetos de arquitetura;
- Projetos de estabilidade;
- Projetos de redes de águas e de esgotos;
- Projetos de rede elétrica;
- Projetos de instalações de gás;
- Projetos de instalações eletromecânicas de transportes de pessoas e cargas;
- Projetos de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC);
- Projetos de cozinhas industriais;
- Projetos de desenfumagem;
- Projetos de ventilação industrial;
- Projetos de ITED e domótica;
- Projetos de comportamento térmico;
- Projetos de comportamento acústico;
- Projetos de segurança;
- Projetos de arranjos exteriores.

## **2.1 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS AO LONGO DO ESTÁGIO**

Neste capítulo são descritas as principais tarefas realizadas durante o estágio. Após um período de adaptação à empresa houve a oportunidade de desenvolver tarefas de diversas áreas de engenharia civil, tais como: projetos de comportamento térmico, comportamento acústico, instalação de gás, apoio à certificação energética, coordenação, higiene e segurança no trabalho.

### **2.1.1 Certificação Energética**

O certificado energético de frações habitacionais é o documento que avalia a eficiência energética de uma casa numa escala de F (muito pouco eficiente) a A<sup>+</sup> (muito eficiente), emitindo por Peritos Qualificados Independentes. Este documento contém informação sobre as características da fração a certificar, o tipo de envidraçados, o sistema de ventilação, os equipamentos de climatização e produção de águas quentes sanitárias comparados com uma fração padrão de referência. O certificado energético também evidencia

medidas de melhoria que podem ser efetuadas para reduzir o consumo e melhorar o conforto e a qualidade do ar. Os prazos de validade destes certificados são de 10 anos para habitações.

Para a obtenção do certificado energético é necessário recorrer a um perito qualificado, PQ, para a sua realização, este terá de ter acesso a vários documentos, nomeadamente: a caderneta predial urbana e o certificado da conservatória do registo predial. Não sendo obrigatório, mas se for possível ter acesso ao projeto de arquitetura, projetos de especialidades (térmica, estruturas, águas, etc...), licença de construção e/ou licença de habitabilidade, especificações técnicas dos materiais e/ou sistemas construtivos utilizados, fichas técnicas dos sistemas/equipamentos instalados (climatização, águas quentes sanitárias, renováveis, etc..). Muitas frações devido à sua antiguidade não é possível a consulta de muitos destes documentos.

O proprietário, além de toda a documentação, deverá permitir o acesso à habitação, pois só desta forma, o PQ consegue a recolha de informação de uma forma mais fidedigna e a correta caracterização da fração. Depois da visita, o perito realiza o certificado energético com os dados levantados presencialmente e a proposta de soluções construtivas para que possa haver uma melhoria a nível energética da casa.

Durante o estágio acompanharam-se e realizaram-se vários levantamentos para a realização de certificação energética, tanto a edifícios de habitação como a edifícios de comércio e serviços.

Em edifícios de habitação a informação que recolhíamos passava por:

- A medição dos elementos da fração a certificar – área dos espaços, espessura e área das envolventes exteriores/interiores verticais/horizontais;
- A identificação dos materiais utilizados (envolvente opaca e envidraçada, tipo de envidraçados e caixilharias), ventilação, espaços úteis/não úteis;
- O registo dos sistemas/equipamentos instalados (climatização, preparação de águas quentes sanitárias, renováveis, entre outros);
- A orientação solar;
- Tipo de frações adjacentes.

Toda a informação é registada e acompanhada de registo fotográfico que comprovem todos os elementos necessários para a realização do certificado energético.

Em edifícios de comércio e serviços a informação recolhida é similar à necessária para as frações de habitação, acrescentando a informação de todos os sistemas de iluminação e todos os sistemas/equipamentos presentes.

Durante as visitas, para a medição dos elementos são utilizados os seguintes instrumentos de medição:



a) Medidor de distâncias laser

b) Medidor laser de espessura de vidros

c) Fita métrica

Figura 2.2 – Instrumentos de medição para levantamento dos imóveis

Depois do levantamento, em gabinete é realizado o certificado, são utilizadas folhas de cálculo, diferentes para edifício de habitação e de comércio e serviços.

Na Figura 2.3 são apresentados alguns exemplos do registo fotográfico da utilização dos instrumentos de medição atrás mencionados.

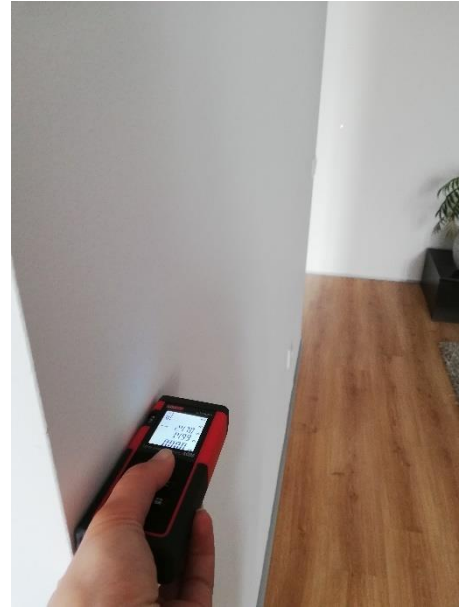


a) Medição de uma parede exterior

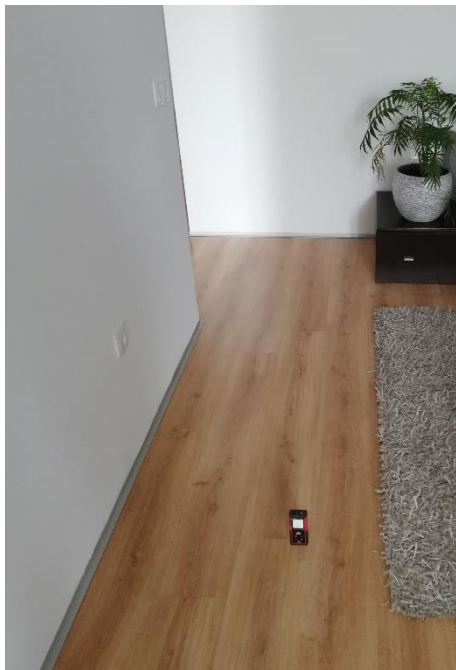
b) Medição de vidros simples com laser



c) Identificação do vidro simples



d) Medidor de distância com laser



e) Medição do pé direito com o laser

Figura 2.3 - Registo fotográfico da utilização dos instrumentos de medição

### **2.1.2 Higiene e Segurança no Trabalho**

Foi possível realizar coordenação, higiene e segurança no trabalho em contexto de obra. Esta coordenação foi realizada numa obra em Aveiro e outra em Vila Nova de Gaia, onde se efetuaram visitas semanais para o cumprimento de vários aspetos que vão ser descritos seguidamente.

A coordenação de segurança na construção envolve os seguintes intervenientes: Dono de Obra; Autores dos Projetos; Empreiteiro e Subempreiteiros; Diretor de Obra; Trabalhadores; Coordenador de segurança e saúde da fase de projeto e da fase de obra; Técnico de Segurança em obra.

Em relação ao coordenador de segurança em fase de obra tem como funções a desempenhar:

- Apoiar o dono de obra na elaboração e atualização da comunicação prévia;
- Verificar a coordenação das atividades das empresas e trabalhadores independentes que intervêm no estaleiro, tendo em vista a prevenção dos riscos profissionais;
- Analisar a adequabilidade das fichas de procedimentos de segurança e caso necessário propor à entidade executante as alterações adequadas;
- Promover e verificar o cumprimento do plano de segurança e saúde, bem como das outras obrigações da entidade executante, dos subempreiteiros e dos trabalhadores independentes, nomeadamente no que se refere à organização do estaleiro, ao sistema de emergência, às condicionantes existentes no estaleiro e na área envolvente, aos trabalhos que envolvam riscos especiais, aos processos construtivos especiais, às atividades que possam ser incompatíveis no tempo ou no espaço e ao sistema de comunicação entre os intervenientes na obra;
- Coordenar o controlo da correta aplicação dos métodos de trabalho, na medida em que tenham influência na segurança e saúde no trabalho;
- Registrar as atividades de coordenação em matéria de segurança e saúde no livro de obra, nos termos do regime jurídico aplicável ou, na sua falta, de acordo com um sistema de registos apropriado que deve ser estabelecido para a obra;
- Assegurar que a entidade executante tome as medidas necessárias para que o acesso ao estaleiro seja reservado a pessoas autorizadas;
- Informar regularmente o dono de obra sobre o resultado da avaliação da segurança e saúde existente no estaleiro.

Durante as visitas semanais realizadas, era verificado sempre o uso de equipamento de proteção:

- Individual - todo o trabalhador presente em obra é obrigado a estar devidamente equipado com botas de proteção com biqueira de aço e palmilha anti perfurante, capacete de proteção e colete refletor.
- Coletiva – sinalização de segurança; redes e guarda corpos;

Na Figura 2.4 são apresentados alguns exemplos do registo de incumprimentos de segurança durante as visitas e no qual foram reportadas ao técnico de segurança.



a) Falta de cogumelo de proteção



b) Falta de guarda-corpos



c) Colocação incorreta do guarda-corpo



d) Falta de guarda-corpo



e) Falta de guarda-corpos



f) Falta de proteção entre o patamar e a escada



g) Incorreta posição de fio elétrico



h) Falta de guardas-corpos



i) Correta colocação dos guarda-corpos



j) Utilização correta de cogumelos

Figura 2.4 – Exemplos reais de higiene e segurança no trabalho em obra

### 2.1.3 Acústica

No decorrer do estágio houve a oportunidade de acompanhar a realização de um ensaio acústico a dois armazéns pertencentes à mesma empresa. O armazém 1 onde não havia permanência de trabalhadores e o armazém 2 onde estavam trabalhadores em permanência.

Foram assim realizados ensaios nos locais:

- Entre os armazéns 1 e 2;
- No exterior do armazém 2 que contém permanência de trabalhadores;
- No escritório que se situava dentro armazém 2 com permanência de trabalhadores;
- Na sala de reuniões que se situava por cima do escritório do armazém 2.

Tipos de medições realizadas:

Ensaio usado para o licenciamento ou a autorização do índice de utilização, de abertura ou de funcionamento das atividades previstas no Decreto - Lei n.º 96/2008:

- Medição do isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos e determinação do índice de isolamento sonoro;
- Medição do isolamento a sons de percussão de pavimentos e determinação do índice de isolamento sonoro;
- Medição do isolamento sonoro a sons aéreos de fachadas e elementos de fachada e determinação do índice de isolamento sonoro, método global com altifalante;
- Medição dos níveis de pressão sonora. Determinação e avaliação do nível sonoro do ruído particular;
- Medição do tempo de reverberação.

Os instrumentos utilizados para a realização destes ensaios foram:

- Sonómetro – é um equipamento utilizado para realizar a medição dos níveis de pressão sonora e consequentemente da intensidade do som, o utilizado foi da marca Bruel & Kjaer 2250;
- Máquina de percussão – é uma máquina de martelos padronizada para medição “in situ” do isolamento acústico dos solos ao ruído de impacto, o utilizado foi da marca Retec Instrumets;

- Fonte omnidirecional – é uma fonte dodecaédrica, com doze altifalantes destinados a medições de transmissão de ruído aéreo concebidos para satisfazer as exigências regulamentares para o ensaio de isolamento acústico.



a) Sonómetro

b) Máquina de Percussão

c) Fonte Omnidirecional

Figura 2.5 – Instrumentos de medição utilizados no ensaio acústico

#### 2.1.4 Projeto de instalação de gás

Houve também a oportunidade de realizar o projeto de instalação de gás de uma moradia, o que foi importante para adquirir a perceção das principais condições e condicionantes na realização deste tipo de projetos.

Para a realização deste projeto, foram consultados alguns documentos regulamentares, nomeadamente:

- O Decreto-Lei n.º 97/2017, de 10 de agosto, que entrou em vigor a de 1 de janeiro de 2018, é o documento legal que estabelece o regime das instalações de gás e dos aparelhos que estas abastecem, bem como a definição do sistema de supervisão e regulação das atividades a elas associadas. Este, define novas regras em relação a instalação de gás em edifícios. As regras abrangem, os projetos, a instalação, a inspeção, o abastecimento e a manutenção; os aparelhos que funcionam a gás canalizado; a supervisão e regulação das atividades relacionadas com a instalação de gás. Em projeto deixa de ser necessário pedir a aprovação do projeto de uma instalação de gás. Passa a ser suficiente apresentar um termo de responsabilidade assinado pelo responsável pelo projeto (projetista), que garante que o projeto respeita as regras deste tipo de instalações;
- A Lei n.º 15/2015, de 16 de fevereiro, estabelece os requisitos de acesso e exercício da atividade das entidades e profissionais que atuam na área da instalação de gás;

- A Portaria 361/98, de 26 de fevereiro, alterada pela Portaria 690/2001, de 10 de julho que aprova o regulamento técnico relativo ao projeto, construção, exploração e manutenção das instalações de gás combustível canalizado em edifícios. Revoga a Portaria n.º 364/94, de 11 de junho.

De um modo geral, uma instalação de gás tem início na caixa de corte geral da fração e termina na válvula de corte aos equipamentos.

A caixa de corte geral, comporta vários equipamentos/ acessórios como a válvula de corte geral da fração, redutor de pressão e contador da fração.

Os equipamentos são escolhidos de acordo com os caudais dos equipamentos.

No dimensionamento das redes de abastecimento de gás foram utilizadas as fórmulas de Renouard simplificadas, válidas para uma combinação limitada de unidades.

Os materiais utilizados numa instalação de gás são o cobre e o polietileno que poderão ser embebidos ou enterrados. O traçado deverá de acordo com as condicionantes da legislação em vigor e o dimensionamento deverá ter em conta a perda de carga e velocidade em cada troço, limitados pela concessionária em questão.

Os locais onde são colocados os equipamentos, excetuando equipamentos do tipo C, deverão ser ventilados de acordo com a Norma NP 1037-1, a mesma utilizada no estudo do comportamento térmico.

Os projetos de gás antes de ser executados deverão ser certificados por uma entidade inspetora acreditada, de todos os projetos de especialidades este é o único a ser inspecionado.

## CAPÍTULO 3

### REABILITAÇÃO TÉRMICA E ACÚSTICA DE EDIFÍCIOS

#### 3.1 REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS NO PORTO

São variadas as definições encontradas na bibliografia para o termo reabilitação. Destacamos a definição do Guia de Apoio à Reabilitação de Edifícios Habitacionais que é a seguinte: “o termo reabilitação designa toda a série de ações empreendidas tendo em vista a recuperação e a beneficiação de um edifício, tornando-o apto para o seu uso atual. O seu objetivo fundamental consiste em resolver as deficiências físicas e as anomalias construtivas, ambientais e funcionais, acumuladas ao longo dos anos, procurando ao mesmo tempo uma modernização e uma beneficiação geral do imóvel sobre o qual incide, melhorando o seu desempenho funcional e tornando esses edifícios aptos para o seu completo e atualizado reuso”. [1]

As intervenções de reabilitação de edifícios antigos podem dividir-se em vários níveis [2]:

- Reabilitação ligeira – compreende apenas pequenas reparações das instalações e equipamentos;
- Reabilitação média – abrange uma intervenção mais significativa, nomeadamente ao nível de reparação, substituição e reforço de alguns elementos;
- Reabilitação profunda – atende aos trabalhos de distribuição e organização tipológica, alterando o número de fogos ou mesmo o uso do edifício. Alterações que implicam demolições e reconstruções, introdução de instalações e equipamentos, resolução de problemas estruturais e melhoramento de comunicações verticais e horizontais. Consequentemente obriga a um estudo de materiais e técnicas a aplicar e à desocupação do edifício;
- Reabilitação excecional – compreende ações de um grau de desenvolvimento muito profundo, que em alguns casos obriga à reconstrução do edifício. Os custos de atuação a este nível podem facilmente ultrapassar os custos de uma nova edificação.

Nos dias de hoje, o desempenho energético-ambiental dos edifícios é um dos imperativos a ter em consideração, na fase de conceção, projeto e implementação, pois os nossos usos e hábitos tendem a solicitar um consumo crescente de energia, assim como os padrões de salubridade e conforto em termos de temperatura mínima, requisitos exigenciais de espaço, ambiente térmico, acústico entre outros, muito diferentes dos requeridos antigamente.

“A reabilitação é uma tarefa sensível a muitos títulos, entre os quais os da energia e da relação desta com o ambiente. Reabilitar para o século XXI interpela-nos sobre a satisfação das exigências de conforto e de higiene ambiental dos utentes e sobre os recursos energéticos, em natureza e quantidade, que irão ser usados para responder àquelas necessidades, nomeadamente, em termos de aquecimento ambiente e ventilação.” [3]

A cidade do Porto é uma das cidades que nos últimos anos tem sido alvo de grandes obras de reabilitação e reconstrução, este desenvolvimento é devido em grande parte ao turismo que tem vindo a transformar a cidade do Porto.

De acordo com os dados da Porto Vivo – Sociedade de Reabilitação Urbana da Baixa Portuense, em 2016 foram apresentados mais de 1300 requerimentos para reabilitação, tendo sido aprovados mais 153 do que em 2015.

Em relação ao Centro Histórico Património Mundial da Humanidade, considerado pela Unesco em 1996, tem vindo a sofrer melhorias apesar de ser uma zona mais restrita. Em 2016, 74% das parcelas apresentavam um estado de conservação considerado bom ou médio, sendo 26% em mau ou péssimo estado o que em 2016 desceu para 13%, esperando que hoje em dia este número já tenha diminuído face aos projetos de reabilitação que decorrem atualmente.

Os últimos dados divulgados pela Porto Vivo – Sociedade de Reabilitação Urbana (SRU), que engloba a Área de Reabilitação Urbana (ARU) e Centro Histórico do Porto (CHP) registaram-se no final de 2017 - 119 alvarás de obra e 60 alvarás de utilização tendo sido rececionados um total de 1762 requerimentos e 355 processos. Registaram-se também 76 obras iniciadas e 70 obras em curso.

### **3.1.1 Tipificação de soluções construtivas em edifícios antigos da cidade do Porto**

Os edifícios caracterizados como edifícios antigos do Porto têm em comum o recurso a materiais predominantemente naturais, pouco transformados e a técnicas que não evoluíram de forma muito significativa ao longo dos tempos. Verifica-se a existência de padrões comuns na construção dos edifícios antigos que se mantiveram durante séculos.

Apresenta-se de seguida algumas das soluções construtivas predominantes no centro histórico do Porto e que estão também presentes no caso de estudo apresentado no Capítulo 4.

- **Fundações**, estas são executadas em alvenaria de pedra, preferencialmente constituída por travadouros ou perpianho, dispostas de forma a constituírem o alargamento exigido às sapatas;

- **Paredes Exteriores, fachadas e paredes de meação**, estas normalmente executadas em alvenaria de pedra de granito, as de fachada apresentam sempre espessuras consideráveis, pelo facto de serem autoportantes e de grande parte da sua superfície conter aberturas. Como revestimento interior estas

eram regularizadas com argamassa de cal, areia e saibro, com acabamento em estuque, sendo posteriormente caiado ou pintado. Como revestimento exterior utilizava-se revestir a azulejos, o fácil manuseamento e fabrico destes tornou-o como principal revestimento de fachadas. O facto de não exigir manutenção significativa, funcionando simultaneamente como primeira camada impermeabilizante, considerou-se o revestimento típico das fachadas das casas do Porto, a partir de meados do século XIX. No edifício de habitação apresentado como caso de estudo verifica-se a utilização deste tipo de revestimento na sua fachada.



Figura 3.1 – Fachada principal, revestida a azulejo

– **Paredes divisórias interiores**, as mais comuns são do tipo tabique simples, são constituídas por uma estrutura de barrotes preenchido por um duplo tabuado. Estas podem ter pelo menos duas formas de execução: na primeira, os prumos, afastados cerca de 1m encontram-se apoiados diretamente no vigamento do pavimento, pregados a um frechal superior e travados por travessanhos pregados à altura do rodapé; na segunda, a estrutura é apenas constituída por prumos a toda a altura junto das paredes de meiação e na conformação dos vãos, um frechal superior e outro inferior, sendo este sobrelevado à altura do rodapé e apoiado em pequenos prumos. Ambas as estruturas são preenchidas por um duplo tabuado, de tábuas com cerca de 2cm de espessura cada, colocadas na vertical e na diagonal, sobre o qual é pregado o fasquiado para receber as massas de reboco e acabamento. [4]

– **Pavimentos**, normalmente revestidos por tabuado, soalho em madeira de pinho, depois de assentes as tábuas de soalho unidas por encaixe (em forma de macho-fêmea) eram pregadas no vigamento.

– **Tetos**, tradicionalmente em madeira, utilizando tabuado diretamente pregado ao vigamento. A partir do século XIX, os tetos são em estuque, que consiste na conceção de uma estrutura de ripas trapezoidais de pequena dimensão (fasquios) dispostas em forma de grelha, constitui uma das principais

evoluções do sistema construtivo. Existem vários métodos para a realização do fasquiado, utilizando vários materiais, o acabamento de tetos em estuque obedeciam em geral ao seguinte faseamento: os fasquios, espaçados entre si eram pregados diretamente sobre paus rolados ou a uma estrutura intermédia de barrotes que compensava algum desnivelamento da estrutura do vigamento, permitindo a sua ventilação; a primeira camada de argamassa, à base de saibro e cal era depositada sobre os fasquios; a segunda camada de argamassa, à base de areia fina e cal, era aplicado sob os fasquios preenchidos com a argamassa anterior, sobre a qual era aplicado o acabamento em estuque. [4]

– **Coberturas**, as casas do Porto são constituídas maioritariamente por telhados de quatro águas, como é o caso do nosso edifício em estudo. Em meados do século XIX, a telha utilizada é a conhecida Marselha, no qual assenta sobre uma estrutura constituída por uma armação simples de duas barras ou pernas, dispostas em forma de tesoura e apoiadas numa viga transversal ou linha que, por sua vez, se apoia nas paredes de meação. Esta armação é travada transversalmente por outra barra de menor dimensão (nível) colocada a cerca de dois terços da altura, apoiada nas pernas ou tesoura, por encaixe a meia madeira. Todas as barras que constituem esta armação são semelhantes às vigas dos sobrados (paus rolados), algumas apresentam diâmetros inferiores. Sobre esta estrutura são pregadas as varas ou caibros, também realizados com troncos de madeira de menor dimensão, sobre os quais está pregado o tabuado e por fim o ripado para apoio das telhas.

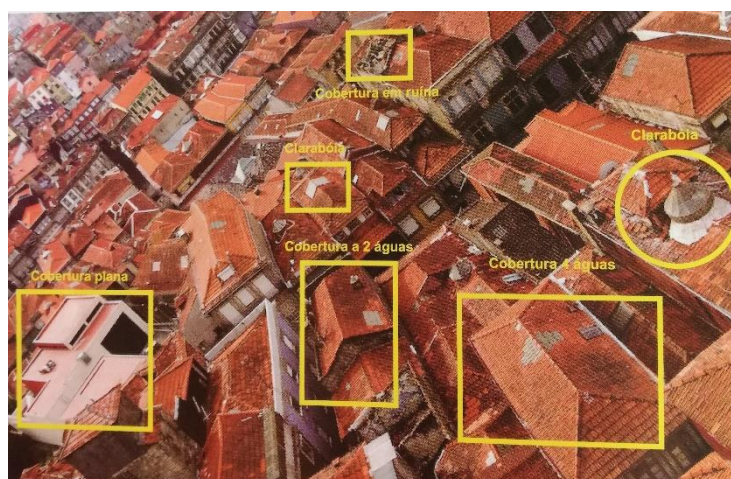


Figura 3.2 – Coberturas no Centro Histórico do Porto [3]

– **Claraboias**, pode-se encontrar praticamente em todas as casas antigas, nos telhados das casas do Porto, apresentam claraboias de vários formatos embora a mais comum é a claraboia circular ou elíptica, em forma de pequenas cúpulas. São constituídas em caixilharia metálica ou de madeira e têm vidro simples. Estes elementos tinham como função a transmissão da luz natural no interior do espaço construído.



Figura 3.3 – Claraboia Porto [3]

– **Caixilharias e Envidraçados**, as caixilharias podem ser em madeira ou metálicas, tipicamente são em madeira, sem qualquer tratamento térmico e com vidro simples. As janelas podem ser de vários tipos: fixas, de guilhotina ou de batente. Em relação às proteções, estas podem ser interiores (portadas em madeira opaca) ou exteriores (estores metálicos ou pvc).



Figura 3.4 – Tipos de caixilharia nos edifícios antigos – Porto [3]

## 3.2 ENQUADRAMENTO LEGAL – DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS

A necessidade de um instrumento legal que regulamente as condições térmicas dos edifícios, conduzindo a melhores condições de salubridade, de higiene e de conforto nos edifícios em geral e em habitação, tendo associado o consumo atual e potencial da energia para o conforto térmico, aquecimento e arrefecimento para o conforto visual, conduziu à publicação do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) e à sua revisão ao longo dos anos.

### – Decreto-Lei n.º 40/1990, de 6 de fevereiro - RCCTE

Constitui a primeira base regulamentar e o pressuposto essencial à adoção de medidas quanto à conservação de energia e à utilização de energia bioclimática nos edifícios tirando partido das condições do clima do nosso país, através da integração no próprio edifício, arquitetura, das tecnologias construtivas e das formas mais adequadas de aproveitamento da energia solar ou energia ambiente. Esta primeira versão do RCCTE marcou de forma significativa a melhoria da qualidade da construção em Portugal. Na época da sua publicação pretendia apenas limitar a utilização dos recursos, ou seja, era pouco exigente nos seus objetivos o que levou à sua revogação, surgindo em 2006 o novo RCCTE, Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de abril.

No final do século XX, a nível internacional surge o Tratado de Quioto, onde se torna imperativa a necessidade de reduzir os consumos energéticos, assim como as correspondentes emissões de gases que contribuem para o aumento do efeito de estufa ou aquecimento global. Este documento levou aos estados membros à publicação de diretivas europeias, nomeadamente a Diretiva 2002/91/CE de 16 de dezembro e a Diretiva 2010/31/UE, de 19 de maio, mais tarde a nível nacional leva a promover e a implementar a eficiência energética dos edifícios, através de decretos-leis e portarias publicados em Diário da República por isso surge, o Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto que revoga a Diretiva 2010/31/UE com vista a cumprir as metas do tratado.

- **Diretiva 2002/91/CE, de 16 de dezembro** – obriga os estados membros até 2006 a impor: requisitos mínimos para os novos edifícios; requisitos mínimos para reabilitações importantes de edifícios existentes (1000 m<sup>2</sup>); Introdução da certificação obrigatória dos edifícios; qualificação profissional dos técnicos para a certificação.
- **Diretiva 2010/31/UE, de 19 de maio** - clarifica alguns dos princípios definidos na diretiva 2002/91/CE e reforça o quadro da promoção do desempenho energético dos edifícios, de acordo com as metas estabelecidas pelos estados membros até 2020.

Em Portugal, estas diretivas foram sendo transportas para um conjunto de decretos leis e portarias, nomeadamente:

- Decreto-Lei n.º 78/2006, de 4 de abril – Sistema Nacional de Certificação Energética e de Qualidade do Ar Interior dos Edifícios (SCE);
- Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de abril – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização dos Edifícios (RSECE);
- Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de abril – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).

A nova versão do RCCTE assenta no pressuposto de que uma parte significativa dos edifícios vêm a ter meios de promoção das condições ambientais nos espaços interiores, quer no Inverno quer no Verão, e impõe limites aos consumos que decorrem dos seus potenciais, existência e uso. Este alarga assim as suas exigências, ao definir claramente objetivos de provisão de taxas de renovação do ar adequadas que os projetistas devem obrigatoriamente satisfazer.

- Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, revogou os 3 decretos-lei referidos e aprovou o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação, REH, e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços, RECS, transpôs a diretiva 2010/31/EU, de 19 de maio. Até à atualidade já sofreu 5 alterações publicadas nos Decretos-Leis nº 68-A/2015, de 30 de abril, o n.º 194/2015, de 14 de setembro, o n.º 251/2015, de 25 de novembro, o n.º 28/2016, de 23 de junho, sendo a quinta alteração a Lei n.º 52/2018, de 20 de agosto.

Após este enquadramento legislativo que sofreu várias alterações ao longo dos anos, para o tema proposto neste relatório foi fundamental estudar a seguinte legislação:

- **Portaria n.º 98/2019, de 2 de abril** – procede à terceira alteração da Portaria n.º 349-B/2013, de 29 de novembro, bem como as suas retificações;
- **Portaria n.º 42/2019, de 30 de janeiro** – Procede à segunda alteração da Portaria 349-D/2013, de 2 de dezembro, com as suas retificações;
- **Lei n.º 52/2018, de 20 de agosto** (Alteração ao Decreto-Lei nº 118/2013, de 20 de agosto) – procede à quinta alteração ao Decreto-Lei nº 118/2013, de 20 de agosto, relativo à melhoria do desempenho energético dos edifícios;
- **Portaria n.º 319/2016, de 15 de dezembro** – procede à segunda alteração à Portaria 349-B/2013, de 29 de novembro, com as suas retificações;

- **Portaria n.º 405/2015, de 20 de novembro** – procede à alteração à Portaria 349-C/2013, de 2 de dezembro, com as suas retificações;
- **Portaria n.º 349-B/2013, de 29 de novembro** - define a metodologia de determinação da classe de desempenho energético para a tipologia de pré-certificados e certificados SCE, bem como os requisitos de comportamento técnico e de eficiência de sistemas térmicos dos edifícios novos e sujeitos a grandes intervenções;
- **Portaria n.º 349-C/2013, de 2 de dezembro** – define os elementos que deverão constar dos procedimentos de licenciamento ou de comunicação prévia de operações urbanísticas ou de autorização de utilização;
- **Portaria n.º 349-D/2013, de 2 de dezembro** – define os requisitos relativos à qualidade térmica da envolvente e à eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos ou sujeitos a grandes intervenções e dos existentes;
- **Despacho n.º 15793-D/2013** – define os fatores de conversão entre útil e energia primária para a quantificação das Necessidades Nominais Anuais de Energia Primária;
- **Despacho n.º 15793-E/2013** – define as regras de simplificação a utilizar nos edifícios a grandes intervenções;
- **Despacho n.º 15793-F/2013** – define os parâmetros para zoneamento climático e dados climáticos;
- **Despacho n.º 15793-I/2013** – define as metodologias de cálculo para determinar as necessidades nominais de energia útil para aquecimento e arrefecimento ambiente, as necessidades nominais de energia útil para a produção de águas quentes sanitárias (AQS) e as necessidades nominais anuais globais de energia primária;
- **Despacho n.º 15793-J/2013** – define as regras de determinação da classe energética;
- **Despacho n.º 15793-K/2013** – define os parâmetros térmicos necessários para os cálculos, nomeadamente:
  - Coeficiente Global de transferência de calor;
  - Coeficiente de transmissão térmica superficial;
  - Coeficiente de transmissão térmica linear;
  - Coeficiente de absorção da radiação solar;
  - Fator de utilização de ganhos;

- Quantificação de Inércia térmica;
- Fator solar dos vãos envidraçados;
- Fator de obstrução da radiação solar;
- Fração envidraçada;
- Fator de correção da seletividade angular dos envidraçados;
- Coeficiente de redução de perdas;
- Taxa de renovação de ar.

### **3.3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

Por definição, a eficiência energética é a otimização que realizamos no consumo de energia. A energia é uma presença essencial na nossa sociedade, no nosso quotidiano, está em tudo o que fazemos ou utilizamos. Este uso em massa de energia tem diminuído as reservas dos combustíveis que a produzem e como consequência o aumento de concentração de dióxido de carbono na atmosfera, contribuindo para o aquecimento global do planeta, chamado efeito estufa. Sendo esta uma preocupação a nível mundial, a União Europeia e Portugal têm vindo a definir estratégias e metodologias para a diminuição deste consumo.

A Diretiva do Desempenho Energético dos Edifícios (Energy Performance in Buildings Directive, EPBD) exige a redução do consumo de energia e a aplicação de isolamento térmico, para isso o edifício, as suas instalações de aquecimento, arrefecimento, ventilação e produção de água quente sanitária devem ser desenvolvidos e construídos de modo a que a quantidade de energia necessária à sua utilização, em condições de conforto para os ocupantes, seja minorada.

Segundo o Decreto-Lei n.º 28/2016, são abrangidos pelo Sistema de Certificação Energética (SCE) os edifícios ou frações, novos ou sujeitos a grande intervenção, nos termos do Regulamento de Edifícios de Habitação (REH) e Regulamento de Edifícios de Comércio e Serviços (RECS). Estão excluídos do SCE, entre outros indicados, os edifícios unifamiliares na medida em que constituam edifícios autónomos com área útil igual ou inferior a 50 m<sup>2</sup>, os edifícios em ruínas.

A certificação energética de edifícios permite disponibilizar ao consumidor informação sobre o desempenho energético dos edifícios e inclui medidas de melhoria que procuram a redução de custos com a utilização de energia, a melhoria do conforto térmico e o acesso a financiamento e benefícios fiscais.

Com o documento certificado energético é possível saber a seguinte informação do imóvel:

- Descrição da fração, com localização e dados climáticos;
- As componentes construtivas, os equipamentos e o respetivo desempenho;
- Classe energética;
- Medidas de melhoria para reduzir o consumo de energia e melhorar o conforto.



Figura 3.5 – Classe Energética

### 3.4 EDIFÍCIOS NZEB – NECESSIDADES QUASE NULAS DE ENERGIA

Os edifícios NZEB (Nearly Zero Energy Buildings) são edifícios com necessidades energéticas quase nulas, ou seja, com elevado nível de eficiência energético e elevado desempenho térmico, quer pelo reduzido consumo de energia em relação a edifícios convencionais, quer pela existência de sistemas de produção de energia local que compensam as necessidades energéticas, permitindo verificar-se um balanço, relativo ao consumo anual de energia nos edifícios, de quase zero. [5]

É necessário conceber edifícios com necessidades quase nulas de energia e desta forma garantir o conforto térmico a todos sem necessidade de consumos exagerados de eletricidade. No caso da reabilitação de edifícios, é igualmente importante ter em conta o conforto térmico dos utilizadores, mas muitas vezes não é o que acontece com a frequência pretendida.

No caso do edifício em estudo, um edifício antigo, serão propostas soluções construtivas otimizadas tendo em conta o melhor desempenho do edifício.

O artigo 6.º do Decreto-Lei n.º 98/2019, de 2 de abril, estabelece que o parque edificado deve progressivamente ser composto por edifícios NZEB, devendo ter necessidades quase nulas de energia os edifícios novos licenciados após 31 de dezembro 2020 e após 31 de dezembro de 2018 tratando-se de edifícios novos ocupados ou detidos por entidades públicas. Os membros do Governo responsáveis pelas áreas da energia, ordenamento do território e das finanças aprovam por portaria o plano nacional de reabilitação do parque de edifícios existentes para que atinjam os requisitos de edifícios com necessidades

quase nulas de energia, estabelecendo objetivos finais e intermédios, diferenciados consoante a categoria de edifícios em causa e incentivos à reabilitação.

Os edifícios NZEB, com necessidades quase nulas de energia, são dotados de:

- Componente eficiente compatível com o limite mais exigente dos níveis de viabilidade económica que venham a ser obtidos com a aplicação da metodologia de custo ótimo, diferenciada para edifícios novos e edifícios existentes e para diferentes tipologias;
- Formas de captação local de energias renováveis que cubram grande parte do remanescente das necessidades energéticas previstas, de acordo com os modelos do REH e do RECS, de acordo com as seguintes formas de captação:
  - Preferencialmente, no próprio edifício ou na parcela de terreno onde está construído;
  - Em complemento, em infraestruturas de uso comum tão próximas do local quanto possível, quando não seja possível suprir as necessidades de energia renovável com recurso à captação local prevista especificamente para o efeito.

Estas especificações eram muito ambíguas no qual surgiu uma nova regulamentação portuguesa, a **Portaria n.º 98/2019, de 2 de abril**, define que a aplicação das exigências para edifícios de necessidades quase nulas de energia a edifícios na propriedade de uma entidade pública e a ser ocupados por uma entidade pública a partir de 1 de janeiro de 2019 e a todos os edifícios abrangidos pelo decreto-lei n.º118/2013 de 20 de agosto a partir de 1 de janeiro de 2021.

Para edifícios existentes, que é o nosso caso, existem estratégias para melhorar o desempenho energético, que são:

- O reforço do isolamento térmico da envolvente opaca, preferencialmente pelo exterior, ou quando não seja possível, pelo interior;
- Tratamento dos vãos envidraçados, quanto à estanquidade ao ar, à proteção solar e ao seu coeficiente de transmissão térmica, U;
- Conceção de sistemas que garantam, de uma forma controlada, a necessária renovação de ar, utilizando sempre que possível a ventilação natural;
- Recurso eventual a tecnologias solares e maximização de ventilação noturna (no verão);
- Melhoria da eficiência energética de eventuais sistemas e equipamentos existentes.

Uma das soluções para se atingir um NZEB é a **Norma Passivhaus**:

O conceito de “Passive House” foi desenvolvido na Alemanha nos anos 80, pelo investigador Wolfgang Feist, este assenta unicamente no desempenho do edifício, define um padrão de elevado desempenho

que é eficiente, sob o ponto de vista energético, saudável, confortável, economicamente acessível e sustentável. Sendo o mais elevado padrão de eficiência energética a nível mundial, este consegue uma poupança energética que atinge os 75% em comparação com os edifícios convencionais. Isto é possível graças à excelente qualidade térmica dos materiais de confinamento do edifício, à utilização das fontes de calor internas e à minimização das perdas de ventilação com um sistema controlado com recuperação de calor, a habitação passiva não necessita de mecanismos de arrefecimento e de aquecimento convencionais.



Figura 3.6 – Balanço energético Passive House

A metodologia definida pela Passive House estabelece alguns princípios:

- Adequados isolamentos da envolvente do edifício;
- Janelas apropriadas e sistemas de sombreamento;
- Sistema de ventilação adequado;
- Estanquidade ao ar da envolvente do edifício;
- Evitar pontes térmicas na envolvente do edifício;
- Boa exposição solar, otimizando os ganhos solares no período de aquecimento e o sombreamento no período de arrefecimento.

Os requisitos definidos da Passive House são os indicados na tabela abaixo:

Tabela 3.1 – Requisitos Passive House [8]

<b>Aquecimento</b>	Necessidades Anuais < 15 kWh (m <sup>2</sup> ano), ou Necessidades em Pico < 10 W/ m <sup>2</sup>
<b>Arrefecimento</b>	Necessidades Anuais < 15 kWh (m <sup>2</sup> ano) + necessidade de desumidificação, ou Necessidades em Pico < 10 W/ m <sup>2</sup>
<b>Estanquidade ao Ar</b>	Resultado blower door test (n50) < 0,6 rph
<b>Conforto Térmico</b>	Temperatura entre 20 e 25 °C e Excesso de temperatura < 10% do tempo

Em termos de conforto e qualidade do ar interior, a Passive House considera:

- Temperatura entre 20°C e 25°C (na legislação nacional os valores são entre os 18°C e 25°C);
- Humidade relativa entre 30% e 70% (ideal 40% e 60%);
- Concentração máxima de CO2 de 1000ppm;
- Taxa mínima de renovação de ar de 0,3  $R_{PH}$  (inferior ao mínimo de 0,4  $h^{-1}$  na legislação portuguesa).

Na Figura 3.7 é possível comparar as exigências relativas aos coeficientes de transmissão máximos admissíveis exigidos pela legislação nacional e pela Passive House. Como se pode constatar, a norma é mais exigente, o que conduz a valores de espessuras de isolamento térmico superiores.

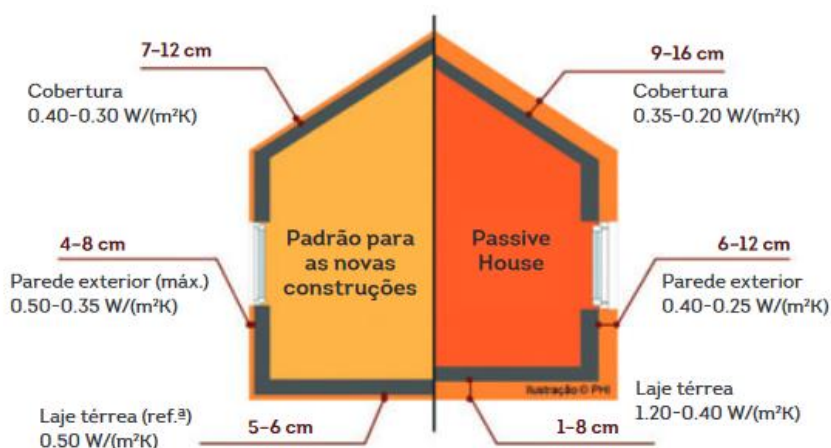


Figura 3.7 – Comparação entre os valores de U [W/(m<sup>2</sup>.K)] da envolvente em Portugal [8]

Nesta norma, os edifícios NZEB obtêm-se através da combinação da Passive House com as energias renováveis, tal como acontece com a legislação portuguesa em que os NZEB se conseguem através da combinação do elevado desempenho térmico com as energias renováveis.

### **3.5 ENQUADRAMENTO LEGAL – DESEMPENHO ACÚSTICO DE EDIFÍCIOS**

Os edifícios têm de cumprir várias exigências para o controlo do seu comportamento acústico, presentes em dois regulamentos:

- **Regulamento Geral do Ruído (RGR, Decreto Lei n.º 9/2007, 17 de janeiro)**

Este regulamento aprova o Regulamento Geral do Ruído e revoga o regime legal da poluição sonora, o Decreto-Lei n.º 292/2000, de 14 de novembro.

O regulamento geral do ruído apresenta algumas exigências necessárias a cumprir no que diz respeito ao ruído exterior, designadamente:

- Construção, reconstrução, ampliação, alteração ou conservação de edificações;
- Obras de construção civil;
- Laboração de estabelecimentos industriais, comerciais e de serviços;
- Equipamentos para utilização no exterior;
- Infraestruturas de transporte, veículos e tráfegos;
- Espetáculos, diversões, manifestações desportivas, feiras e mercados;
- Sistemas sonoros de alarme;
- Definição de indicadores de ruído;
- Definição de zonas sensíveis e mistas.

Posteriormente a este regulamento foi publicado uma Declaração de Retificação n.º 18/2007.

- **Regulamento dos Requisitos Acústicos das Edificações (RRAE, Decreto Lei n.º 96/2008, 9 de junho)**

O presente regulamento estabelece os requisitos acústicos dos edifícios, com vista a melhoria do comportamento acústico destes e ao conforto dos seus ocupantes.

Este documento procedeu à revisão do Decreto Lei n.º 129/2002, 11 de maio, e precedeu às alterações necessárias para:

- Compatibilização com as exigências do Regulamento Geral do Ruído (RGR);

- Atualização dos parâmetros de desempenho acústico e dos indicadores de ruído de equipamentos e instalações;
- Alargou o âmbito da aplicação passando a incluir unidades hoteleiras, auditórios, salas de espetáculos e cinemas;
- Desagravou as exigências de isolamento sonoro dos espaços interiores em edifícios situados em zonas histórias.

Os dois regulamentos estão interligados apenas pelas exigências a aplicar à envolvente exterior de alguns compartimentos, que são estabelecidos em função da localização do edifício (zona mista ou sensível) e do nível de ruído existente no exterior.

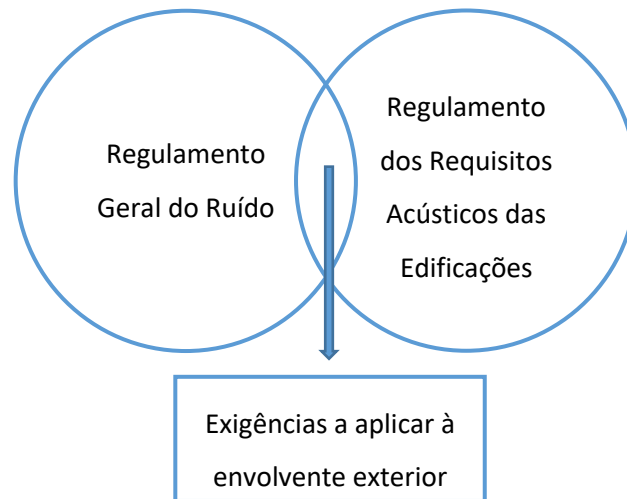


Figura 3.8 – Esquema simplificativo das exigências em comum nos regulamentos

# CAPÍTULO 4

## ESTUDO DE CASO

### 4.1 CARATERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO

O edifício em estudo é uma moradia unifamiliar do início do século XX, localizado na cidade do Porto.

Na alteração proposta para o edifício existente, irão surgir doze frações de habitação, das quais onze são T0 e uma T3.

O presente relatório incide apenas sobre o estudo do comportamento térmico de uma fração de tipologia T0, designada como fração 8 do projeto. O estudo de desempenho acústico irá incidir sobre todas as frações e espaços comuns do edifício.

O edifício desenvolve-se em 4 pisos com cave, rés-do-chão, 1º andar e 2º andar, de acordo com a seguinte descrição:

- Na cave, está implementado: a sala de condomínio, o arrumo do condomínio e duas casas de banho;
- O rés-do chão, piso 0, é constituído por seis frações de tipologia T0 (frações com designação de 1 a 6), dois terraços com acesso para as frações 1, 2 e 3, três átrios, um deles de acesso à circulação de escadas e dois destinados a espaços para estacionamento;
- No piso 1, temos seis frações (frações designadas da 7 à 12), das quais cinco delas são de tipologia T0 (fração 8 à 12) e uma é T3 (Fração 7). Três destas frações são duplex dando continuidade para o piso 2 (Fração 7, 11 e 12);
- Por último, o piso 2 constituído pelas frações 7, 11 e 12 que são duplex.
- Tanto no piso 1 como no piso 2, não é considerado o aproveitamento do desvão da cobertura.

Os pisos comunicam através de uma escada comum, com uma claraboia central, muito utilizada nas construções desta época.

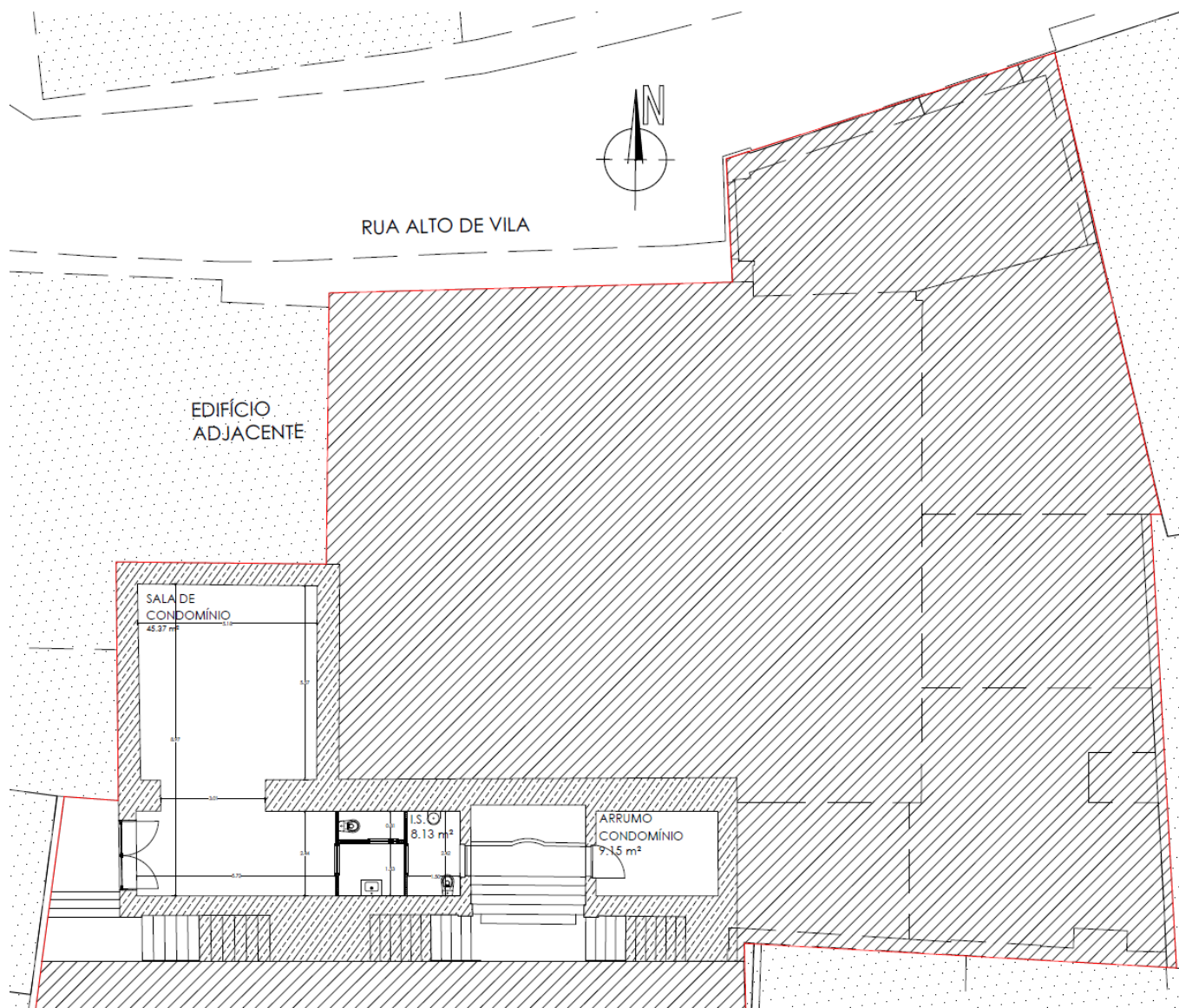


Figura 4.1 – Planta da cave, piso -1, delimitação do terreno.

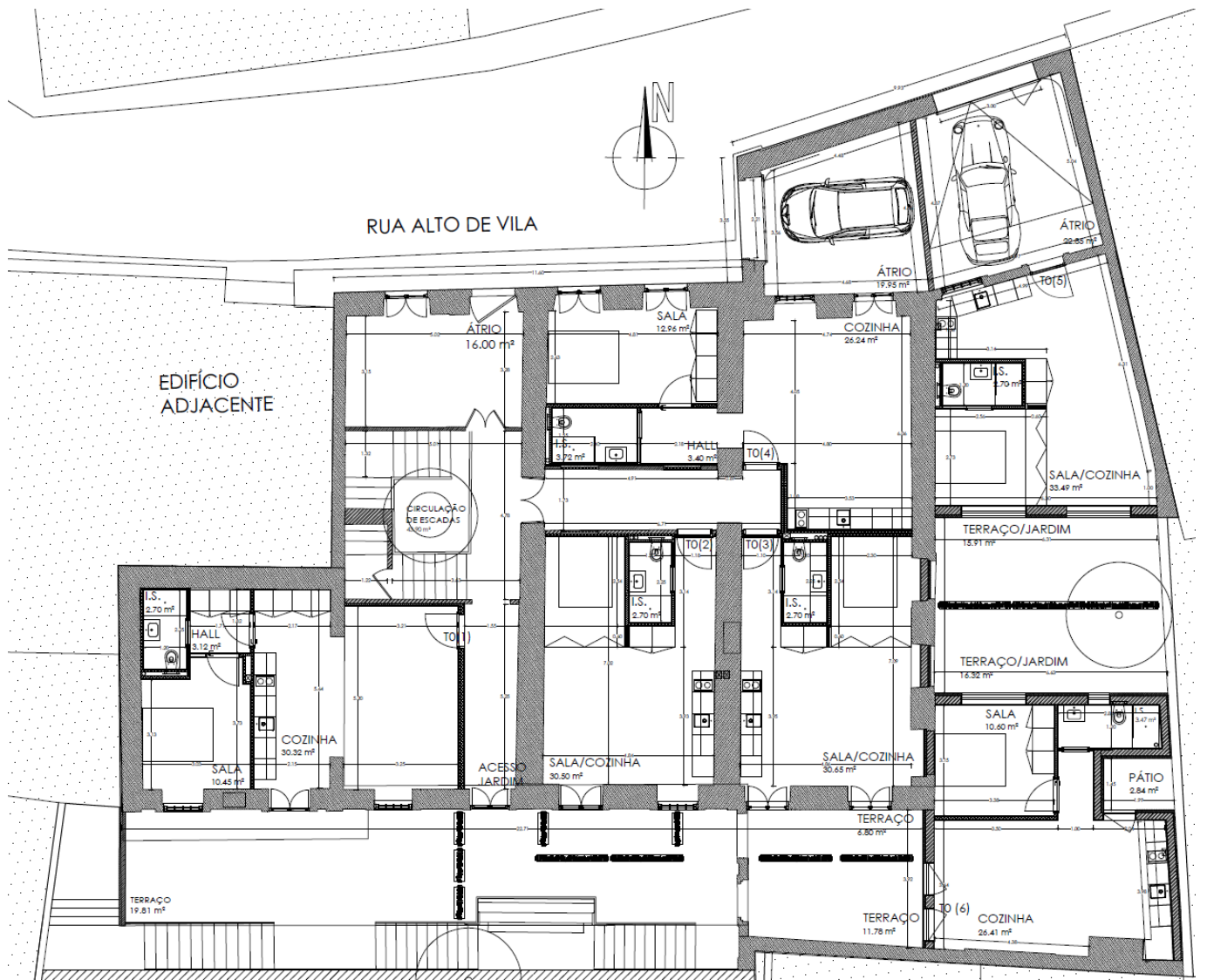


Figura 4.2 – Planta do Piso 0

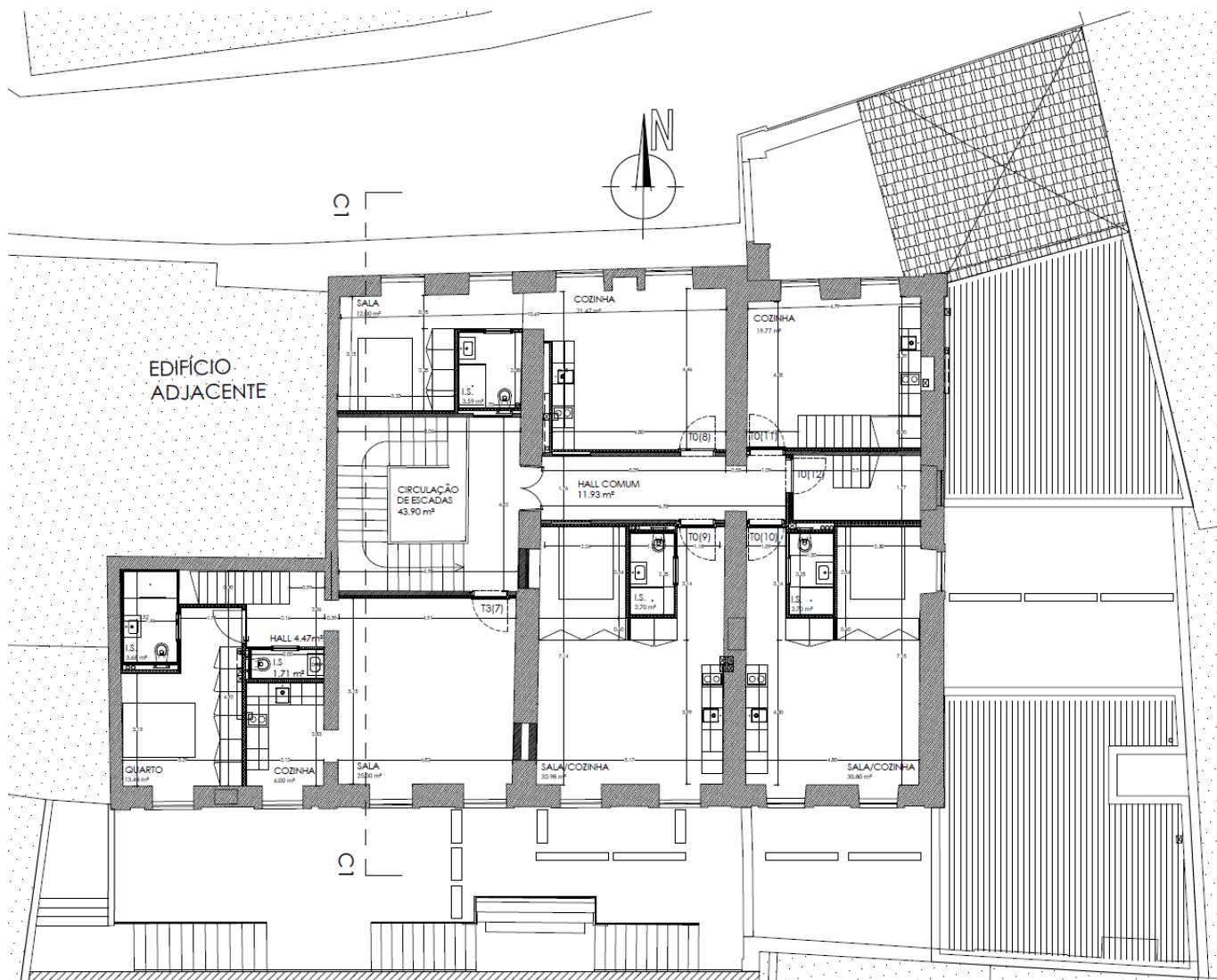


Figura 4.3 – Planta do Piso 1

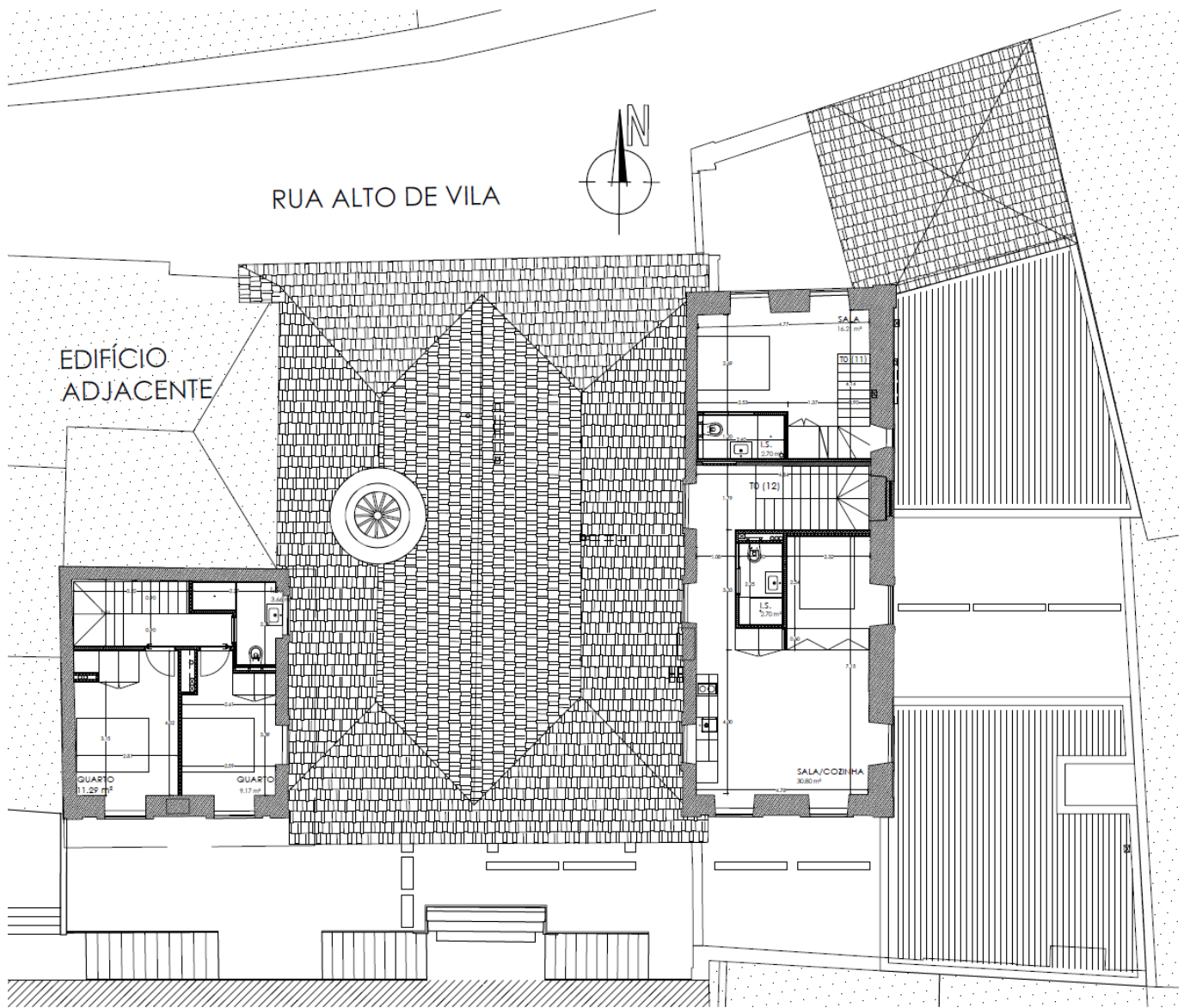


Figura 4.4 – Planta do Piso 2



Figura 4.5 – Planta da Cobertura

## 4.2 ESTUDO DO DESEMPENHO TÉRMICO

O estudo do desempenho térmico será apenas de uma fração, neste caso designada no projeto como fração 8, para a qual vamos simular três cenários distintos: a fração admitindo as soluções construtivas existentes antes da reabilitação; a fração com as soluções construtivas que foram propostas no projeto desenvolvido pela Becertif e por fim a fração com uma solução otimizada.

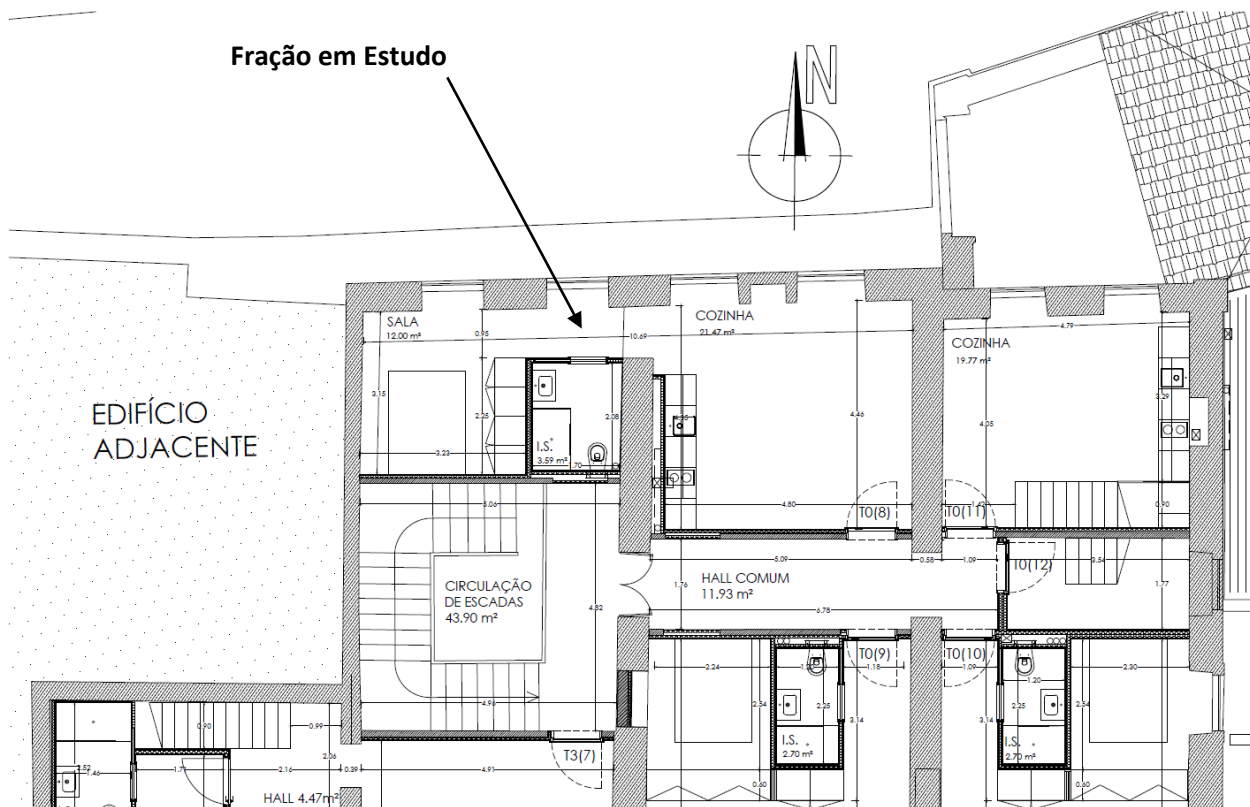


Figura 4.6 – Fração 8

#### 4.2.1 Dados Climáticos

O edifício situa-se na cidade do Porto, região norte do país, em meio urbano, a menos de 5 Km da zona costeira. A fachada principal está orientada a norte (N) e a altitude do local, Z, é de 26m.

O zoneamento climático do país baseia-se na Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (NUTS) de nível III.

De acordo com a Tabela 01 – NUTS III, do Despacho 15793-F/2013 e sendo a localização do edifício, no Município do Porto, este situa-se no Grande Porto.

Para a estação de aquecimento, as zonas climáticas de inverno são definidas a partir do número de Graus-Dias (GD) na base de 18°C.

Os parâmetros climáticos para a estação de aquecimento (inverno) são os seguintes:

- GD - Número de graus dias, na base dos 18°C [°C.dia];
- M - Duração da estação de aquecimento (meses);
- $G_{sul}$  – Energia Solar média mensal durante a estação, recebida numa superfície vertical orientada a sul [KWh/m<sup>2</sup>.mês].

Para estes parâmetros climáticos, o valor do parâmetro X é obtido a partir de um valor de referência Xref corrigido através de uma correção linear de declive “a” e proporcional à diferença entre a altitude, Z e a altitude de referência, Zref.

$$X = X_{ref} + a * (Z - Z_{ref}) \quad 4.1$$

De acordo com a tabela 04 do despacho n.º 15793-F/2013, para a região do Grande Porto, temos:

$$Z_{ref} = 94 \text{ m};$$

$$M_{ref} = 6,2 \text{ meses e } a = 2 \text{ mês/Km};$$

$$GD_{ref} = 1250 \text{ °C e } a = 1600 \text{ °C/Km};$$

$$G_{sul} = 130 \text{ KWh/ (m}^2 \cdot \text{mês)}.$$

$$M = M_{ref} + \frac{a}{1000} * (Z - Z_{ref}) \quad 4.2$$

$$M = 6.2 + \frac{2}{1000} * (26 - 94) = 6,1 \text{ meses}$$

$$GD = GD_{ref} + \frac{a}{1000} * (Z - Z_{ref}) \quad 4.3$$

$$GD = 1250 + \frac{1600}{1000} * (26 - 94) = 1141 \text{ °C. dia}$$

De acordo com a tabela 02, do despacho 15793-F/2013:

Como o valor dos GD é inferior a 1300 °C.dia, a Zona Climática a considerar é **I1**.

Os parâmetros climáticos para a estação de arrefecimento (Verão) são os seguintes:

$\theta_{ext,v}$  – Temperatura exterior média (°C);

$I_{sol}$  – Energia solar acumulada durante a estação, recebida na horizontal (inclinação 0º) e em superfícies verticais (inclinação 90º) para os quatro pontos cardeais e os quatro pontos colaterais (KWh/m²).

De acordo com a tabela 05 do despacho n.º 15793-F/2013, para a região do Grande Porto, temos:

$$Z_{ref} = 94 \text{ m};$$

$$\theta_{ext,v,ref} = 20.9 \text{ °C e } a = 0 \text{ °C};$$

$$I_{sol} \rightarrow N = 220 \text{ °C}$$

$$O = 490 \text{ °C}$$

$$\theta_{\text{ext,v}} = \theta_{\text{ext,v,ref}} + \frac{a}{1000} * (Z - Z_{\text{ref}}) \quad 4.4$$

$$\theta_{\text{ext,v}} = 20.9 + 0 * (26 - 94) = 20.9 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

De acordo, com a tabela 03, do despacho 15793-F/2013:

Como o valor da temperatura média exterior está compreendida entre 20 °C e 22 °C, a Zona Climática a considerar é **V2**.

#### 4.2.2 Áreas e Dimensões

Para avaliação do comportamento térmico da fração é necessário aferir a área útil de pavimento da fração em estudo. A área útil de pavimento será o somatório das áreas, medidas em planta pelo perímetro interior, de todos os espaços interiores úteis pertencentes à fração.

Tabela 4.1– Área útil de pavimento da fração.

Fração em estudo - F8		
Compartimentos	Área Útil Pavimento	Pé Direito
Cozinha	21,47 m <sup>2</sup>	3,68 m
Sala	12,00 m <sup>2</sup>	3,68 m
Instalação Sanitária	3,59 m <sup>2</sup>	3,68 m
<b>Total</b>	<b>37,06 m<sup>2</sup></b>	<b>3,68 m</b>

Para os cálculos relativos ao desempenho térmico nas duas estações, é necessário quantificar todas as áreas dos diferentes elementos da envolvente exterior da fração, estas apresentam-se na tabela abaixo.

Tabela 4.2 – Área útil da envolvente exterior.

Envolvente Exterior - Fração 8				
Elementos	Orientação	Compartimento	Dimensões	Área m <sup>2</sup>
Envidraçados	N	Sala	V1 = 1,22 x 1,5 m	1,83
	N	Sala	V2 = 1,22 x 1,5 m	1,83
	N	Cozinha	V3 = 1,22 x 1,5 m	1,83
	N	Cozinha	V4 = 1,22 x 1,5 m	1,83
	<b>Total</b>			
Paredes Exteriores Lparede x Pd – Aenvidraçados	N	Sala	5,1 x 3,68 – (2 x 1,83) m	15,11
	N	Cozinha	5,6 x 3,68 – (2 x 1,83) m	16,95
	<b>Total</b>			

Para os cálculos relativos ao desempenho térmico nas duas estações, é necessário quantificar todas as áreas dos diferentes elementos da envolvente interior da fração.

Tabela 4.3 – Áreas da envolvente interior

<b>Envolvente Interior - Paredes ou Pavimentos para espaços não aquecidos</b>			
<b>ENU</b>	<b>Compartimento</b>	<b>Dimensões</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
<b>Circulação Comum</b>	Parede Sala	3,23 x 3,68 m	11,89
	Parede I.S.	1,70 x 3,68 m	6,26
	Parede Cozinha	0,97 x 3,68 m	3,57
	<b>Total</b>		<b>21,71</b>
<b>Hall Comum</b>	Parede Cozinha	4,8 x 3,68	17,66
	<b>Total</b>		<b>17,66</b>
<b>Átrio</b>	Pavimento da Sala	12,00	12,00
	Pavimento da I.S.	3,59	3,59
	<b>Total</b>		<b>15,59</b>
<b>Edifício Adjacente</b>	Parede Sala	3,15 x 3,68	11,59
	<b>Total</b>		<b>11,59</b>

#### **4.2.3 Envoltentes do edifício e fatores de redução de temperatura - btr**

Entende-se por envolvente o conjunto de elementos de construção da fração, incluindo as paredes, pavimentos, coberturas e vãos que separam o espaço interior útil do exterior dos edifícios ou frações adjacentes, dos espaços não úteis, de edifícios adjacentes e do solo.

Pelo despacho n.º 15793-K/2013, o cálculo das perdas de calor por transmissão em elementos que separam o espaço com condições de referência de espaços com temperatura ambiente diferente do ar exterior, como é o caso dos elementos da envolvente interior, será afetado pelo coeficiente de redução de perdas btr, que traduz a redução da transmissão de calor.

De acordo com a distribuição dos espaços interiores, considerou-se como espaços não úteis (ENU), que fazem fronteira com espaço aquecido, os seguintes btr:

Piso -1: Sala de Condomínio;

Piso 0: Átrio/Garagem; Hall; Átrio; Circulação de Escadas; Acesso Jardim; Edifício Adjacente;

Piso 1: Hall; Circulação de Escadas; Edifício Adjacente.

Na fração em estudo apenas consideramos os ENU que fazem fronteira com a fração, nomeadamente: o hall comum, a circulação de escadas, o átrio, o edifício adjacente e o desvão. Os cálculos necessários para a obtenção do coeficiente btr apresentam-se na

#### Tabela 4.4.

Para os elementos em contacto com espaços não úteis e na impossibilidade de conhecer com precisão o valor da temperatura do local não útil, dependente do uso concreto e real de cada espaço, para os espaços não úteis existentes nesta fração utilizar-se-á para os btr os valores indicados na tabela 22 do despacho 15793-K/2013 em que o btr é determinado em função:





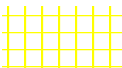

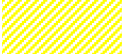
- da razão ( $A_i/A_u$ ), em que,  $A_i$  representa o somatório das áreas dos elementos que separam o espaço interior útil do espaço não útil ( $m^2$ ) e  $A_u$  representa o somatório das áreas dos elementos que separam o espaço não útil do ambiente exterior ( $m^2$ );
- de  $V_{ENU}$  – é o volume do espaço não útil ( $m^3$ );
- da estanquidade desse espaço através de  $f$  e  $F$ , em que,  $f$  é um espaço não útil que em todas as ligações entre elementos estão bem vedadas, sem aberturas de ventilação permanentemente abertas, ou seja, trata-se de um espaço estanque e  $F$  é um espaço não útil permeável ao ar devido à presença de ligações e aberturas de ventilação permanentemente abertas, ou seja, tratar-se de um espaço ventilado.

Para elementos de construção que separam o espaço com condições de referência de um espaço fechado de um edifício adjacente, deve ser tomado o valor do btr=0.6.

Tabela 4.4 – Cálculo do fator de redução de temperatura, btr

Fatores de Redução de Temperatura, btr											
Piso	Espaço não Útil, ENU	Área (m <sup>2</sup> )	Pé Direito (m)	Venu	Ai (m <sup>2</sup> )		Au (m <sup>2</sup> )		Ai/Au	F/f	btr
1	Hall Comum	11,93	3,68	43,91	Áreas das Paredes Hall  Fração 8 + Hall  Fração 9 + Hall  Fração 10 + Hall  Fração 11 + Hall  Fração 12	56,38	-	-	∞	F	0,5
0/1	Circulação Escadas	21,95	3,25+3,68	152,11	Áreas das Paredes em contato com a circulação comum dos dois pisos	69,10	Área da Parede Exterior	39,40	1,75	F	0,9
0	Átrio	16,00	3,25	52,00	Área da Parede Átrio  Fração 4 + Teto Átrio  Fração 8	26,70	Área da Parede Exterior	16,32	1,63	F	0,9
1	Edifício Adjacente	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6
2	Desvão	-	-	-	-	-	-	-	-	F	1,0

As envoltentes foram traçadas em todas as plantas tendo sido utilizada a seguinte legenda:

-  Envoltente Exterior;
-  Envoltente Interior com requisitos de exterior btr > 0.7;
-  Envoltente Interior com requisitos de interior btr ≤ 0.7;
-  Envoltente Sem Requisitos;
-  Envoltente horizontal pavimento interior com requisitos de exterior btr > 0.7;
-  Envoltente horizontal pavimento sem requisitos;
-  Envoltente horizontal cobertura interior com requisitos de exterior btr > 0.7.

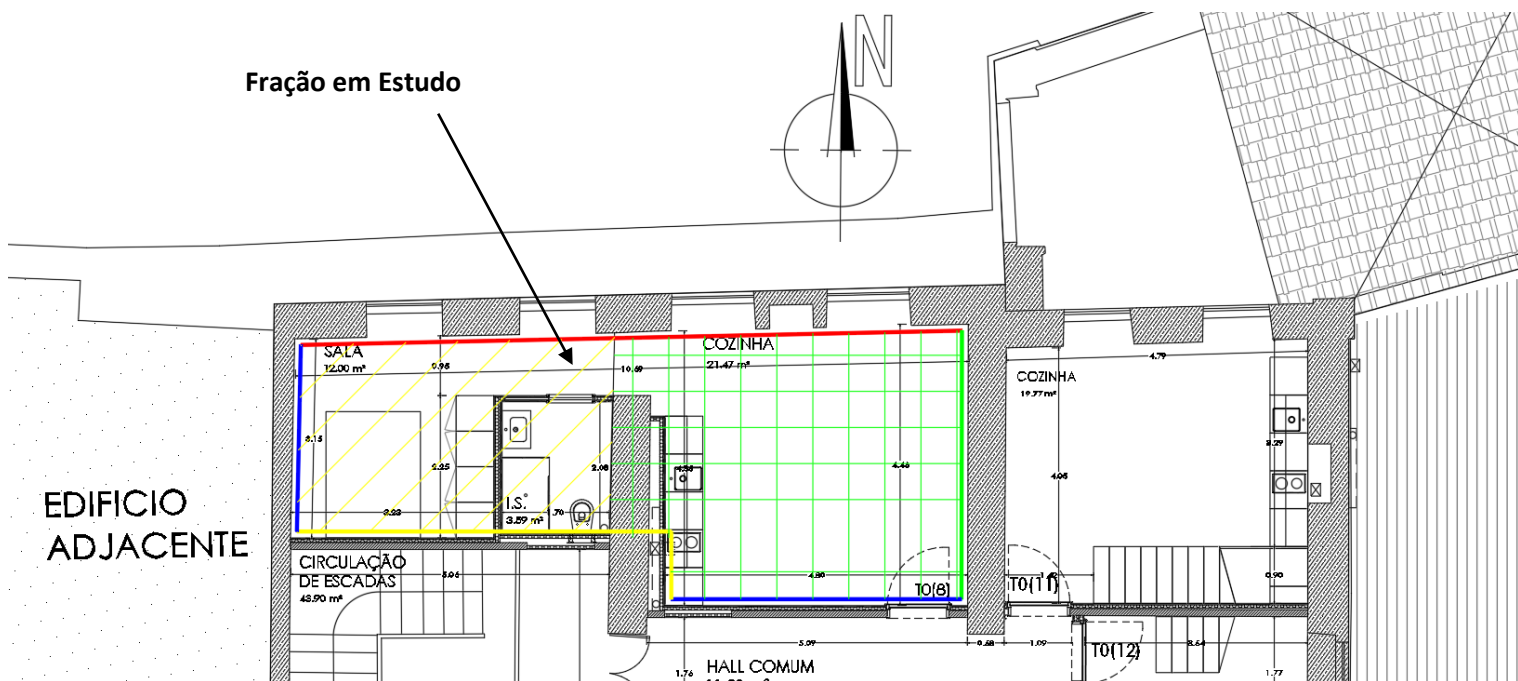


Figura 4.7 – Envolvente vertical e do pavimento da fração em estudo

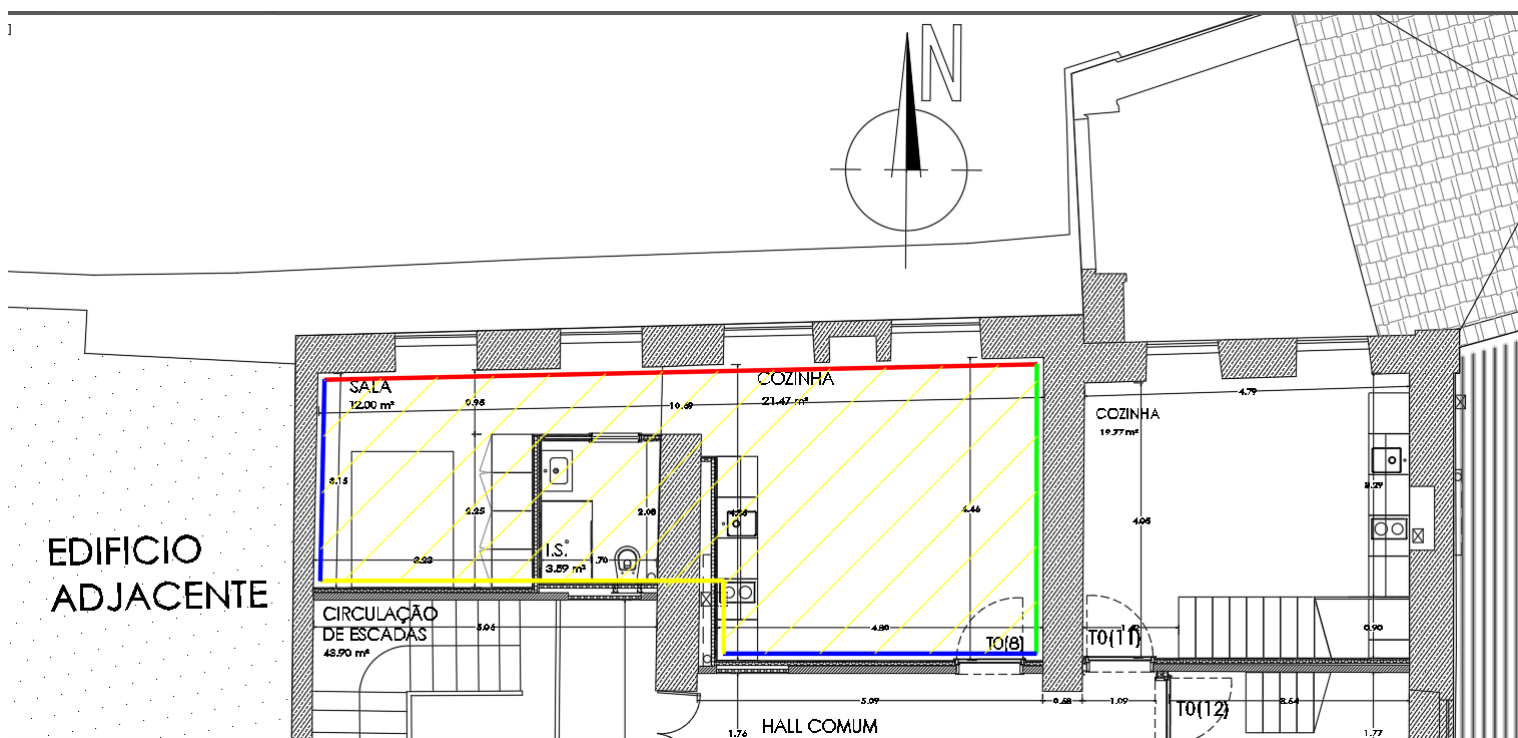


Figura 4.8 - Envolvente vertical e da cobertura da fração em estudo

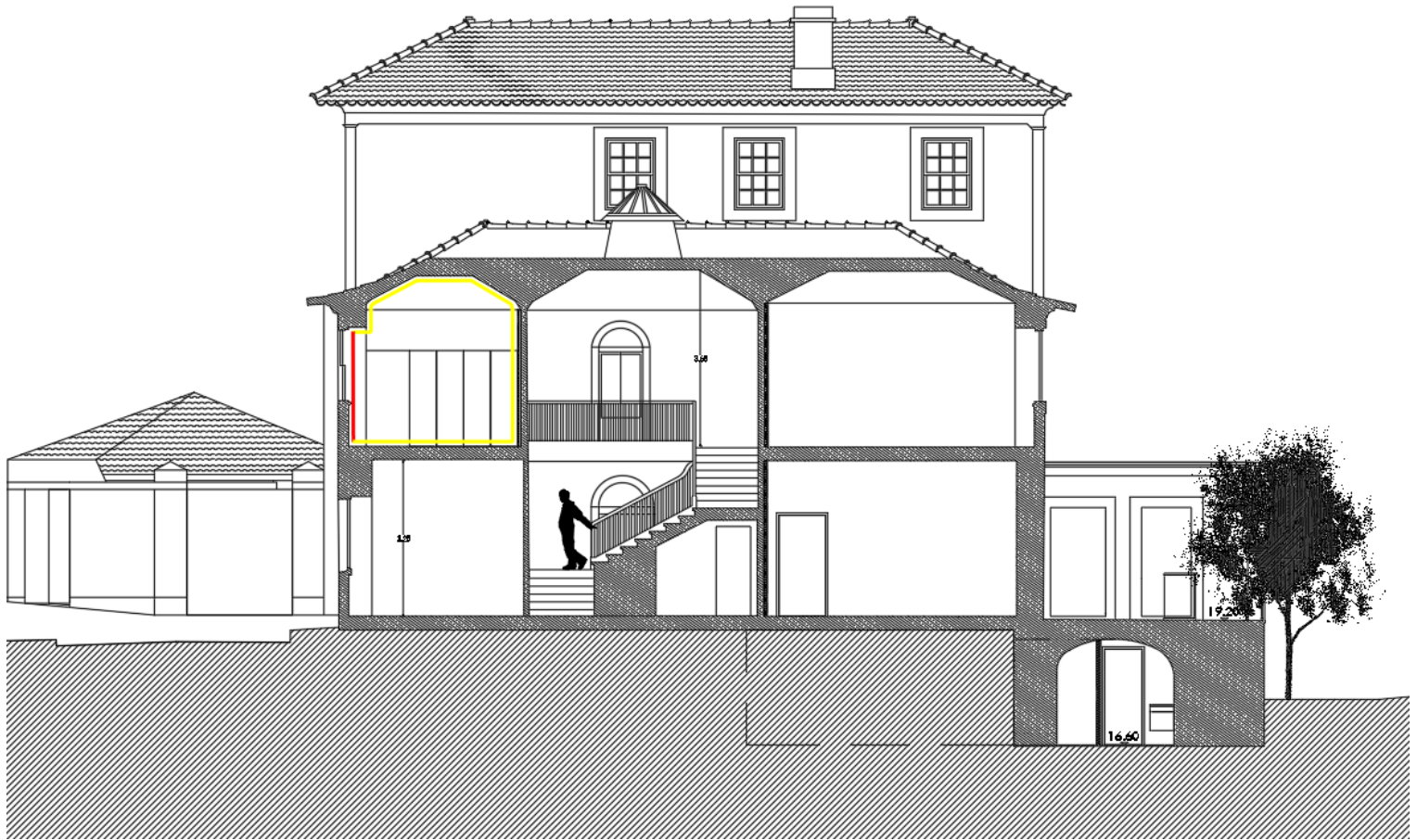


Figura 4.9 – Envolvente das paredes no corte

#### 4.2.4 Verificação dos requisitos mínimos do Coeficiente de Transmissão Térmica, $U$ , e do Fator Solar

A Portaria nº 379-A/2015, de 22 de outubro, define nas tabelas I.05A e I.05B os valores máximos e de referência para os coeficientes de transmissão térmica superficial,  $U$ , dos elementos da envolvente.

Para os edifícios localizados na zona climática I1, as soluções construtivas adotadas para os elementos da envolvente opaca em zona corrente e para os envidraçados deverão apresentar um coeficiente de transmissão não superior aos valores assinalados na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Valores máximos e de referência para os coeficientes de transmissão térmica [W/m<sup>2</sup>.°C]

$U_{m\acute{a}x}$ [W/(m <sup>2</sup> .°C)]		Zona climática		
Portugal Continental				
Zona corrente da envolvente:		A partir de 31 de dezembro 2015		
		I1	I2	I3
em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr} > 0.7$	Elementos opacos verticais	0,50	0,40	0,35
	Elementos opacos horizontais	0,40	0,35	0,30
Vãos envidraçados (portas e janelas) ( $U_w$ )		2,80	2,40	2,20
em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr} > 0.7$	Elementos opacos verticais	1,75	1,60	1,45
	Elementos opacos horizontais	1,25	1,00	0,90
em contacto com outros edifícios ou espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr} \leq 0.7$	Elementos opacos verticais	2,00	2,00	1,90
	Elementos opacos horizontais	1,65	1,30	1,20

Os envidraçados apresentam ainda exigências relativas ao seu fator solar, como forma de evitar o sobreaquecimento das habitações, na estação de arrefecimento.

De acordo com o número 2.3 da portaria 349-B de 2013, os envidraçados não orientados no quadrante norte e cuja área seja superior a 5% da área do compartimento onde estão inseridos deverão obedecer a uma das seguintes exigências:

Se,

$$A_{env} \leq 15\% \times A_{pav} \rightarrow g_T \times F_0 \times F_f \leq g_{Tmax} \quad 4.5$$

$$A_{env} \leq 15\% \times A_{pav} \rightarrow g_T \times F_0 \times F_f \leq g_{Tmax} \quad 4.6$$

$$A_{env} > 15\% \times A_{pav} \rightarrow g_T \times F_0 \times F_f \leq g_{Tmax} \times \frac{0,15}{\frac{A_{env}}{A_{pav}}} \quad 4.7$$

Sendo,

$g_T$  – fator solar do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção ativados;

$F_0$  – fator de sombreamento por elementos horizontais sobrejacentes ao vão;

$F_f$  - fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao vão;

$g_{Tmax}$  – fator solar máximo;

$A_{env}$  – soma das áreas dos envidraçados do compartimento [m<sup>2</sup>];

$A_{pav}$  – área de pavimento do compartimento servido pelos vãos [m<sup>2</sup>].

#### 4.2.5 Estudo Térmico da Fração Existente

De seguida são apresentados os cálculos relativos ao desempenho térmico e energético da fração em estudo considerando as soluções construtivas originais do edifício.

##### 4.2.5.1 Coeficiente de Transmissão Térmica, U

Como iremos realizar a análise do desempenho térmico da fração admitindo as soluções construtivas originais, os requisitos mínimos poderão não serão obviamente cumpridos.

- **Parede Exterior virada a Norte**

Constituição:

- Alvenaria de Granito:  $e = 0,58\text{m}$ ;  $\lambda = 2,8 \text{ W/ (m} \cdot \text{°C)}$ ;
- Reboco:  $e = 0,02\text{m}$  em cada uma das faces da parede;  $\lambda = 1,3 \text{ W/ (m} \cdot \text{°C)}$ ;
- Mosaico cerâmico  $e = 0,015\text{m}$ ;  $\lambda = 0,34 \text{ W/ (m} \cdot \text{°C)}$ ;

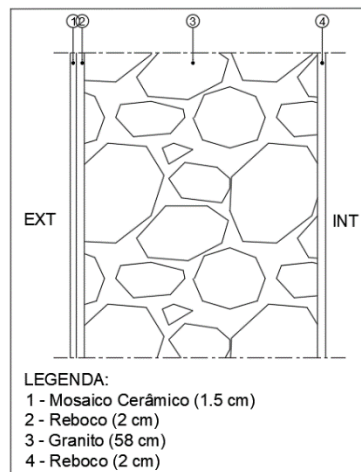


Figura 4.10 – Pormenor construtivo da parede exterior

Consultando a Tabela 01 do Despacho 15793-K/2013 e o ITE50:

$$R_t = 0,04 + \frac{0,58}{2,8} + 2 * \frac{0,02}{1,3} + \frac{0,015}{0,34} + 0,13 = 0,452 \text{ [(m}^2 \cdot \text{°C)/W ]}$$

$$U = \frac{1}{0,452} = 2,21 \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{°C)]} \geq U_{\text{máx}} = 0,50 \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{°C)]} \rightarrow \text{Não Verifica}$$

- **Parede Sala / Edifício Adjacente**

Constituição:

- Alvenaria de Granito:  $e = 0,30 \text{ m}$ ;  $\lambda = 2,8 \text{ W/ (m. } ^\circ\text{C)}$ ;
- Reboco:  $e = 0,02\text{m}$  em cada uma das faces da parede;  $\lambda = 1,3 \text{ W/ (m.}^\circ\text{C)}$ ;

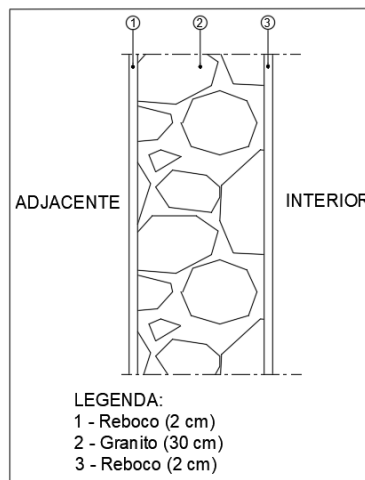


Figura 4.11 – Pormenor construtivo da parede sala/ edifício adjacente

Consultando a Tabela 01 do Despacho 15793-K/2013 e o ITE50:

$$R_t = 0,13 + \frac{0,30}{2,8} + 2 * \frac{0,02}{1,3} + 0,13 = 0,398 \text{ [(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)/W]}$$

$$U = \frac{1}{0,398} = 2,51 \text{ [W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}] \geq U_{\text{máx}} = 2,0 \text{ [W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}] \rightarrow \text{Não Verifica}$$

- **Parede Cozinha / Circulação de Escadas**

Constituição:

- Alvenaria de Granito:  $e = 0,62 \text{ m}$ ;  $\lambda = 2,8 \text{ W/ (m. } ^\circ\text{C)}$ ;
- Reboco:  $e = 0,02\text{m}$  em cada uma das faces da parede;  $\lambda = 1,3 \text{ W/ (m.}^\circ\text{C)}$ ;

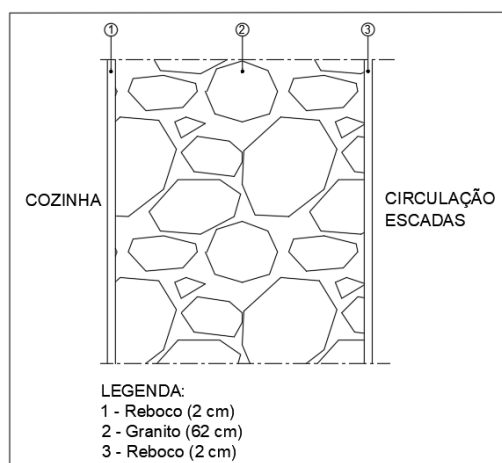


Figura 4.12 – Pormenor construtivo da parede cozinha/ circulação de escadas

Consultando a Tabela 01 do Despacho 15793-K/2013 e o ITE50:

$$R_t = 0,13 + \frac{0,62}{2,8} + 2 * \frac{0,02}{1,3} + 0,13 = 0,512 [(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$$

$$U = \frac{1}{0,512} = 1,95 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \geq U_{m\acute{a}x} = 0,50 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \rightarrow \text{N\~{a}o Verifica}$$

- **Parede Cozinha / Hall Comum**

Constituição:

- Tabique: e = 0,12 m;

Consultando o Guia de Termos de Referência para o Desempenho Energético Ambiental:

$$U_{\text{tabique exterior}} = 3,0 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$$

$$U_{\text{tabique interior}} = 2,36 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \geq U_{m\acute{a}x} = 2,0 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \rightarrow \text{N\~{a}o Verifica}$$

- **Parede Sala / Circulação de Escadas**

Constituição:

- Tabique: e = 0,12 m;

Consultando o Guia de Termos de Referência para o Desempenho Energético Ambiental:

$$U_{\text{tabique exterior}} = 3,0 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$$

$$U_{\text{tabique interior}} = 2,36 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \geq U_{m\acute{a}x} = 0,50 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \rightarrow \text{N\~{a}o Verifica}$$

- **Pavimento existente**

Constituição:

- Soalho em madeira:  $e = 0,025 \text{ m}$ ;  $\lambda = 0,23 \text{ W/(m. } ^\circ\text{C)}$ ;
- Viga em madeira:  $e = 0,3 \text{ m}$ ;  $\lambda = 0,23 \text{ W/(m. } ^\circ\text{C)}$ ;

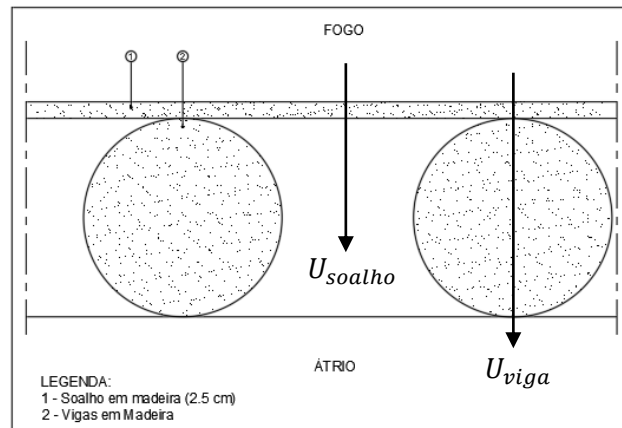


Figura 4.13 – Pormenor construtivo do pavimento

Consultando a Tabela 01 do Despacho 15793-K/2013 e o ITE50:

$$R_{t \text{ soalho}} = 0,17 + \frac{0,025}{0,23} + 0,17 = 0,449 \text{ [(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)/W]}]$$

$$U_{\text{soalho}} = \frac{1}{0,449} = 2,23 \text{ [W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}]$$

$$R_{t \text{ viga}} = 0,17 + \frac{0,3}{0,23} + 0,17 = 1,644 \text{ [(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)/W]}]$$

$$U_{\text{viga}} = \frac{1}{1,644} = 0,608 \text{ [W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}]$$

$$U_{\text{pavimento}} = \frac{U_{\text{viga}} * 0,3 * 1 + U_{\text{soalho}} * 0,8 * 1}{(0,3 + 0,8) * 1} \text{ [W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}]$$

$$U_{\text{pavimento}} = \frac{0,608 * 0,3 * 1 + 2,23 * 0,8 * 1}{(0,3 + 0,8) * 1} = 1,79 \text{ [W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}]$$

$$U_{\text{pavimento}} = 1,79 \geq U_{\text{máx}} = 1,65 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \rightarrow \text{Não Verifica}$$

- **Desvão**

Constituição:

- Fasquiado de madeira e de estuque

Os tetos em estuque sobre fasquiado de madeira trapezoidal, na época o processo de construção iniciava-se com a colocação do fasquiado perpendicularmente à estrutura de madeira, ou seja, um conjunto de fasquias ou estreitas ripas de madeira pregadas diretamente às vigas do pavimento, paralelas entre si, distanciadas de um a três centímetros. Este espaçamento tinha como finalidade prender a argamassa. As bases das fasquias possuíam 10-18 milímetros de largura e 12 milímetros de altura. Colocava-se sempre a base maior voltada para o exterior, para haver maior conexão entre as ripas e a argamassa. No esquema abaixo representado, encontram-se definidas as diferentes camadas e respectivas espessuras que constituem esta solução construtiva.

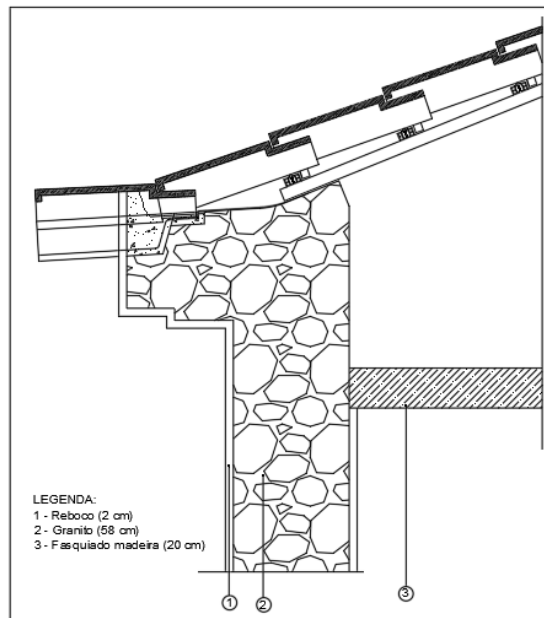


Figura 4.14 – Pormenor construtivo do desvão

$$R_t = \frac{1}{2,36} - 0,13 - 0,13 + 0,10 + 0,10 = 0,364 \text{ [(m}^2 \cdot \text{°C)/W]}$$

$$U = \frac{1}{0,364} = 2,75 \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{°C)]} \geq U_{\text{máx}} = 0,40 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C} \rightarrow \text{Não Verifica}$$

- **Porta de entrada da fração**

Constituição:

- Madeira:  $e = 0,03$  m;  $\lambda = 0,23$  W/ (m. °C)

Consultando a Tabela 01 do Despacho 15793-K/2013 e o ITE50:

$$R_t = 0,13 + \frac{0,03}{0,23} + 0,13 = 0,39[(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$$

$$U = \frac{1}{0,39} = 2,56 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$$

Para a porta de entrada, sendo um vão opaco, não existem requisitos mínimos aplicáveis.

- **Envidraçados exteriores**

Constituição:

- Caixilharia de Madeira;
- Janela Simples;
- Vidro Simples de 4mm;
- Portadas interiores de madeira de cor clara;

De acordo com o Quadro III.1 do ITE50:

$$U_{env} = 5,1 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \geq U_{máx} = 2,8 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \rightarrow \text{Não Verifica}$$

#### 4.2.5.2 Fator Solar

De acordo com a sua constituição original e consultando as tabelas 12 e 13, do despacho 15793-K de 2013 consideramos os seguintes valores:

- O fator solar do vidro para uma incidência solar normal,  $g_{\perp vi}$ , é de 0,88;
- O fator solar do vidro com proteção,  $g_{Tvc}$ , é de 0,3, no entanto este fator terá de ser corrigido, por não se tratar de um vidro corrente e pelo facto da proteção ser interior, ou seja,

$$g_{Tvc} = \frac{0,3 * 0,88}{0,85} = 0,31.$$

Os envidraçados desta fração estão todos orientados a Norte, pelo que não terão de cumprir os requisitos associados ao fator solar.

### 4.2.5.3 Inércia Térmica

A classe de inércia térmica de um edifício ou fração determina-se de acordo com o valor da massa superficial útil por superfície de área de pavimento.

A massa superficial útil de cada elemento de construção,  $M_{si}$ , é em função da sua localização no edifício e da sua constituição, nomeadamente do posicionamento, do isolamento térmico e das características das soluções de revestimento superficial.

Será também contabilizada a redução desta massa através do fator de redução da massa superficial,  $r$ , que depende da resistência térmica do revestimento superficial interior, com inclusão da resistência térmica de uma eventual caixa-de-ar associada,  $R$ , considerando-se as seguintes disposições.

Para a fração em estudo, determinou-se a inércia térmica considerando a constituição dos elementos construtivos e o seu revestimento superficial interior.

Tabela 4.6 – Inércia térmica da fração em estudo existente

Tipo de Elemento	Elemento de Construção	Msi [kg/m <sup>2</sup> ]	Si [m <sup>2</sup> ]	ri	Msi*Si*ri [kg]
EL1	Parede da envolvente exterior	150	32,06	1,0	4809
EL1	Parede para outra fração autónoma	150	16,41	1,0	2461,9
EL1	Parede para o edifício adjacente	150	11,59	1,0	1738,8
EL1	Parede para a circulação de escadas	150	13,14	1,0	1970,6
EL1	Parede para a circulação de escadas	50	18,62	1,0	931,0
EL1	Parede para o hall	50	17,66	1,0	883,2
EL1	Pavimento sobre o átrio	50	12,00	1,0	600,0
EL1	Pavimento sobre outra fração autónoma	50	21,47	1,0	1073,5
EL1	Teto para o desvão	150	33,47	1,0	5020,5
EL3	Parede Interior entre a sala e cozinha	300	5,45	1,0	1633,9
EL3	Paredes Interior entre a sala e Instalação Sanitária	50	15,27	1,0	763,6
<b>Total</b>					21886,1
Área útil do pavimento, <b>Ap</b>					37,06
Massa Superficial útil por m <sup>2</sup> de Ap - <b>It</b>					<b>590,56</b>

$I_t = 590,56 > I_t = 400\text{kg} \rightarrow$  Inércia **Forte**.

### 4.2.5.4 Pontes Térmicas Lineares

Na fração em estudo tiveram-se em conta as seguintes pontes térmicas lineares:

- Associadas à parede exterior;
- Associadas às paredes para ENU com  $b_{tr} > 0,7$

Para a determinação do valor do coeficiente de transmissão térmica linear,  $\psi$ , [W/(m. °C)], utilizou-se a tabela 07 do despacho 15793-K/2013.

Foram consideradas as pontes lineares a seguir apresentadas:

- **Parede Exterior:** a solução construtiva executada não tem isolamento térmico, pelo que se considerou a situação mais desfavorável da tabela 07, que consiste no isolamento repartido ou na caixa-de-ar, tendo sido considerados os seguintes valores:

**Parede Exterior | Pavimento sobre ENU:**  $\psi = 0,35$  [W/(m. °C)]; B = 5,1m;

**Parede Exterior | Pavimento Intermédio:**  $\psi = 0,50$  [W/(m. °C)]; B = 5,56 m;

**Parede Exterior | Cobertura:**  $\psi = 1,0$  [W/(m. °C)]; B = 10,69 m;

**Parede Exterior | Caixilharia:** Considerou-se neste item que o isolante térmico não contacta com a caixilharia:  $\psi = 0,25$  [W/(m. °C)]; B = 21,76 m;

- **Paredes para ENU com  $b_{tr} > 0,7$ :** a solução construtiva executada não tem isolamento térmico, pelo que se considerou a situação mais desfavorável da tabela 07, que consiste no isolamento repartido ou na caixa-de-ar, tendo sido considerados os seguintes valores:

**Parede Sala + I.S | Pavimento sobre ENU:**  $\psi = 0,35$  [W/(m. °C)]; B = 5,06 m;

**Parede Cozinha | Pavimento intermédio:**  $\psi = 0,50$  [W/(m. °C)]; B = 1,1 m;

**Parede Sala + I.S + Cozinha | Cobertura:**  $\psi = 1,0$  [W/(m. °C)]; B = 6,2 m;

**Duas Paredes Verticais:**  $\psi = 0,5$  [W/(m. °C)]; B = 3,68 m;

#### 4.2.5.5 Ventilação

A fração habitacional apresenta ventilação natural e a taxa de renovação de ar,  $R_{PH}$  foi quantificada com a folha de cálculo desenvolvida pelo LNEC e cuja listagem se apresenta no Anexo I.

Os dados introduzidos na folha de cálculo foram:

- Edifício localizado na região B;
- Rugosidade tipo I;
- Caixilharias sem classificação em relação à permeabilidade ao ar;
- Altura da fração: 3,68 m;

- Altura do edifício: 6 m;
- Fachadas expostas ao vento: 1;

O valor obtido foi  $0,52 \text{ h}^{-1}$ , o que verifica a imposição regulamentar de ser superior a  $0,4 \text{ h}^{-1}$ , embora neste cenário essa imposição não fosse obviamente obrigatória de verificação.

#### 4.2.5.6 Ganhos Solares

Os ganhos solares pelos envidraçados terão de ser contabilizados para as duas estações. Note-se que no caso em análise apenas existem envidraçados orientados no quadrante norte.

- **Estação de Aquecimento**

De acordo com o Despacho n.º 15793-I/2013 calculamos para a estação de aquecimento os ganhos solares brutos através dos vãos envidraçados na estação de aquecimento,  $Q_{\text{gsol},i}$  [kWh] e para isso na fração em estudo vamos utilizar os seguintes dados:

$$G_{\text{sul}} = 130 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{mês});$$

Fator de Orientação X: Norte  $\rightarrow X_j = 0,27$  (Tabela 01 – Despacho n.º 15793-I/2013);

$$A_{s,i} = A_w * F_g * g_i \tag{4.8}$$

$F_g = 0,57$ , para caixilharia de madeira com quadricula;

$F_{w,i} = 0,9$ , descrito no ponto 10 do despacho 15793-K/2013;

$g_i$  – Fator solar de inverno ( $g_i = g_{\perp,vi} \times F_{w,i} = 0,88 \times 0,9$ );

$$F_{s,i} = F_h * F_0 * F_f \tag{4.9}$$

Em relação ao sombreamento e em virtude de apenas existirem envidraçados orientados a norte, como  $X_j * F_{s,i} \geq 0,27$ , conclui-se que  $F_{s,i}$  toma o valor unitário.

- **Estação de Arrefecimento**

De acordo com o Despacho n.º 15793-I/2013, calculamos para a estação de arrefecimento os ganhos solares resultantes da radiação solar incidente na envolvente opaca e envidraçada, sendo que a determinação do fator de obstrução de superfícies opacas é opcional.

Para isso calculamos os ganhos solares brutos através dos vãos envidraçados e da envolvente exterior opaca, na estação de arrefecimentos,  $Q_{gsol,v}$  [kWh], através das seguintes expressões:

– Ganhos Solares pelos Envidraçados:

$$A_{s,v} = A_w * F_g * g_v = 3,12m^2$$

$$g_v = F_{m,v} * g_T + (1 - F_{m,v}) * g_{Tp} \quad 4.10$$

Em que:

$F_{m,v}$  – Fração de tempo em que os dispositivos de proteção móvel se encontram totalmente ativados (despacho 15793-K/2013 – tabela 14 – para orientação Norte –  $F_{m,v} = 0$ );

$g_T$  – Fator solar global com todos os dispositivos de proteção solar ativados;

$g_{Tp}$  – Fator solar apenas com os dispositivos de proteção permanente que no caso de não existirem dispositivos fixos será  $g_{Tp} = F_{w,v} * g_{\perp,vi}$

Onde,

$F_{w,v}$  – Fator de correção da seletividade angular dos envidraçados (despacho 15793-K/2013 – Tabela 21- Orientação Norte, vidro simples,  $F_{w,v} = 0,85$ ).

$$g_{Tp} = F_{w,v} * g_{\perp,vi} = 0,85 * 0,88 = 0,75$$

$$g_v = F_{m,v} * g_T + (1 - F_{m,v}) * g_{Tp} = 0 * 0,56 + (1 - 0) * 0,75 = 0,75$$

– Ganhos Solares pela envolvente opaca:

$$F_{s,v} = 1$$

$$A_{s,v} = \alpha * U * A_{op} * R_{se} \quad 4.11$$

Onde,

$\alpha$  – coeficiente de absorção de radiação solar da superfície do elemento da envolvente opaca (Tabela 08 – Despacho 15793-K/2013, em função da cor do revestimento da superfície exterior do elemento);

$A_{op}$  – Área do elemento da envolvente opaca exterior [ $m^2$ ];

$R_{se}$  – Resistência térmica superficial exterior igual a 0,04 [ $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ].

Envolventes opacas consideradas no nosso estudo:

**Parede Exterior:** Sendo a cor exterior amarela, considerou-se cor clara, de acordo com a tabela 08 do despacho 15793-K/2013, pelo que  $\alpha=0,4$ :

$$A_{s,v} = \alpha * U * A_{op} * R_{se} = 0,4 * 2,21 * 32,06 * 0,04 = 1,13 \text{ m}^2$$

**Desvão :** Para o cálculo dos ganhos opacos pelo desvão vamos considerar um fator de emissividade, consultando a tabela 10 do despacho n.º 15793-K/2013, para um espaço fortemente ventilado, emissividade normal o fator é de 0,8.

$$A_{s,v} = \alpha * F * U * A_{op} * R_{se} = 0,4 * 0,8 * 2,75 * 37,06 * 0,04 = 1,30 \text{ m}^2$$

#### 4.2.5.7 Necessidades de energia – Equipamentos

Em relação ao edifício existente não temos informação da existência de nenhum equipamento.

- **Energia útil necessária para preparação de AQS**

A energia necessária para a preparação de água quente sanitária é obtida pela expressão:

$$Q_a = \frac{M_{AQS} * 4187 * \Delta T * nd}{3600000} \text{ [kWh/ano]} \quad 4.12$$

Em que:

$Q_a$  – Energia útil para preparação de AQS durante um ano [kWh/ano];

$M_{AQS}$  – Consumo médio diário de referência [l];

$\Delta T$  – Aumento da temperatura necessário à preparação da AQS [°C], ( $\Delta T = 35^\circ\text{C}$ );

$nd$  – Número anual de dias de consumo de AQS ( $nd=365$ dias).

$$M_{AQS} = 40 * n * feh \quad 4.13$$

- $n$  – número convencional de ocupantes da fração T0  $\rightarrow n=2$ ;  $Tn - n = n+1$
- $feh$  – fator de eficiência hídrica aplicável a chuveiros com certificação e rotulagem de eficiência hídrica da responsabilidade de uma entidade independente reconhecida:
  - Chuveiros com rótulo A ou superior  $\rightarrow feh=0,9$ ;

- Restantes casos →  $f_{eh}=1$ .

$$M_{AQS} = 40 * 2 * 1 = 80l$$

$$Q_a = \frac{80 * 4187 * 35 * 365}{3600000} = 1188,64 \text{ [kWh/ano]}$$

De acordo com a Portaria n.º 349-B/2013 de 29 de novembro, pela tabela I.03 relativa a soluções de referência de sistemas a considerar na determinação do  $N_t$ , podemos retirar para a quantificação das necessidades de energia primária são necessárias as características, fonte de energia e eficiência, dos equipamentos. Assim foram considerados:

- Sistemas para aquecimento ambiente – um valor de eficiência igual a  $\eta = 1$  e  $F_{pu} = 2,5$ , na situação em que os sistemas não se encontrem especificados em projeto ou instalados (sistemas por defeito);
- Sistemas para arrefecimento ambiente – um sistema de ar condicionado do tipo split ou multisplit, com permuta ar-ar com  $F_{pu} = 2,5$  e um valor de eficiência igual a  $\eta = 3,01$  na situação em que os sistemas não se encontrem especificados em projeto ou instalados (sistemas por defeito);
- Preparação de Águas Quentes Sanitárias – um valor de eficiência igual a 0,95 e  $F_{pu} = 2,5$  no caso de o edifício prever ou dispor de outros sistemas com recurso a eletricidade, bem como nas situações em que os sistemas não se encontrem especificados em projeto ou instalados (sistemas por defeito).

#### 4.2.5.8 Necessidades de Energia – Verificação Regulamentar

Os cálculos necessários para a quantificação das necessidades de energia para a estação de aquecimento, para a estação de arrefecimento e para a energia primária estão apresentados através de tabelas no Anexo II, os valores obtidos para a estação de aquecimento, arrefecimento e energia primária encontram-se na Tabela 4.7 que se segue.

Tabela 4.7 – Desempenho térmico e energético – Fração Existente

$N_{ic}$ [kWh/(m².ano)]	$N_i$ [kWh/(m².ano)]	$\frac{N_{ic}}{N_i}$	$N_{vc}$ [kWh/(m².ano)]	$N_v$ [kWh/(m².ano)]	$\frac{N_{vc}}{N_v}$	$N_{Tc}$ [kWh/(m².ano)]	$N_T$ [kWh/(m².ano)]	$\frac{N_{Tc}}{N_T}$
236,71	78,84	0,03	2,79	9,13	0,31	678,65	289,09	2,35

Verificações regulamentares:

- Estação de Arrefecimento:

$$N_{ic} = 236,71 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano}) \geq N_i = 78,84 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano}) \rightarrow \text{Não Verifica}$$

- Estação de Aquecimento:

$$N_{vc} = 2,79 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano}) \leq N_v = 9,13 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano}) \rightarrow \text{Verifica}$$

- Energia Primária:

$$N_{tc} = 678,56 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano}) \geq N_t = 289,09 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano}) \rightarrow \text{Não Verifica}$$

De acordo com o despacho 15793-J/2013, a classe energética da fração habitacional é obtida pelo quociente  $N_{Tc}/N_T = 2,34$ , este está entre 2,01 e 2,50 pelo que a fração apresenta a classe E.

#### 4.2.6 Estudo Térmico Fração Reabilitada

Os cálculos seguidamente apresentados são relativos às soluções propostas para a reabilitação do edifício, no projeto de licenciamento.

##### 4.2.6.1 Coeficiente de Transmissão Térmica, U

Por opção do projetista algumas das soluções construtivas foram mantidas, por exemplo a parede exterior, pelo que alguns dos requisitos mínimos continuaram a não ser verificados.

- **Parede Exterior virada a Norte**

O projetista optou por não alterar a solução construtiva original para a parede exterior, pelo que o respetivo coeficiente de transmissão térmica superficial, U, é de 2,21 [W/(m<sup>2</sup>·°C)] e não verifica a imposição regulamentar de não poder exceder o Umáx de 0,50 [W/(m<sup>2</sup>·°C)].

- **Parede Sala / Edifício Adjacente**

O projetista optou por não alterar a solução construtiva original para a parede em contato com o edifício adjacente, pelo que o respetivo coeficiente de transmissão térmica superficial, U, é de 2,51 [W/(m<sup>2</sup>·°C)] e não verifica a imposição regulamentar de não poder exceder o Umáx de 2,0 [W/(m<sup>2</sup>·°C)].

- **Parede Cozinha / Circulação de Escadas**

O projetista optou por não alterar a solução construtiva original para a parede entre a cozinha e a circulação de escadas, pelo que o respetivo coeficiente de transmissão térmica superficial, U, é de 1,95

$[W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$  e não verifica a imposição regulamentar de não poder exceder o  $U_{m\acute{a}x}$  de  $0,5 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$ .

- **Parede Cozinha / Hall Comum**

Constituição:

- Gesso cartonado duplo,  $e=0,0125m$ ;  $\lambda = 0,25 W/ (m \cdot ^\circ C)$ ;
- Isolamento térmico em lã mineral, duas placas com  $e=0,07m$  cada;  $\lambda = 0,042 W/ (m \cdot ^\circ C)$ ;

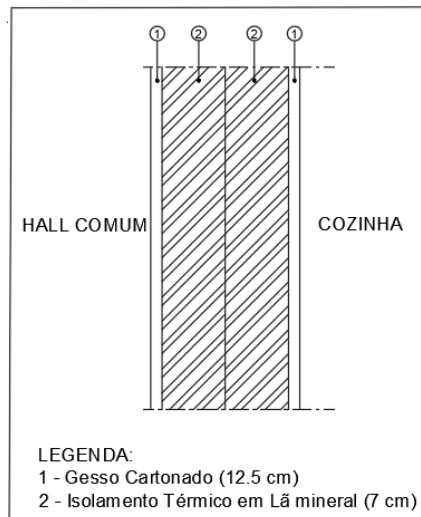


Figura 4.15 – Pormenor construtivo da parede Cozinha/Hall Comum

Consultando a Tabela 01 do Despacho 15793-K/2013 e o ITE50:

$$R_t = 0,13 + 2 * \frac{0,0125}{0,25} + 2 * \frac{0,07}{0,042} + 0,13 = 3,70 [(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$$

$$U = \frac{1}{3,70} = 0,27 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \leq U_{m\acute{a}x} = 2,0 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \rightarrow \text{Verifica}$$

- **Parede Sala / Circulação de Escadas**

Constituição da solução proposta:

- Tabique:  $e = 0,12 m$ ;  $\frac{e}{\lambda} = 0,163 (m^2 \cdot ^\circ C)/W$ ;
- Isolamento interior em lã mineral:  $e = 0,05m$ ;  $\lambda = 0,042 W/ (m \cdot ^\circ C)$ ;
- 2 placas de gesso cartonado em ambas as faces:  $e = 0,0125m$ ;  $\lambda = 0,25 W/ (m \cdot ^\circ C)$ ;

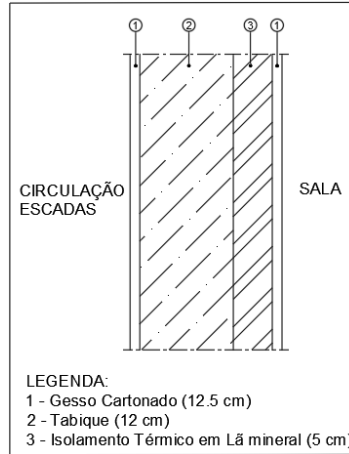


Figura 4.16 – Pormenor construtivo da parede Sala / Circulação de Escadas

Consultando a Tabela 01 do Despacho 15793-K/2013 e o ITE50:

$$R_t = 0,13 + 0,163 + \frac{0,05}{0,042} + 2 * \frac{0,0125}{0,25} + 0,13 = 1,71 [(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$$

$$U = \frac{1}{1,71} = 0,58 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \geq U_{m\acute{a}x} = 0,5 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \rightarrow \text{N\~{a}o Verifica}$$

- **Pavimento sobre o \xc1trio**

Constitui\xc7\~{a}o da solu\xc7\~{a}o proposta:

- Soalho em madeira:  $e = 0,025 \text{ m}$ ;  $\lambda = 0,23 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ ;
- Isolamento em l\~{a} mineral:  $e = 0,05 \text{ m}$ ;  $\lambda = 0,042 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ ;
- Gesso cartonado:  $e = 0,015 \text{ m}$ ;  $\lambda = 0,25 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ ;

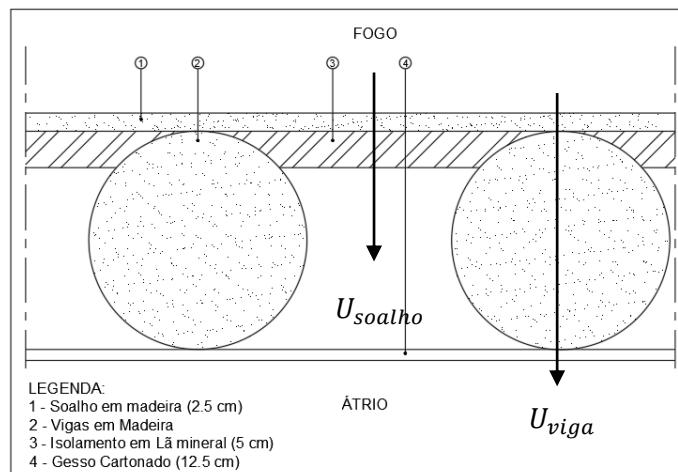


Figura 4.17 – Pormenor construtivo do pavimento

Consultando a Tabela 01 do Despacho 15793-K/2013 e o ITE50:

$$R_{t \text{ soalho}} = 0,17 + \frac{0,025}{0,23} + \frac{0,05}{0,042} + \frac{0,015}{0,25} + 0,17 = 1,70 \text{ [(m}^2 \cdot \text{°C)/W]}$$

$$U_{\text{soalho}} = \frac{1}{1,70} = 0,59 \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{°C)]}$$

$$R_{t \text{ viga}} = 0,17 + \frac{0,3}{0,23} + 0,17 = 1,644 \text{ [(m}^2 \cdot \text{°C)/W]}$$

$$U_{\text{viga}} = \frac{1}{1,644} = 0,608 \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{°C)]}$$

$$U_{\text{pavimento}} = \frac{U_{\text{viga}} * 0,3 * 1 + U_{\text{soalho}} * 0,8 * 1}{(0,3 + 0,8) * 1} \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{°C)]}$$

$$U_{\text{pavimento}} = \frac{0,608 * 0,3 * 1 + 0,59 * 0,8 * 1}{(0,3 + 0,8) * 1} = 0,60 \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{°C)]}$$

$U_{\text{pavimento}} = 0,60 \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{°C)]} \leq U_{\text{máx}} = 1,65 \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{°C)]} \rightarrow \text{Verifica}$

#### • Desvão

Constituição da solução proposta:

- Cobertura exterior em telha;
- Isolamento interior na esteira em XPS:  $e = 0,08\text{m}$ ;  $\lambda = 0,037 \text{ W/ (m} \cdot \text{°C)}$ ;
- Madeira:  $e=0,03$ ;  $\lambda = 0,23 \text{ W/ (m} \cdot \text{°C)}$ ;
- Reboco pelo interior:  $e=0,02\text{m}$ ;  $\lambda = 1,30 \text{ W/ (m} \cdot \text{°C)}$ ;

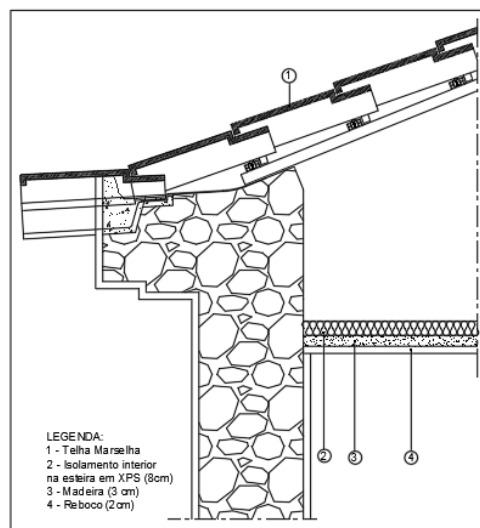


Figura 4.18 – Pormenor Construtivo do Desvão

$$R_t = 0,10 + \frac{0,08}{0,037} + \frac{0,03}{0,23} + \frac{0,02}{1,3} + 0,10 = 2,51 [(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$$

$$U = \frac{1}{2,51} = 0,40 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \leq U_{m\acute{a}x} = 0,40 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \rightarrow \text{Verifica}$$

- **Porta de entrada da fração**

Constituição da solução proposta - Marca SPHERIS HIS, com as seguintes características técnicas:

- Espessura da folha = 66 mm;
- Blindagem: sobreposição de chapa de aço, grelhas reforçadas e materiais isolantes;
- Passagem livre (largura) = 600 a 1000 mm;
- Altura = 1875 a 2300 mm

O catálogo desta porta encontra-se no Anexo IV.

$$U_{porta} = 1,60 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)], \text{ com opção de isolamento térmico}$$

Para a porta de entrada, sendo opaca, não existem requisitos mínimos a cumprir.

- **Envidraçados exteriores**

Constituição da solução proposta:

- Caixilharia de madeira simples;
- Vidro Duplo incolor;
- Caixilharia sem classificação de permeabilidade ao ar;
- A proteção solar é realizada por portadas interiores de cor clara.

De acordo com o Quadro III.1 do ITE50:

$$U_{env} = 2,80 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \leq U_{m\acute{a}x} = 2,80 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \rightarrow \text{Verifica}$$

#### 4.2.6.2 Fator Solar

De acordo com a constituição apresentada pelos envidraçados e consultando as tabelas 12 e 13, do despacho 15793-K de 2013:

- O fator solar do vidro, vidro duplo incolor 4 a 8mm + incolor 4mm, para uma incidência solar normal,  $g_{Lvi}$ , é de 0,78;
- O fator solar do vidro com proteção,  $g_{Tvc}$ , é de 0,35, no entanto este fator terá de ser corrigido, por não se tratar de um vidro corrente, pelo facto da proteção solar interior totalmente ativada, ou seja,

$$g_{Tvc} = \frac{0,35 * 0,78}{0,75} = 0,36.$$

Devido a estarem orientados a Norte, estes envidraçados estão isentos das imposições regulamentares relativas ao fator solar do vidro com a proteção solar ativa.

#### 4.2.6.3 Inércia Térmica

Com as alterações propostas não houve alterações na inércia térmica, pelo que a inércia se mantém forte. A tabela é igual ao da fração existente, Tabela 4.6 – Inércia térmica da fração em estudo existente.

$I_t = 590,56 > I_t = 400\text{kg} \rightarrow$  Inércia **Forte**.

#### 4.2.6.4 Pontes Térmicas Lineares

Em termos de pontes térmicas lineares são iguais à fração existente, exceto nos seguintes casos:

- **Paredes para ENU com  $b_{tr} > 0,7$ :**

**Parede Sala + I.S | Pavimento sobre ENU:**  $\psi = 0,10$  [W/(m. °C)]; B = 5,06 m;

**Parede Cozinha | Pavimento intermédio:**  $\psi = 0,60$  [W/(m. °C)]; B = 1,1 m;

**Parede Sala + I.S + Cozinha | Cobertura:**  $\psi = 1,0$  [W/(m. °C)]; B = 6,2 m;

**Duas Paredes Verticais:**  $\psi = 0,10$  [W/(m. °C)]; B = 3,68 m;

#### 4.2.6.5 Ventilação

Relativamente ao sistema de ventilação, a opção do projetista foi a de implementar um sistema de ventilação mecânica permanente com um caudal de extração de  $100 \text{ m}^3/h$  na instalação sanitária.

A taxa de renovação de ar,  $R_{PH}$  foi quantificada com a folha de cálculo desenvolvida pelo LNEC e cuja listagem se apresenta no Anexo I.

O valor obtido foi  $0,73 \text{ h}^{-1}$ , o que verifica a imposição regulamentar de ser superior a  $0,4 \text{ h}^{-1}$ , embora neste cenário essa imposição não fosse obviamente obrigatória de verificação.

#### 4.2.6.6 Ganhos Solares

Foram novamente calculados os ganhos solares nas duas estações:

##### – Estação de Aquecimento

No caso da fração reabilitada o valor alterado relativamente ao original é apenas:

$g_i$  – Fator solar de inverno ( $g_i = g_{L,vi} \times F_{w,i} = 0,78 \times 0,9$ );

O valor  $F_{s,i}$  toma o valor unitário, tal como na fração existente.

##### • Estação de Arrefecimento

Como se manteve a solução construtiva original, a mesma cor do revestimento exterior, os ganhos pela envolvente opaca são iguais aos da existente. Relativamente aos envidraçados como estão todos orientados a Norte, nunca se considera que a proteção está ativa. No entanto, o fator solar de verão será diferente pois passou-se do vidro simples com um fator solar de 0,88 para vidro duplo com um fator de 0,78.

#### 4.2.6.7 Necessidades de Energia – Equipamentos

Para o aquecimento de águas quentes sanitárias foi considerado um termoacumulador elétrico como sistema de apoio para os coletores solares aplicados neste edifício.

Consultando a Portaria nº 379-A/2015, as tabelas I.17 e I.18, conseguimos determinar a eficiência mínima necessária para o termoacumulador como sistema de apoio.

Como este apartamento é de tipologia  $T_0$  terá 2 ocupantes convencionais. O consumo de AQS será de 40 l/ocupante e o volume do termoacumulador elétrico,  $V$ , deverá ser majorado em cerca de 25%.

$$V = 1,25 * 80 = 100 \text{ l}$$

Pela tabela I.17, para um volume  $\leq 200$ l

$$Q_{pr} \leq (21 + 10,33 * V^{0,4}) * \frac{24}{1000} \text{ [kWh/24h]}$$

$$Q_{pr} \leq (21 + 10,33 * 100^{0,4}) * \frac{24}{1000} \leftrightarrow Q_{pr} \leq 2,068$$

Pela tabela I.18, retiramos o valor da eficiência com o valor calculado  $Q_{pr}$ ,

$$Q_{pr} = 2,068 \geq 1,5 \text{ obtemos uma eficiência de } 0,93 \text{ (93\%).}$$

Como sistema de aproveitamento de energia renovável foram utilizados coletores solares da marca “Vulcano”, modelo “FKC-2S”, tendo sido considerados os seguintes parâmetros e obtidos os valores indicados:

- 10 coletores;
  - Área total de abertura de 22,50 m<sup>2</sup>;
  - Coletores serão instalados na cobertura do edifício orientados ao azimute sul e inclinados a 35°;
  - Um depósito central com capacidade de 1040 litros;
  - Fração solar de 80%;
  - Rendimento global anual do sistema de 36%;
  - Produtividade de 548 kWh/m<sup>2</sup> por coletor;
  - Aquecimento de água quente sanitária -  $E_{ren} = 12\ 319$  kWh/ano

Para o cálculo da energia renovável necessário foi utilizada a folha SCE.ER que se encontra no Anexo III.

Note-se que o recurso à utilização de energia renovável, nomeadamente a painéis solares térmicos para a produção de água quente, é de carácter obrigatório, sempre que haja exposição solar adequada, de acordo com as seguintes regras:

- i. A energia fornecida pelo sistema solar térmico a instalar tem de ser igual ou superior à obtida com um sistema solar constituído por coletores padrão, com as características que constam em portaria do membro do Governo responsável pela área da energia e calculado para o número de ocupantes convencional definido pela entidade fiscalizadora responsável do SCE, na razão de um coletor padrão por habitante convencional;
- ii. O valor da área total de coletores pode, mediante justificação fundamentada, ser reduzido de forma a não ultrapassar 50% da área de cobertura com exposição solar adequada;
- iii. No caso de o sistema solar térmico se destinar adicionalmente à climatização do ambiente interior, deve salvaguardar-se que a contribuição deste sistema seja prioritariamente na preparação de água quente sanitária.

A contribuição de sistemas de aproveitamento de energia renovável para o desempenho energético dos edifícios de habitação novos só pode ser contabilizada, para efeitos do presente regulamento, mediante cumprimento do disposto portaria do membro do Governo responsável pela área da energia em termos

de requisitos de qualidade dos sistemas e calculada a respetiva contribuição de acordo com as regras estabelecidas para o efeito pela DGEG.

Os sistemas de aproveitamento de energia renovável a instalar devem proporcionar uma contribuição de energia renovável igual ou superior à calculada para um sistema idêntico ao previsto ou instalado, baseado em coletores solares padrão com as seguintes características:

- Orientação a sul e com inclinação de 35º;
- Planos com área de abertura de 0,65m<sup>2</sup> por ocupante convencional;
- Rendimento ótico de 73%;
- Coeficientes de perdas térmicas  $a_1=4,12 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$  e  $a_2=0,014 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ ;
- Modificador de ângulo para incidência de 50º igual a 0,91.

Os valores obtidos com o Sistema Padrão definido no REH foram os seguintes:

- 26 coletores (11 habitações T0 = 11 x 2 nº ocupantes + 1 habitação T3 = 4 ocupantes);
- Área total de abertura de 16,90 m<sup>2</sup>;
- Coletores serão instalados na cobertura do edifício orientados ao azimute sul e inclinados a 35º;
- Um depósito central com capacidade de 1040 litros;
- Fração solar de 68%;
- Rendimento global anual do sistema de 38%;
- Produtividade de 623 kWh/m<sup>2</sup> por coletor;
- Aquecimento de água quente sanitária -  $E_{ren} = 10\,528 \text{ kWh/ano}$ .

O valor da energia renovável obtido para o sistema escolhido pelo projetista é superior ao valor correspondente ao sistema padrão, pelo que os coletores selecionados são regulamentares. No Decreto-Lei n.º 118/2013, artigo 27º, diz nos:

Ponto 2, alínea a), que a energia fornecida pelo sistema solar térmico a instalar tem de ser igual ou superior à obtida por um sistema solar constituído por coletores padrão.

$$E_{ren} = 12\,319 \text{ kWh/ano} \geq E_{ren} = 10\,528 \text{ kWh/ano} \rightarrow \textit{Verifica}$$

Para a nossa fração em estudo, que é um T0, foi considerada uma parcela da energia renovável proporcional ao número de ocupantes convencionais da fração, tendo-se obtido o seguinte valor:

$$E_{ren} = \frac{12\,319}{26} = 473,8 * 2 \text{ ocupantes} = 947,62 \text{ kWh/ano}$$

- **Necessidade de energia para Climatização**

Na reabilitação serão instalados sistema de ar condicionado “Multisplit Daikin”, modelo unidade exterior 2MXM40M3V1B, para climatização composto por uma unidade exterior com:

- Potência nominal de arrefecimento = 4,0 kW;
- Índice de Eficiência Energética (EER – Energy Efficient Ratio) = 4,55;
- Potência nominal de aquecimento = 4,2 kW;
- Coeficiente de Desempenho (COP – Coefficient of Performance) = 4,22;
- Distribuição de fluído refrigerante R140A em tubagem cobre isolada 10 mm;
- Controlo do equipamento efetuado através de um display digital LCD para seleção de temperatura ambiente e diagnóstico de anomalia.

Em termos de verificação regulamentar, na Portaria 349-B/2013 consultamos a Tabela I.10 que impõe a classe de eficiência mínima após 31 de dezembro de 2015 seja a Classe B. A tabela I.11 para a classe B refere que: para a Estação de Arrefecimento o valor do EER deverá estar entre  $3,20 \geq EER > 3,00$  no nosso caso  $EER = 4,55$  o que verifica, pois, para a classe A,  $EER > 3,20$ ; Para a Estação de Aquecimento o valor do COP deverá estar entre  $3,60 \geq COP > 3,40$  no nosso caso o  $COP = 4,22$  o que verifica, pois, para a classe o  $COP > 3,60$ .

#### 4.2.6.8 Necessidades de Energia – Verificação Regulamentar

Os cálculos necessários para a quantificação das necessidades de energia para a estação de aquecimento, a estação de arrefecimento e para a energia primária estão apresentados através de tabelas no Anexo II, os valores obtidos para a estação de aquecimento, arrefecimento e energia primária encontram-se na Tabela 4.8 que se segue.

Tabela 4.8 – Desempenho térmico e energético – Fração Reabilitada

$N_{ic}$ [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]	$N_i$ [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]	$\frac{N_{ic}}{N_i}$	$N_{vc}$ [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]	$N_v$ [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]	$\frac{N_{vc}}{N_v}$	$N_{tc}$ [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]	$N_t$ [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]	$\frac{N_{Tc}}{N_t}$
137,11	86,03	1,6	1,65	9,13	0,18	99,62	155,06	0,64

Verificações regulamentares:

- Estação de Arrefecimento:

$$N_{ic} = 137,11 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano}) \geq N_i = 86,03 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano}) \rightarrow \text{Não Verifica}$$

- Estação de Aquecimento:

$$N_{vc} = 1,65 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano}) \leq N_v = 9,13 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano}) \rightarrow \text{Verifica}$$

- Energia Primária:

$$N_{Tc} = 99,62 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano}) < N_T = 155,06 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano}) \rightarrow \text{Verifica}$$

De acordo com o despacho 15793-J/2013, verifica a condição ( $N_{Tc} \leq N_T$ ) e a classe energética da fração habitacional é obtida pelo quociente  $N_{Tc}/N_T = 0,64$ , este encontra-se entre os valores 0,51 e 0,75 pelo que a fração apresenta a classe **B**.

Relativamente às verificações regulamentares, segundo o Decreto-Lei n.º 250/2015, 25 de novembro, artigo 2º, alínea gg) uma grande intervenção ocorre quando “o custo da obra relacionada com a envolvente ou com os sistemas técnicos seja superior a 25% do valor da totalidade do edifício, compreendido, quando haja frações, como o conjunto destas, com exclusão do valor do terreno em que este está implantado” sendo “o custo da construção da habitação por metro quadrado, fixado anualmente, para diferentes zonas do país, por portaria dos membros do governo responsáveis pelas áreas da energia e do ordenamento do território.”

Trata-se então de uma grande intervenção caso o valor da obra no edifício/fração na envolvente e sistemas ultrapassar 25% do valor da construção original, calculado com base na área útil de pavimento da totalidade do edifício original (soma das várias frações) x 700€/m².

Tabela 4.9 - Área útil de pavimento da totalidade do edifício

Frações	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	ENU	Total
Área (m²)	46,43	33,3	33,27	46,72	35,7	39,9	85,34	46,72	35,82	33,28	37,27	48,66	83,76	<b>606,17</b>

$$\text{Valor do edifício} = 606,17 \text{ m}^2 \times 700\text{€} = 424319 \text{ €/m}^2$$

Não foi possível ter acesso ao valor da reabilitação da envolvente e dos sistemas técnicos, mas considerando que apenas se manteve a estrutura e que foram instalados sistemas técnicos como coletores solares e equipamentos de climatização, consideramos que este valor é superior a 25% do valor do edifício, pelo que se trata de uma grande intervenção.

Sendo uma construção anterior ao ano de 1960, este edifício está isento de verificação dos valores da relação  $N_{ic}/N_i$  e  $N_{vc}/N_v$  e como tal, estão isentas todas as suas frações habitacionais, tendo apenas que se verificar que o quociente  $N_{tc}/N_t$  não é superior a 1,50. No entanto, sempre que exista alteração dos elementos construtivos, estes deverão cumprir com os requisitos mínimos regulamentares, o que não acontece com algumas das soluções de reabilitação preconizadas nesta fração/ edifício.

Tabela 4.10 – Relação entre os valores das necessidades nominais e limites de energia útil para aquecimento, arrefecimento e energia primária de edifícios sujeitos a grandes intervenções.

Ano de Construção	$\frac{N_{ic}}{N_i}$	$\frac{N_{vc}}{N_v}$	$\frac{N_{Tc}}{N_t}$
Anterior a 1960	Não aplicável	Não aplicável	1,50
Entre 1960 e 1990	1,25	1,25	1,50
Posterior a 1990	1,15	1,15	1,50

Como indicado na tabela acima, esta solução verifica as imposições regulamentares exigidas para uma grande reabilitação.

#### 4.2.7 Estudo Térmico Fração Reabilitada – Solução Melhorada

Utilizando a fração reabilitada procedeu-se a uma seleção de soluções construtivas que verifiquem os requisitos mínimos e tentando simultaneamente encontrar uma solução melhorada.

##### 4.2.7.1 Coeficiente de Transmissão Térmica, U

Nas alterações construtivas propostas nesta versão regulamentar, sempre que houve necessidade de colocar isolante térmico, foi adotada a solução constituída por uma placa de gesso laminado transformado, esta é uma placa para aplicar diretamente sobre um elemento construtivo e por poliestireno expandido moldado (EPS) com a finalidade de aumentar a resistência térmica da parede existente, sendo uma solução perfeita para melhorar o conforto em todo o tipo de obras, sejam reabilitação ou novas. Utilizamos como exemplo a solução da marca Knauf Polyplac Xtherm 32 (EPS) onde a ficha técnica deste produto encontra-se no Anexo IV. O modo de instalação deste sistema construtivo é muito rápido e simples, é um material de baixa densidade, condutividade térmica baixa e invariável em toda a sua espessura, possui baixa absorção de humidade pelo que o isolamento permanece inalterado com o tempo.



Figura 4.19 – Placa Polyplac Xtherm 32 (EPS)

- **Parede Exterior virada a Norte**

Constituição da solução melhorada:

- Colocação de isolamento pelo interior, placa de gesso laminado com poliestireno expandido moldado (Knauf Polyplac Xtherm 32): 0,0125m placa de gesso cartonado e 0,05m de poliestireno expandido (EPS).

$$R_t = 0,04 + \frac{0,015}{0,34} + \frac{0,58}{2,8} + 2 * \frac{0,02}{1,3} + \frac{0,0125}{0,21} + \frac{0,05}{0,032} + 0,13 = 2,07 [(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$$

$$U = \frac{1}{2,07} = 0,48 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \leq U_{m\acute{a}x} = 0,50 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \rightarrow \text{Verifica}$$

- **Parede Sala / Edifício Adjacente**

Constituição da solução melhorada:

- Colocação de isolamento pelo interior, placa de gesso laminado com poliestireno expandido moldado (knauf): e = 0,0125m placa de gesso + 0,03m de poliestireno expandido (EPS)

$$R_t = 0,13 + \frac{0,30}{2,8} + 2 * \frac{0,02}{1,3} + \frac{0,0125}{0,21} + \frac{0,03}{0,032} + 0,13 = 1,395 [(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$$

$$U = \frac{1}{1,395} = 0,717 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \leq U_{m\acute{a}x} = 2,0 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \rightarrow \text{Verifica}$$

- **Parede Cozinha / Circulação de Escadas**

Constituição da solução melhorada:

- Colocação de isolamento pelo interior, placa de gesso laminado com poliestireno expandido moldado (knauf): e = 0,0125m placa de gesso + 0,05m de poliestireno expandido (EPS)

$$R_t = 0,13 + \frac{0,62}{2,8} + 2 * \frac{0,02}{1,3} + \frac{0,0125}{0,21} + \frac{0,05}{0,032} + 0,13 = 2,134 [(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$$

$$U = \frac{1}{2,134} = 0,47 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \leq U_{m\acute{a}x} = 0,50 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \rightarrow \text{Verifica}$$

- **Parede Cozinha / Hall Comum**

No caso desta parede não foi considerado mais isolamento pelo interior, pelo que a sua constituição se mantém igual à fração reabilitada, em que o  $U = 0,27 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$  que tem de ser menor a  $U_{m\acute{a}x} = 2,0 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$  o que verifica.

- **Parede Sala / Circulação Escadas**

Constituição da solução melhorada:

- Colocação de isolamento pelo interior, placa de gesso laminado com poliestireno expandido moldado (Knauf Polyplac Xtherm 32): 0,0125m placa de gesso cartonado e 0,05m de poliestireno expandido (EPS).

$$R_t = 0,13 + 0,163 + \frac{0,05}{0,042} + 2 \times \frac{0,0125}{0,25} + \frac{0,0125}{0,21} + \frac{0,03}{0,032} + 0,13 = 2,71 [(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$$

$$U = \frac{1}{2,66} = 0,37 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \leq U_{m\acute{a}x} = 0,50 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \rightarrow \text{Verifica}$$

- **Pavimento**

No caso do pavimento não foi considerado mais isolamento pelo interior, pelo que a sua constituição se mantém igual à fração reabilitada, em que o  $U = 0,60 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$  que tem de ser menor a  $U_{m\acute{a}x} = 1,65 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$  o que verifica.

- **Desvão**

No caso do desvão não foi considerado mais isolamento pelo interior, pelo que a sua constituição se mantém igual à fração reabilitada, em que o  $U = 0,40 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$  que tem de ser menor a  $U_{m\acute{a}x} = 0,40 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$  o que verifica.

- **Porta de entrada da fração**

Igual à fração reabilitada.

- **Envidraçados exteriores**

Apenas foi alterada a caixilharia de madeira para caixilharia de PVC:

De acordo com o Quadro III.3 do ITE50:

$$U_{env} = 2,7 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \leq U_{m\acute{a}x} = 2,8 [W/(m^2 \cdot ^\circ C)] \rightarrow \text{Verifica}$$

#### 4.2.7.2 Fator Solar

Em termos de fator solar, mantiveram-se os vidros adotados na reabilitação.

#### 4.2.7.3 Inércia Térmica

Ao colocar isolamentos térmicos pelo interior das paredes, a massa superficial útil que será contabilizada para a quantificação da inércia térmica passará a ser desprezável.

Tabela 4.11 – Inércia Térmica da Solução Melhorada

Tipo de Elemento	Elemento de Construção	Msi [kg/m <sup>2</sup> ]	Si [m <sup>2</sup> ]	ri	Msi*Si*ri [kg]
EL1	Parede da envolvente exterior	0	20,94	1,0	0
EL1	Parede com outra fração autónoma	150	16,41	1,0	2461,9
EL1	Parede para o edifício adjacente	0	11,59	1,0	0,0
EL1	Parede para a circulação de escadas	0	13,14	1,0	0,0
EL1	Parede para a circulação de escadas	0	18,62	1,0	0,0
EL1	Parede para o hall	0	17,66	1,0	0,0
EL1	Pavimento com o átrio	50	12,00	1,0	600,0
EL1	Pavimento com outra fração autónoma	50	21,47	1,0	1073,5
EL1	Teto para o exterior	150	33,47	1,0	5020,5
EL3	Paredes Interiores	300	5,45	1,0	1633,9
EL3	Paredes Interiores	50	15,27	1,0	763,6
<b>Total</b>					<b>11553,4</b>
Área útil do pavimento, <b>Ap</b>					<b>37,06</b>
Massa Superficial útil por m <sup>2</sup> de Ap, <b>It</b>					<b>311,75</b>

$150 < I_t = 311,75 < 400\text{kg} \rightarrow$  Inércia **Média**.

Com as novas soluções construtivas preconizadas, a inércia térmica baixou substancialmente passando de forte para média.

#### 4.2.7.4 Pontes Térmicas Lineares

Em termos de pontes térmicas lineares são iguais à fração reabilitada, exceto onde houve a colocação de isolamento pelo interior:

**Parede Exterior | Pavimento sobre ENU:**  $\psi = 0,10$  [W/(m. °C)]; B = 5,1m;

**Parede Exterior | Pavimento Intermédio:**  $\psi = 0,60$  [W/(m. °C)]; B = 5,56 m;

**Parede Exterior | Cobertura:**  $\psi = 1,0$  [W/(m. °C)]; B = 10,69 m;

**Parede Exterior | Caixilharia:** Considerou-se neste item que o isolante térmico não contacta com a caixilharia:  $\psi = 0,25$  [W/(m. °C)]; B = 21,76 m.

#### 4.2.7.5 Ventilação

A única alteração da fração reabilitada para a solução otimizada, foi retirar a ventilação mecânica permanente e calcular ventilação natural segundo a Norma Portuguesa 1037 – 1 relativa a Edifícios de Habitação. Ventilação Natural. [6]

Para dimensionar os diferentes constituintes de uma sistema de ventilação natural é necessário efetuar os seguintes cálculos e procedimentos.

- Classe de exposição ao vento:

Altura do edifício = 6 m;

Região B;

Rugosidade do tipo I.

Consultando o quadro 3, ponto 7.2.5 da Norma 1037-1, obtemos uma classe de exposição ao vento 1.

- Divisão da habitação em setores – foram considerados dois setores de ventilação com os seguintes compartimentos:

Entrada de ar pelos dispositivos de admissão de ar colocados nas janelas da sala, passando pela porta da instalação sanitária e saída pela exaustão da instalação sanitária;

Entrada de ar pelos dispositivos de admissão de ar colocado nas janelas da cozinha e saída pela exaustão da cozinha;

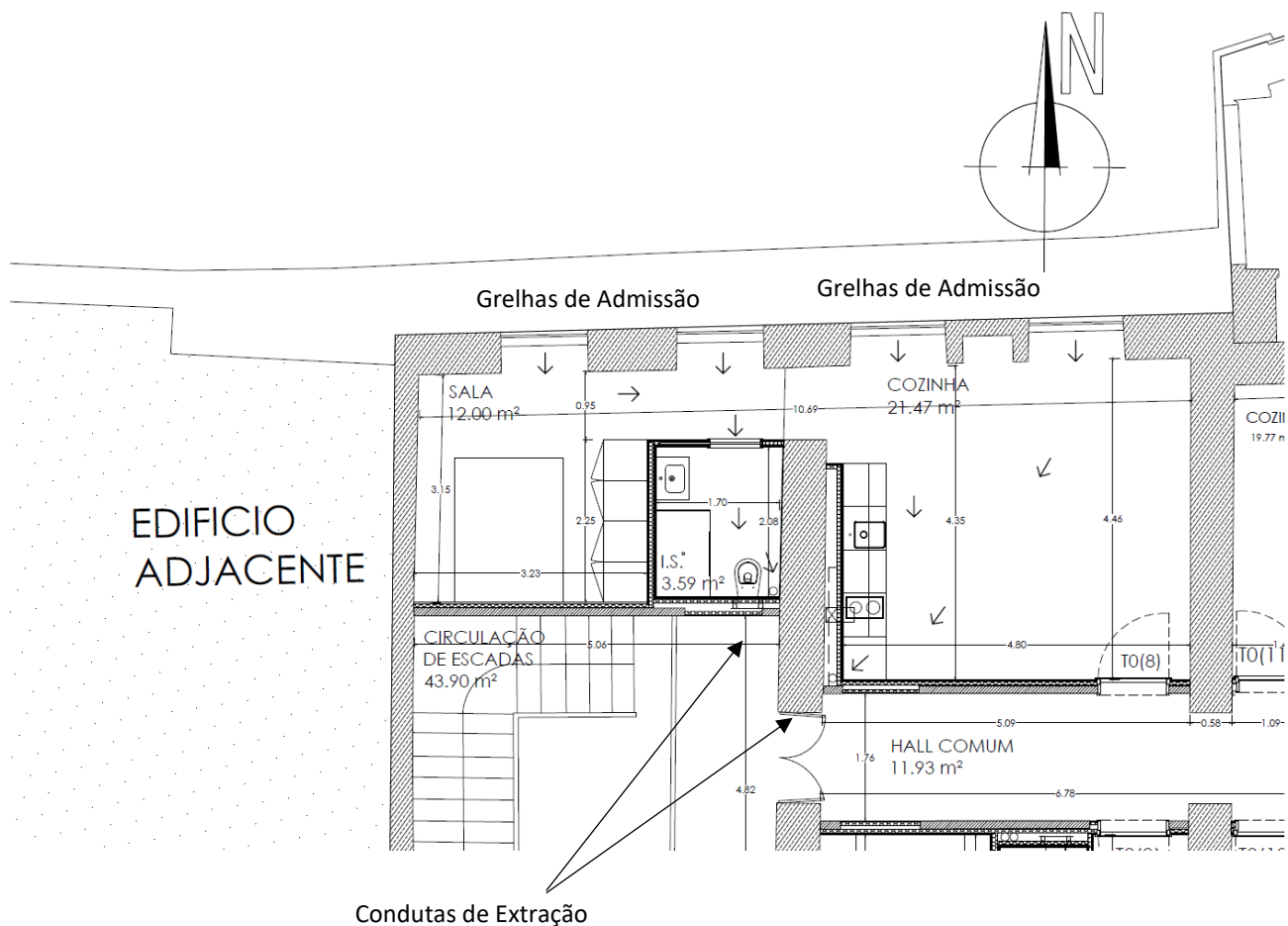


Figura 4.20 – Caminhos de entrada de ar, passagens de ar, saídas de ar da ventilação natural

- Determinação dos caudais necessários – os caudais tipo a admitir e a extrair depende do volume dos compartimentos e do fim a que se destinam, procurando-se o equilíbrio entre as entradas e as saídas de ar:

- Volume dos compartimentos com admissão de ar do exterior:

Sala:  $V = 12,0 \times 3,68 = 44,16 \text{ m}^3$ ;

Cozinha:  $V = 21,47 \times 3,68 = 79,0 \text{ m}^3$ ;

- Volume dos compartimentos de saída de ar para o exterior:

Instalação Sanitária:  $V = 3,59 \times 3,68 = 13,2 \text{ m}^3$ ;

Cozinha:  $V = 21,47 \times 3,68 = 79,0 \text{ m}^3$ .

Consultando os quadros 1 e 2, do ponto 6.2 da norma 1037-1 retiramos os caudais tipo a extrair e a admitir nos compartimentos principais e de serviço consoantes os nossos volumes de compartimento.

- Caudais tipo a admitir:

Sala:  $Q = 60 \text{ m}^3/\text{h}$ ;

Cozinha:  $Q = 90 \text{ m}^3/\text{h}$ ;

- Caudais tipo de extração:

Instalação Sanitária:  $Q = 60 \text{ m}^3/\text{h}$ ;

Cozinha:  $Q = 90 \text{ m}^3/\text{h}$ .

- Permeabilidade ao ar das portas de acesso - segundo o ponto 7.4, da respetiva Norma 1037-1 relativo à permeabilidade ao ar das portas de patamar, diz-nos que não deve exceder o valor de  $12 \text{ m}^3/(\text{h}.\text{m}^2)$  para uma diferença de pressão de 100 Pa.
- A admissão de ar vai ser realizada por grelhas de admissão na caixilharia de acordo com os critérios de dimensionamento apresentados com o quadro 5 da Norma 1037-1:
  - Sala:  $Q = 60 \text{ m}^3/\text{h}$ , esta possui duas janelas e considerando que entra por cada janela  $30 \text{ m}^3/\text{h}$ , serão colocadas duas grelhas com  $A_{\text{útil}} = 35 \text{ cm}^2$  cada;
  - Cozinha:  $Q = 90 \text{ m}^3/\text{h}$ , esta possui duas janelas e considerando que entra por cada janela  $45 \text{ m}^3/\text{h}$ , serão colocadas duas grelhas com  $A_{\text{útil}} = 52 \text{ cm}^2$  cada.
- Passagem de ar dentro dos compartimentos do mesmo setor - a passagem de ar da sala para a instalação sanitária irá ser realizada através da colocação de uma grelha ou de uma folga na porta de entrada da instalação sanitária. Pela consulta do quadro 7, da norma 1037-1 a área útil das aberturas de passagem de ar dos compartimentos principais para os de serviço, retiramos que é necessária uma grelha ou folga na porta com  $A_{\text{útil}} = 200 \text{ cm}^2$ .
- Extração de ar será realizada por grelhas e pelas respetivas condutas de exaustão do seguinte modo:
  - Extração de ar pela instalação sanitária será realizada por uma conduta circular com uma  $A_{\text{útil}} = 120 \text{ cm}^2$ , segundo o quadro 12, da Norma 1037-1.
  - Extração de ar pela cozinha será realizada por uma conduta circular com uma  $A_{\text{útil}} = 160 \text{ cm}^2$ , segundo o quadro 12 da Norma 1037-1.

A taxa de renovação de ar,  $R_{\text{PH}}$  foi quantificada com a folha de cálculo desenvolvida pelo LNEC e cuja listagem se apresenta no Anexo I.

O valor obtido foi  $0,55 \text{ h}^{-1}$ , o que verifica a imposição regulamentar de ser superior a  $0,4 \text{ h}^{-1}$ .

#### 4.2.7.6 Ganhos Solares

Para a solução otimizada não foram calculados os ganhos solares, estes são iguais aos da fração reabilitada tanto para a estação de aquecimento como para a estação de arrefecimento, já descritos neste documento.

#### 4.2.7.7 Equipamentos

Em termos de equipamentos foram considerados os mesmos demonstrados na fração reabilitada:

- Termoacumulador elétrico;
- Coletores solares;
- Sistema de climatização (aquecimento e arrefecimento) por ar condicionado.

#### 4.2.7.8 Necessidades de Energia – Verificação Regulamentar

Os cálculos necessários para a quantificação das necessidades de energia para a estação de aquecimento, a estação de arrefecimento e para a energia primária estão apresentados através de tabelas no Anexo II, os valores obtidos para a estação de aquecimento, arrefecimento e energia primária encontram-se na Tabela 4.12 que se segue.

Tabela 4.12 – Desempenho térmico e energético – Fração Solução Otimizada

$N_{ic}$ [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]	$N_i$ [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]	$\frac{N_{ic}}{N_i}$	$N_{vc}$ [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]	$N_v$ [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]	$\frac{N_{vc}}{N_v}$	$N_{Tc}$ [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]	$N_T$ [kWh/(m <sup>2</sup> .ano)]	$\frac{N_{Tc}}{N_T}$
62,80	79,87	0,79	8,27	9,13	0,91	59,32	291,66	0,20

De acordo com o despacho 15793-J/2013, verifica a condição ( $N_{Tc} \leq N_T$ ) e a classe energética da fração habitacional é obtida pelo quociente  $N_{Tc}/N_T = 0,20$ , este é menor que 0,25 logo a fração apresenta a classe **A\***.

Como indicado na Tabela 4.10 deste documento esta solução verifica as imposições regulamentares exigidas para uma grande reabilitação.

#### 4.2.7.9 Necessidades Quase Nulas de Energia - Nzeb

De acordo com a Portaria n.º 98/2019, de 2 de abril, no anexo 6 relativo aos edifícios de habitação de necessidade quase nulas de energia, é estipulado que esses edifícios deverão cumprir as seguintes condições:

Necessidades Energéticas:

1.  $N_{ic} \leq 0,75 N_i$ ;
2.  $N_{Tc} \leq 0,5 N_T$ ;
3. Para zona climática I1, caso a relação  $N_{ic}/N_i \leq 0,6$  e o  $g_{Tmax} \leq 0,15 \rightarrow$  considera-se que o valor de  $N_{ic} = 0$ ;
4. Aproveitamento das fontes de energia renovável dos edifícios de necessidades energéticas quase nulas tem de suprimir pelo menos 50% das necessidades anuais de energia primária.

Verificação Regulamentar:

1.  $62,80 \leq 0,75 \times 79,87 = 62,80 \geq 59,90 \rightarrow$  **Não Verifica** na Estação de Aquecimento
2.  $59,32 \leq 0,5 \times 291,66 = 59,32 \leq 145,83 \rightarrow$  **Verifica**
3. Não se aplica porque  $N_{ic}/N_i > 0,6$
4.  $E_{ren} > 0,5 \times N_{Tc} \leftrightarrow 947,62 > 0,5 \times 59,32 = 29,66 \rightarrow$  **Verifica**

Como podemos ver a estação de aquecimento não cumpre estas imposições. Para melhorar o desempenho térmico nessa estação, a solução proposta passa por alterar apenas os envidraçados propostos na solução melhorada.

- Envidraçados: Considerar na mesma a caixilharia em PVC mas com um coeficiente de transmissão térmica menor. (Ficha Técnica – Anexo IV)

$$U_{env-solução} = 1,27 \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{°C)]}$$

Os cálculos com esta alteração da caixilharia podemos concluir:

1.  $55,38 \leq 0,75 \times 79,87 = 58,91 \leq 59,90 \rightarrow$  **Verifica** na Estação de Aquecimento
2.  $56,47 \leq 0,5 \times 291,66 = 58,19 \leq 145,83 \rightarrow$  **Verifica** as Necessidades de Energia Primária
3. Não se aplica porque  $N_{ic}/N_i > 0,6$
4.  $E_{ren} > 0,5 \times N_{Tc} \leftrightarrow 947,62 > 0,5 \times 59,47 = 28,24 \rightarrow$  **Verifica**

As verificações regulamentares exigidas na Portaria cumprem como podemos comprovar em cima, mas a Estação de Arrefecimento deixa de verificar a imposição  $N_{vc} \leq N_v$ , para cumprir esta situação deveremos aumentar a ventilação para obter valores que verifiquem todos os requisitos.

Os cálculos com todas as alterações encontram-se no Anexo II e podemos concluir:

1.  $65,92 \leq 0,75 \times 90,83 = 65,92 \leq 68,12 \rightarrow$  **Verifica** na Estação de Aquecimento
2.  $62,51 \leq 0,5 \times 319,07 = 62,51 \leq 159,53 \rightarrow$  **Verifica** as Necessidades de Energia Primária
3. Não se aplica porque  $N_{ic} / N_i > 0,6$
4.  $E_{ren} > 0,5 \times N_{tc} \leftrightarrow 947,62 > 0,5 \times 62,51 = 21,25 \rightarrow$  **Verifica**

#### 4.2.8 Análise Comparativa

A análise comparativa vai ser realizada para as três soluções, existente, reabilitada e melhorada onde serão comparados os parâmetros relativos à estação de aquecimento, à estação de arrefecimento, às necessidades de energia primária e ao NZEB.

- Necessidades de Energia na Estação de Aquecimento:

Tabela 4.13 – Quadro resumo dos resultados da Estação de Aquecimento

	Solução Existente	Solução Reabilitada	Solução Melhorada
$Q_{tr,i}$ (kWh/ano)	9470,70	5431,48	2848,21
$Q_{ve,i}$ (kWh/ano)	660,29	926,94	698,38
$Q_{gu,i}$ (kWh/ano)	1358,35	1276,99	1219,14
$N_{ic}$ (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	236,71	137,11	62,80
$N_i$ (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	78,84	86,03	79,87

$Q_{tr,i}$  – transferência de calor por transmissão através da envolvente dos edifícios;

$Q_{ve,i}$  – transferência de calor por ventilação;

$Q_{gu,i}$  – ganhos térmicos úteis resultantes dos ganhos solares através dos vãos envidraçados, da iluminação, dos equipamentos e dos ocupantes;

$N_{ic}$  – valor das necessidades nominais anuais de energia útil;

$N_i$  – valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil.

Abaixo apresenta-se um gráfico comparativo das três soluções para os diferentes parâmetros na estação de aquecimento.

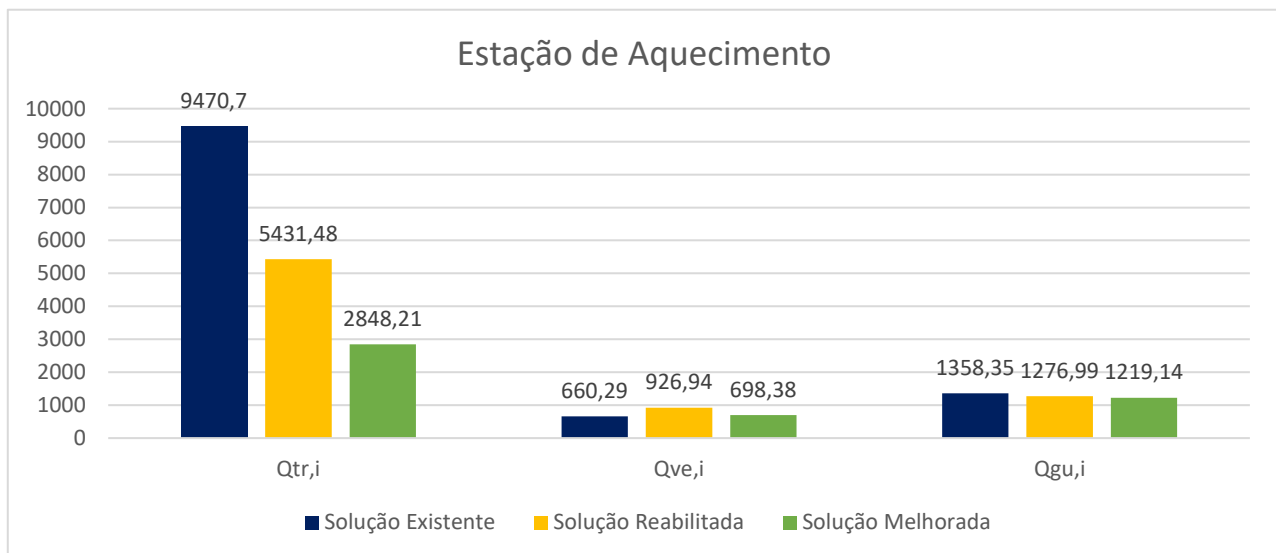


Gráfico 4.1 – Perdas e ganhos úteis na estação de aquecimento

Verificamos que na estação de aquecimento a solução existente apresenta para a transferência de calor por transmissão através da envolvente dos edifícios um valor muito alto, isto devido à utilização de elementos construtivos sem qualquer tipo de isolamento térmico. Com a colocação de isolamento na solução reabilitada e melhorada os valores diminuem significativamente, atingindo-se uma redução de 70% para a solução melhorada.

As perdas por ventilação apresentam o valor mais elevado para a solução reabilitada em que a taxa de renovação do ar interior apresenta um valor mais elevado em relação às restantes soluções de  $0,73 \text{ h}^{-1}$ . Estranhamente a solução original, com caixilharias de madeira sem classificação quanto à permeabilidade ao ar, é a que apresenta o valor mais baixo para as perdas por ventilação.

Para os ganhos térmicos úteis os valores não diferem muito entre eles embora se verifica que são mais elevados na habitação original atendendo à utilização de vidro simples com fator solar mais elevado, à inércia térmica ser forte e às elevadas perdas que ocorrem nesta estação.

Apresenta-se de seguida um gráfico comparativo das três soluções relativamente às necessidades nominais anuais de energia para a estação de aquecimento.

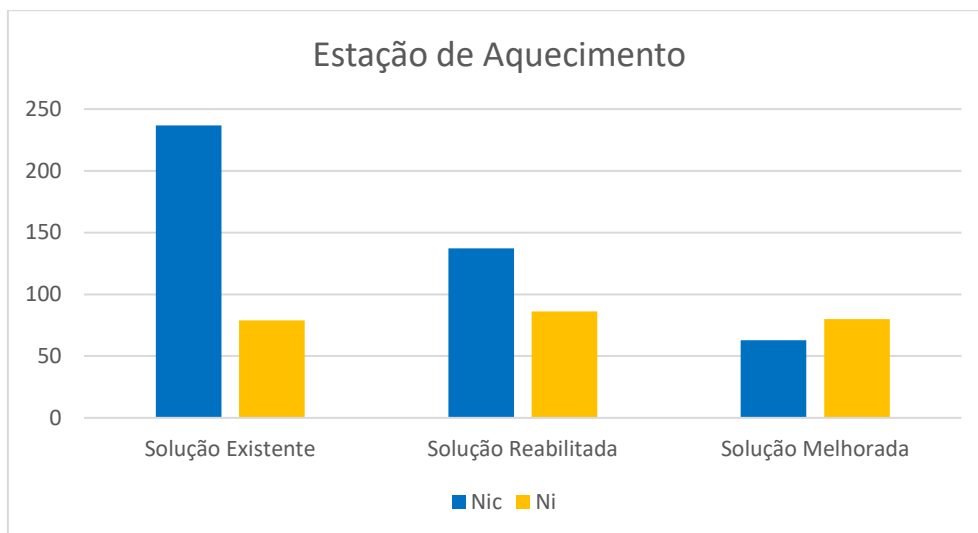


Gráfico 4.2 – Gráfico dos resultados na estação de aquecimento

Relativamente aos indicadores  $N_{ic}$  e  $N_i$ , verifica-se que a única solução que está a regulamentar é a melhorada para a estação de aquecimento. A fração com as soluções melhoradas é a que apresenta o pior indicador  $N_{ic}$ , devido à relação entre os ganhos e as perdas e à inércia térmica que passou de forte para média ao colocar mais isolamento nos elementos construtivos.

- Necessidades de Energia na Estação de Arrefecimento:

Tabela 4.14 – Quadro resumo dos resultados da Estação de Arrefecimento

	Solução Existente	Solução Reabilitada	Solução Melhorada
$Q_{tr,v}$ (kWh/ano)	3942,30	2171,55	1188,76
$Q_{ve,v}$ (kWh/ano)	333,99	406,36	333,99
$Q_{g,v}$ (kWh/ano)	2312,24	1318,53	1185,37
$N_{vc}$ (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	2,79	1,65	8,27
$N_v$ (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	9,13	9,13	9,13

$Q_{tr,v}$  – transferência de calor por transmissão;

$Q_{ve,v}$  – transferência de calor por renovação do ar;

$Q_{g,v}$  – ganhos térmicos brutos;

$N_{vc}$  – valor das necessidades nominais anuais de energia útil;

$N_v$  – valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil.

Abaixo apresenta-se um gráfico comparativo das três soluções para os diferentes parâmetros na estação de arrefecimento.

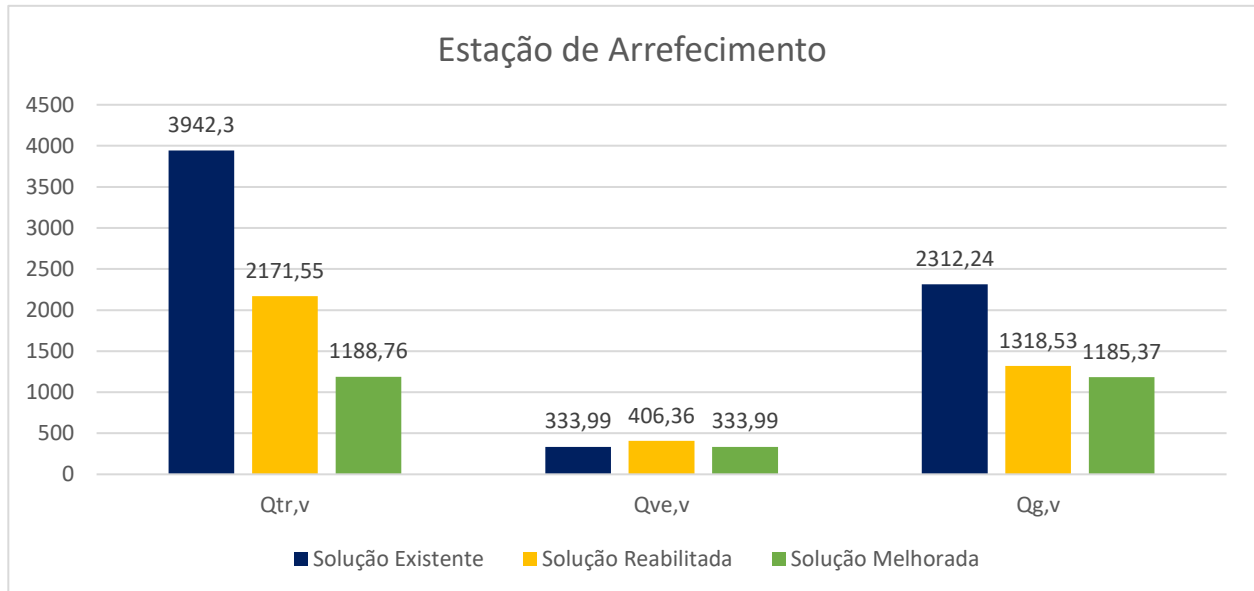


Gráfico 4.3 – Perdas e ganhos úteis na estação de arrefecimento

Na estação de arrefecimento, as perdas devidas ao efeito do gradiente de temperatura por transmissão, atingem o valor mais elevado na habitação original devido à falta de isolamento térmico o que implica a utilização de soluções construtivas com coeficientes de transmissão térmica U muito elevados. Também é para este cenário que os ganhos atingem o seu valor máximo destacando novamente que a solução existente é composta por vidro simples e caixilharia de madeira, o facto de passarmos para vidro duplo na solução existente este valor já diminui. A ventilação volta a ser mais elevada na solução reabilitada, visto que taxa de renovação do ar interior é maior em relação às restantes soluções.

O gráfico abaixo apresentado compara as três soluções para as necessidades nominais anuais de energia na estação de arrefecimento.

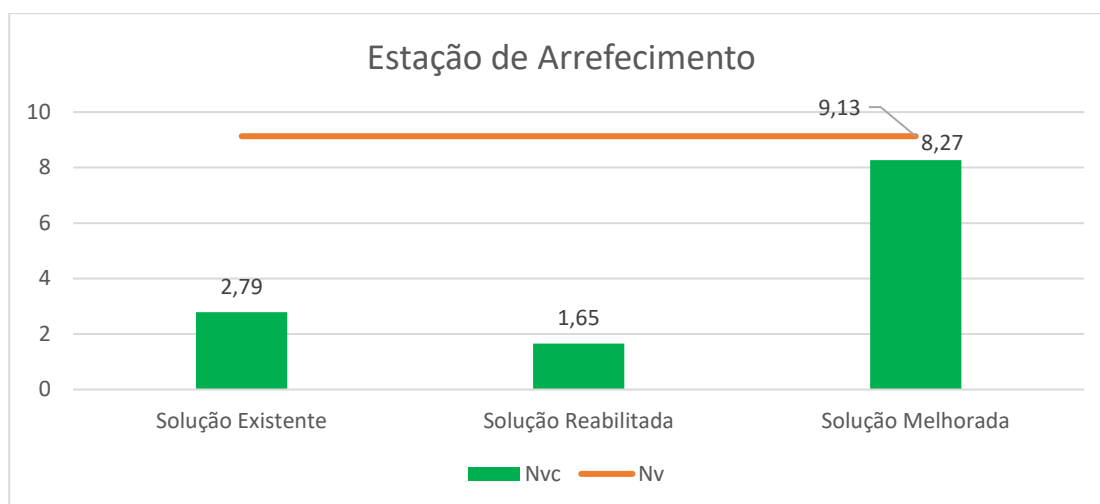


Gráfico 4.4 – Necessidades de energia na estação de arrefecimento

O valor da necessidade nominal de energia de referência é igual para as três soluções, onde verificamos que a solução melhorada é a que mais se aproxima do valor de referência, o que torna esta solução pior na estação de arrefecimento, pois o valor de  $N_{vc}$  aproxima-se do  $N_v$ .

- Necessidades de Energia:

Tabela 4.15 – Quadro resumo dos resultados das Necessidades de Energia

	Solução Existente	Solução Reabilitada	Solução Melhorada	NZEB
$N_{ic}$ (kWh/m².ano)	236,71	137,11	62,80	55,38
$N_i$ (kWh/m².ano)	78,84	86,03	79,87	79,87
$N_{vc}$ (kWh/m².ano)	2,79	1,65	8,27	9,12
$N_v$ (kWh/m².ano)	9,13			
$N_{Tc}$ (kWh/m².ano)	678,56	99,62	59,32	56,47
$N_T$ (kWh/m².ano)	289,09	155,06	291,66	291,66

$N_{Tc}$  – valor das necessidades nominais de energia primária;

$N_T$  – valor máximo para as necessidades nominais de energia primária.

No gráfico abaixo representado podemos comparar para a solução existente, reabilitada, melhorada e NZEB os valores das necessidades calculados e os de referência.

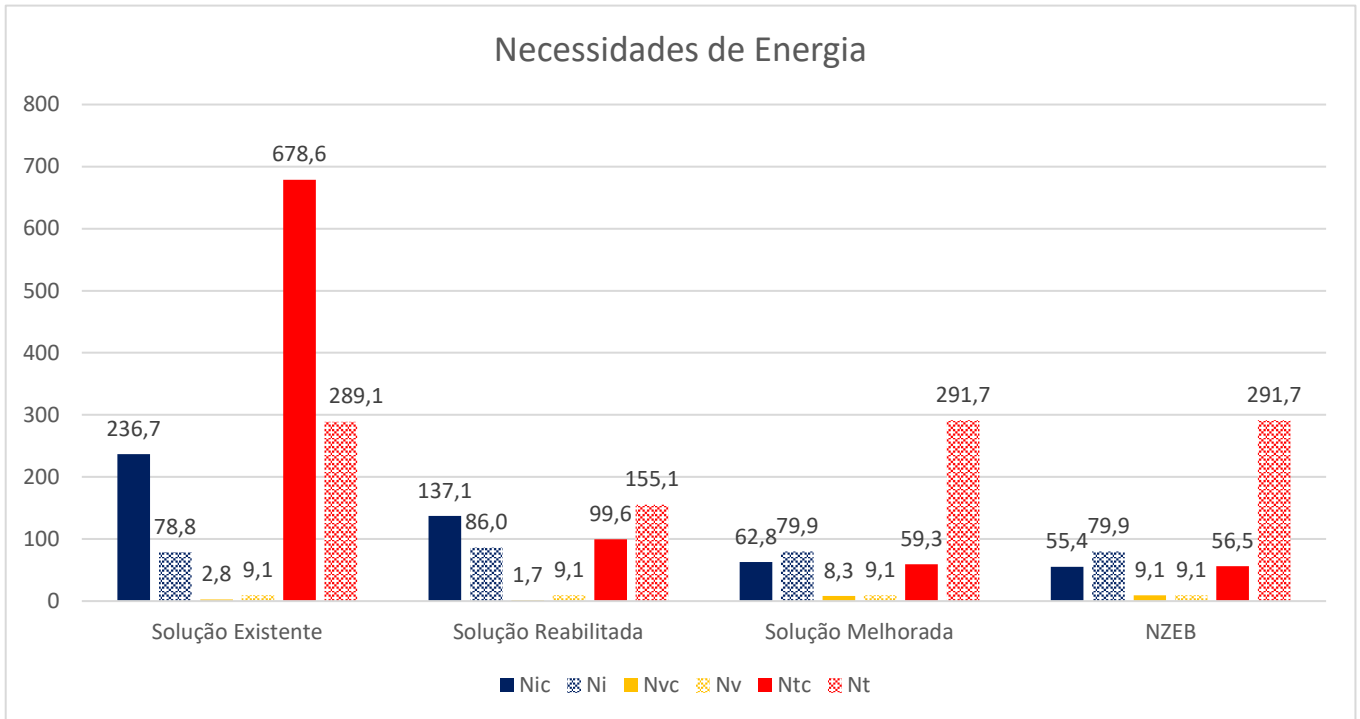


Gráfico 4.5 – Necessidades de Energia

Observando o gráfico acima podemos verificar a evolução das necessidades de energia para aquecimento, arrefecimento e energia primária em função de cada solução estudada.

Conclui-se que as necessidades de aquecimento diminuem até à solução NZEB e que passa a verificar a imposição regulamentar desde a solução melhorada. As necessidades de energia para arrefecimento são baixas desde o início, mas aumentam a partir da solução melhorada chegando a valores bastante próximos do valor de referência. A energia primária vai reduzindo ao longo da alteração das soluções construtivas e na colocação de equipamentos, verificando-se a redução mais significativa da solução existente para a reabilitada, pois é colocado termoacumulador e coletores solares para AQS e sistema de climatização para aquecimento e arrefecimento (ar condicionado). A solução é uma solução muito próxima da solução melhorada apenas foram alteradas duas soluções para chegar às imposições regulamentares.

## 4.3 ESTUDO DO DESEMPENHO ACÚSTICO

### 4.3.1 Caracterização do Edifício

O edifício em estudo é moradia utilizada no estudo térmico e onde se encontra caracterizado no capítulo 4.1 do presente documento.

Neste estudo do desempenho acústico iremos considerar o edifício total e não apenas uma fração como foi apresentado no estudo do desempenho térmico.

Segundo o artigo 7º do Regulamento Geral do Ruído, RGR, “as câmaras municipais elaboram mapas de ruído para apoiar a elaboração, alteração e revisão dos planos diretores municipais e dos planos de urbanização.”

Através destes mapas de ruído é possível verificar o cumprimento dos limites regulamentares de ruído para as diferentes zonas previstas na estrutura de planeamento municipal, nomeadamente no seu plano municipal de ordenamento do território. De acordo com o RGR, consideram-se dois tipos principais de zoneamento:

- **Zona Sensível** - área definida em plano municipal de ordenamento do território como vocacionada para uso habitacional, ou para escolas, hospitais ou similares, ou espaços de lazer existentes ou previstos, podendo conter pequenas unidades de comércio e de serviços, destinados a servir a população local, tais como cafés e outros estabelecimentos de comércio tradicional, sem funcionamento no período noturno;
- **Zona Mista** – área definida em plano municipal de ordenamento do território, cuja ocupação seja afeta a outros usos, existentes ou previstos, para além dos referidos na definição de zona sensível.[7]

Pelo mapa de ruído (pertencente ao Plano Diretor Municipal) apresentado, o edifício em estudo está classificado no referido documento como zona mista.

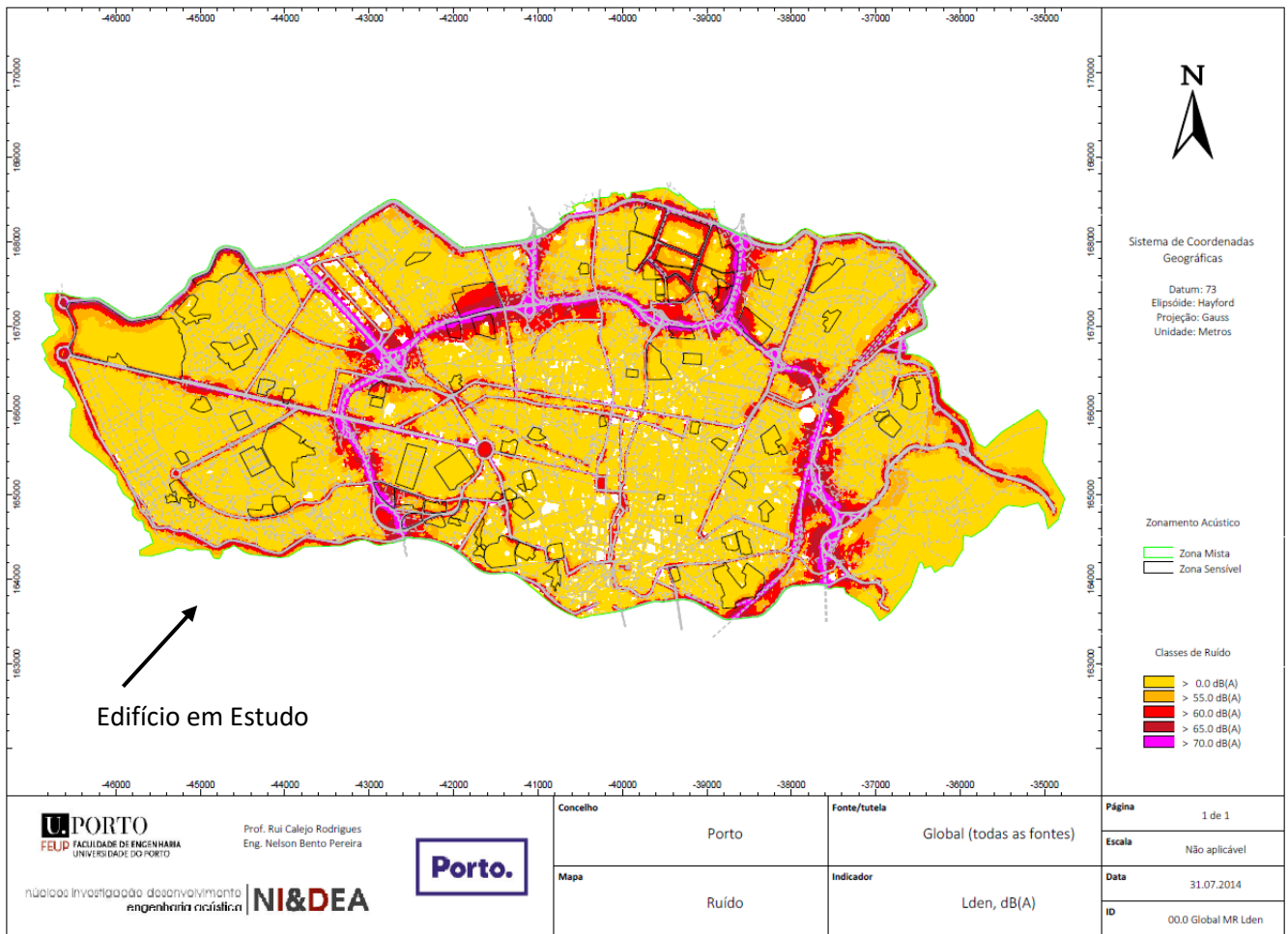


Figura 4.21 – Mapa de ruído da cidade do Porto [9]

Na acústica de edifícios distinguem-se dois tipos de ruído:

- **Ruídos Aéreos** – Sons transmitidos fundamentalmente através do ar (conversação, música, televisão, tráfego rodoviário, etc.)
- **Ruídos de Percussão** – Sons resultantes da ação de choque/impacto exercida diretamente sobre um elemento de construção (passos, queda de objetos, bater de portas, arrastar de móveis, arranque ou paragem de elevadores, etc.)

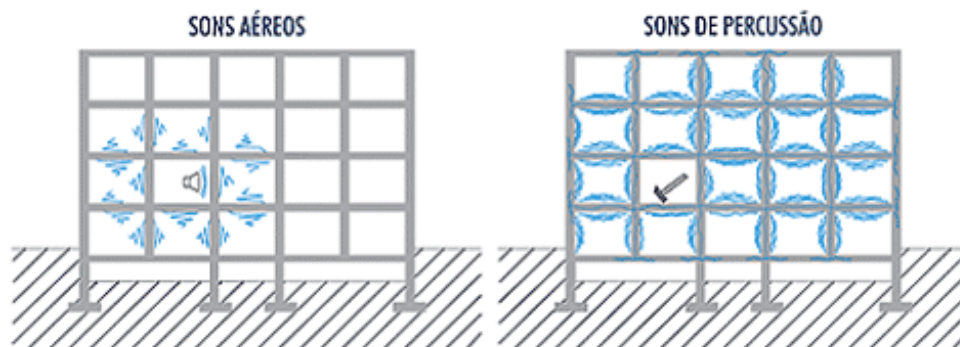


Figura 4.22 – Sons aéreos / Sons de percussão [Fonte: Imperialum]

### 4.3.2 Isolamento a Sons Aéreos

Nos sons aéreos consideramos dois tipos de isolamentos sonoros:

- **Isolamento sonoro a sons de condução aérea padronizado,  $D_{2m,nT}$**  – diferença entre o nível médio de pressão sonora exterior, medido a 2m da fachada do edifício ( $L_{1,2m}$ ), e o nível médio de pressão sonora medido no local de receção ( $L_2$ ), corrigido da influência das condições de reverberação do compartimento recetor;

$$D_{2m,nT(f)} = L_{1,2m(f)} - L_{2(f)} + 10 \text{ Log} \left( \frac{T_2(f)}{T_0} \right) \text{ [dB]} \quad 4.14$$

- **Isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado,  $D_{nT}$**  – diferença entre o nível médio de pressão sonora medido no compartimento emissor ( $L_1$ ) produzido por um ou mais fontes sonoras, e o nível médio de pressão sonora medido no local de receção ( $L_2$ ), corrigido da influência das condições de reverberação do compartimento recetor;

$$D_{nT(f)} = L_{1(f)} - L_{2(f)} + 10 \text{ Log} \left( \frac{T_2(f)}{T_0} \right) \text{ [dB]} \quad 4.15$$

O isolamento sonoro é variável em função da frequência em estudo, pelo que apresentará diferentes valores no domínio das frequências. No sentido de facilitar os cálculos procurou-se obter um valor único, índice, para o isolamento, embora tal processo leve a uma perda de informação. O critério adotado vem descrito na Norma 717-1 e consiste em ajustar a curva de referência à curva do isolamento em estudo. A ordenada da curva de referência corresponde à abcissa dos 500 Hz será o índice de isolamento sonoro cujo símbolo virá acompanhado da letra w (“weighted – ponderado) -  $D_{2m,nT,w}$  ou  $D_{nT,w}$ .

Neste estudo adotamos um processo de cálculo de isolamentos sonoros simplificado baseado no ITE8, no livro “Acústica nos Edifícios” e no livro “Acústica de Edifícios” do LNEC.

Tendo em conta que a maioria dos elementos construtivos utilizados na construção corrente não se encontra caracterizada laboratorialmente sob o ponto de vista do isolamento sonoro a sons de condução aérea, torna-se necessário recorrer a modelos de cálculo que permitam estimar os valores dos descritores acústicos de interesse. Nos casos em que essa caracterização laboratorial esteja disponível, para um dado elemento construtivo, essa informação deverá ser tomada em consideração devendo ser dada preferência aos resultados laboratoriais.

É de salientar que os cálculos realizados e os valores obtidos são estimativas pelo que os valores devem ser comprovados através de ensaios realizados in situ, para, se necessário, proceder-se às devidas correções. Estes ensaios devem ser realizados na fase de construção.

As estimativas dos índices de isolamento sonoro a sons aéreos podem ser realizadas a partir do valor do índice de redução sonora,  $R_w$ , da seguinte forma:

- **Índice de Isolamento sonoro dos elementos da envolvente exterior dos edifícios,  $D_{2m,nT,w}$** , tem-se em conta os sons de proveniência exterior e devem-se fundamentalmente à circulação rodoviária ou ferroviária, à proximidade de aeroportos, indústrias, instalações de divertimento público, estão relacionados com aspetos de caráter ambiental e de planeamento urbanístico;

A expressão a seguir apresenta o valor do índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, entre o exterior e quartos ou zonas de estar:

$$D_{2m,nT,w} = R_w + 10 \log \left( \frac{0,16 \times V}{T_0} \right) [\text{dB}] \quad 4.16$$

Em que  $T_0$  é o tempo de reverberação de referência, que para compartimentos de habitação, ou com dimensões comparáveis por ser tomado igual a 0,5s e  $V$  é o volume do compartimento recetor.

- **Índice de Isolamento sonoro dos elementos de compartimentação,  $D_{nT,w}$** , devidos aos sons interiores, da utilização do próprio edifício e têm origem em múltiplas solicitações associadas ao seu uso pelos respetivos ocupantes ou equipamentos instalados.

O índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea,  $D_{nT,w}$  depende da superfície do elemento de separação, do seu índice de redução sonora, do volume do compartimento recetor e da sua massa superficial. Este índice pode ser estimado através da expressão:

$$D_{nT,w} = R_w + 10 \log \left( \frac{0,16 \times V}{T_0 \times S} \right) - TM \text{ (dB)} \quad 4.17$$

Em que:

$R_w$  – índice de redução sonora (dB);

$V$  – volume do espaço de receção ( $\text{m}^3$ );

$S$  – Área do elemento separador ( $\text{m}^2$ );

$TM$  – Valor corretivo devido às transmissões marginais (dB) - Em construções correntes considera-se de 2dB a 5dB ou mais, em fachadas considera-se nula;

$T_0$  – Tempo de reverberação de referência do compartimento recetor (em geral 0,5 s).

### 4.3.2.1 Critérios Regulamentares – Isolamento a Sons Aéreos

Apresenta-se de seguida o quadro resumo dos limites regulamentares relativos aos sons aéreos aplicados ao estudo do nosso edifício.

Tabela 4.16 – Quadro resumo dos limites regulamentares – sons aéreos

Limites Regulamentares relativos a sons aéreos – RRAE	
Entre o <b>exterior do edifício e quartos ou zonas de estar</b> Artigo 5º, ponto 1, alínea a) i)	$D_{2m,nT,w} \geq 33$ dB, para zonas mistas
Entre <b>compartimentos de um fogo</b> , como locais emissores e <b>quartos ou zonas de estar de outro fogo</b> como locais recetores Artigo 5º, ponto 1, alínea b)	$D_{nT,w} \geq 50$ dB
Entre <b>locais de circulação comum do edifício</b> , como locais emissores e <b>quartos ou zonas de estar dos fogos</b> como locais recetores Artigo 5º, ponto 1, alínea c)	$D_{nT,w} \geq 48$ dB $D_{nT,w} \geq 50$ dB, se o local emissor for uma garagem de estacionamento automóvel

Na tabela a seguir são indicados os casos a considerar no edifício em estudo em relação ao isolamento a sons aéreos, estando os mais desfavoráveis assinalados a negrito.

Tabela 4.17 – Casos a considerar para o cálculo do isolamento sonoro a sons aéreos

1. Entre o Exterior do Edifício e Quartos ou Zonas de Estar, $D_{2m,nT,w}$					
Piso	Compartimento	Fração	Área Parede (m <sup>2</sup> )	Área Envidraçado (m <sup>2</sup> )	$\frac{A_{env}}{A_{par}}$ %
Piso 0	Sala	1	9,85	1,95	20
	Sala	2	15,73	3,9	25
	<b>Sala</b>	<b>3</b>	<b>15,80</b>	<b>3,9</b>	<b>25</b>
	Sala	4	15,63	3,3	21
	Sala	5	20,48	5,4	19
	Sala	6	10,99	2,7	25
Piso 1	Sala	7	17,74	3,9	22
	Quarto	7	12,11	1,95	16
	Sala	8	18,14	3,3	18
	Sala	9	19,03	3,9	20

	Sala	10	26,31	1,65	6
	Sala	10	17,66	3,33	19
Piso 2	Quarto 1	7	10,00	1,95	19
	Quarto 2	7	9,22	1,95	21
	Quarto 3	7	12,07	1,95	16
	Sala	11	16,98	3,3	19
	Sala	12	17,02	3,3	19
	Sala	12	25,45	3,3	13
	Sala	12	32,47	4,95	15
<b>2. Entre Compartimentos de um fogo e Quartos ou Zonas de Estar de outro fogo</b> $D_{nT,w}$					
<b>Piso</b>	<b>Compartimento</b>	<b>Fração</b>	<b>Área Parede (m<sup>2</sup>)</b>		
Piso 0	Sala/Sala	2 / 3	23,04		
	Sala/Sala	3 / 6	10,24		
<b>Piso 1</b>	Sala/Sala	7 / 9	18,95		
	<b>Sala/Sala</b>	<b>9 / 10</b>	<b>26,31</b>		
Piso 2	Sala/Sala	11 / 12	17,23		
<b>3. Entre Locais de Circulação Comum e Quartos ou zonas de Estar dos fogos <math>D_{nT,w}</math></b>					
<b>Piso</b>	<b>Compartimento</b>	<b>Fração</b>	<b>Área Parede (m<sup>2</sup>)</b>		
Piso 0	Acesso Jardim/Sala	2	17,06		
	Escadas/Sala	2	5,69		
	Hall Comum/Sala	2	12,06		
	Átrio/Sala4	4	8,55		
	Átrio/Sala5	5	16,22		
<b>Piso 1</b>	<b>Escadas/Sala</b>	<b>7</b>	<b>18,07</b>		
	Escadas/Sala	9	6,62		
	Hall Comum/Sala	9	12,77		
	Escadas/Sala	8	11,89		
<b>2. Entre Compartimentos de um fogo e Quartos ou Zonas de Estar de outro fogo</b> $D_{nT,w}$					
<b>Piso</b>	<b>Compartimento</b>	<b>Fração</b>	<b>Área Pavimento (m<sup>2</sup>)</b>		
Piso 0/1	Sala /Sala	3/10	30,65		
	Sala/Sala	2/9	30,50		
	Sala/Quarto	3/11	10,45		
<b>Piso 1/2</b>	<b>Sala/Sala</b>	<b>10/12</b>	<b>30,80</b>		
<b>3. Entre Locais de Circulação Comum e Quartos ou zonas de Estar dos fogos <math>D_{nT,w}</math></b>					
<b>Piso</b>	<b>Compartimento</b>	<b>Fração</b>	<b>Área Pavimento (m<sup>2</sup>)</b>		
Piso -1/0	Sala Condomínio/Sala	1	10,45		
	Átrio/Sala	8	12,00		
<b>Piso 0/1</b>	Acesso Jardim/Sala	7	8,14		

As verificações deverão ser efetuadas individualmente para cada compartimento e não para a fachada como um todo, sendo suficiente estudar apenas para a situação mais gravosa, para os elementos de envolvente exterior serão os que apresentam o maior rácio entre a área de envidraçado e área da envolvente do compartimento. Para os elementos de compartimentação interior serão os que apresentam uma área maior e serão verificados os pavimentos e as paredes interiores separadamente.

As plantas a seguir apresentadas estão identificados todos os elementos que deverão ser estudados a nível acústico. Como já foi referido neste documento apenas iremos efetuar o estudo nos elementos mais desfavoráveis também aqui indicados.

A legenda utilizada é a seguinte:

- ① Entre o Exterior do Edifício e Quartos ou Zonas de Estar,  $D_{2m,nT,w}$ ;
- ② Entre Compartimentos de um fogo e Quartos ou Zonas de Estar de outro fogo  $D_{nT,w}$ ;
- ③ Entre Locais de Circulação Comum (Emissor) e Quartos ou zonas de Estar dos fogos (Recetor)  $D_{nT,w}$ .

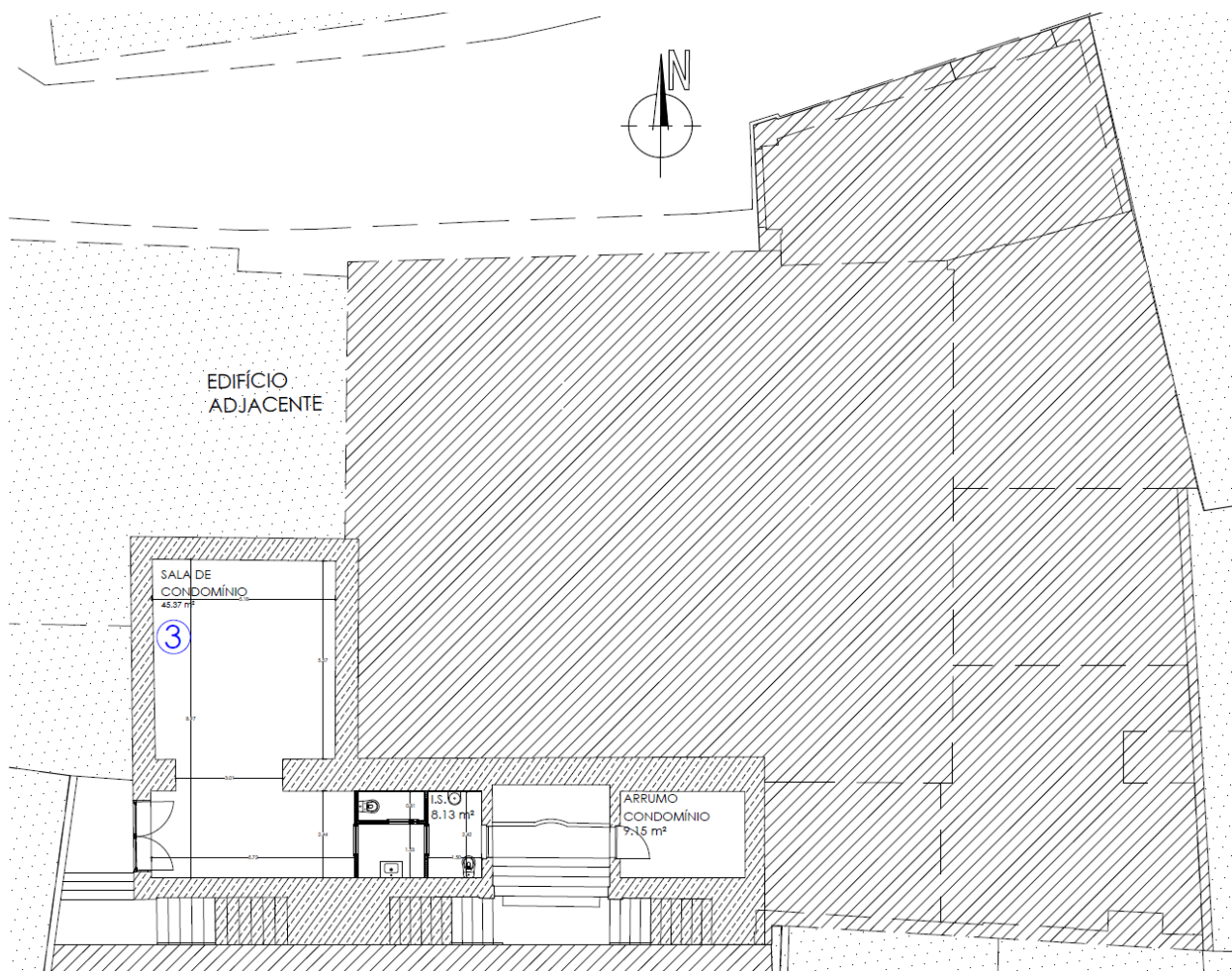


Figura 4.23 – Planta Piso -1

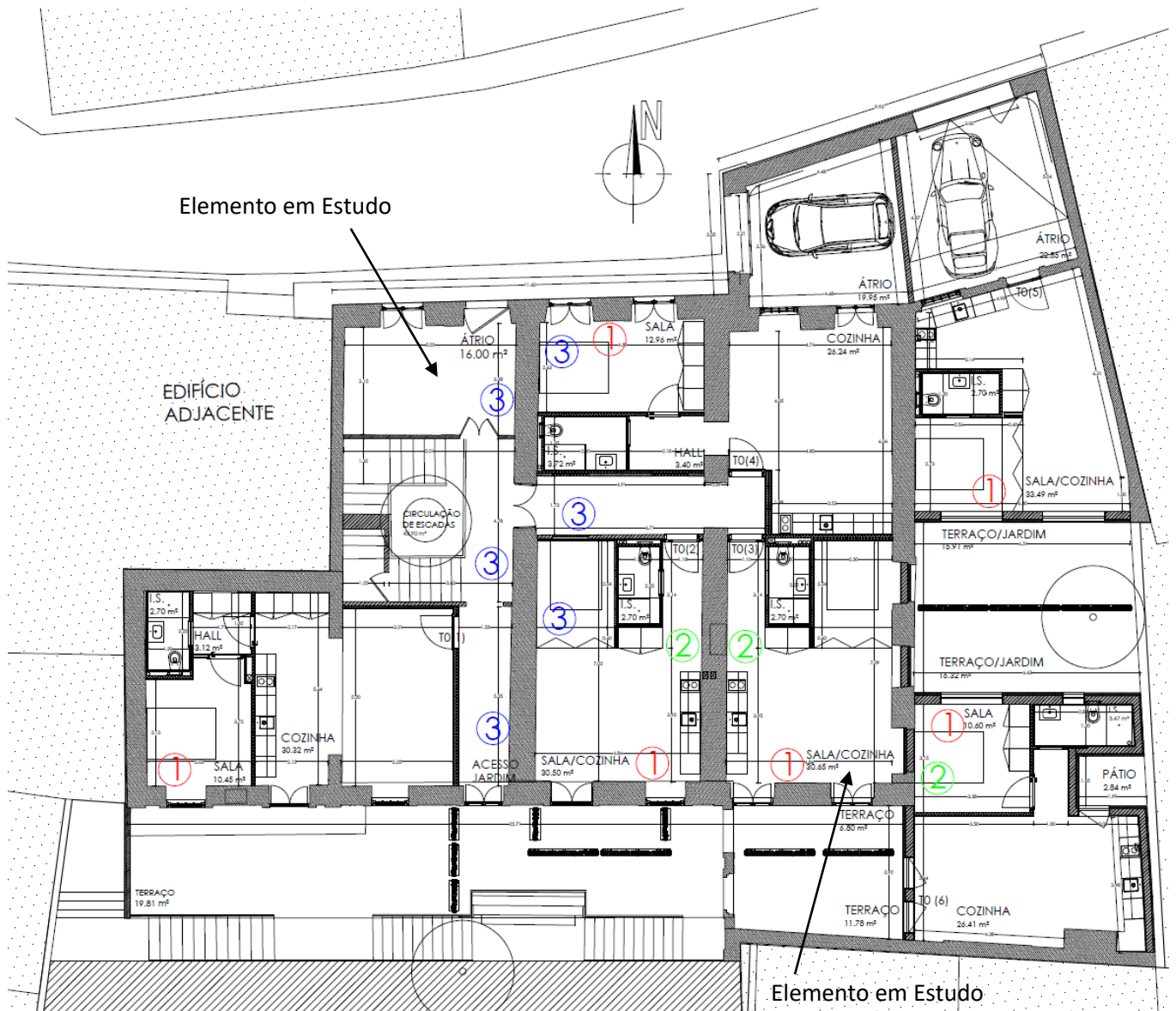


Figura 4.24 – Planta Piso 0

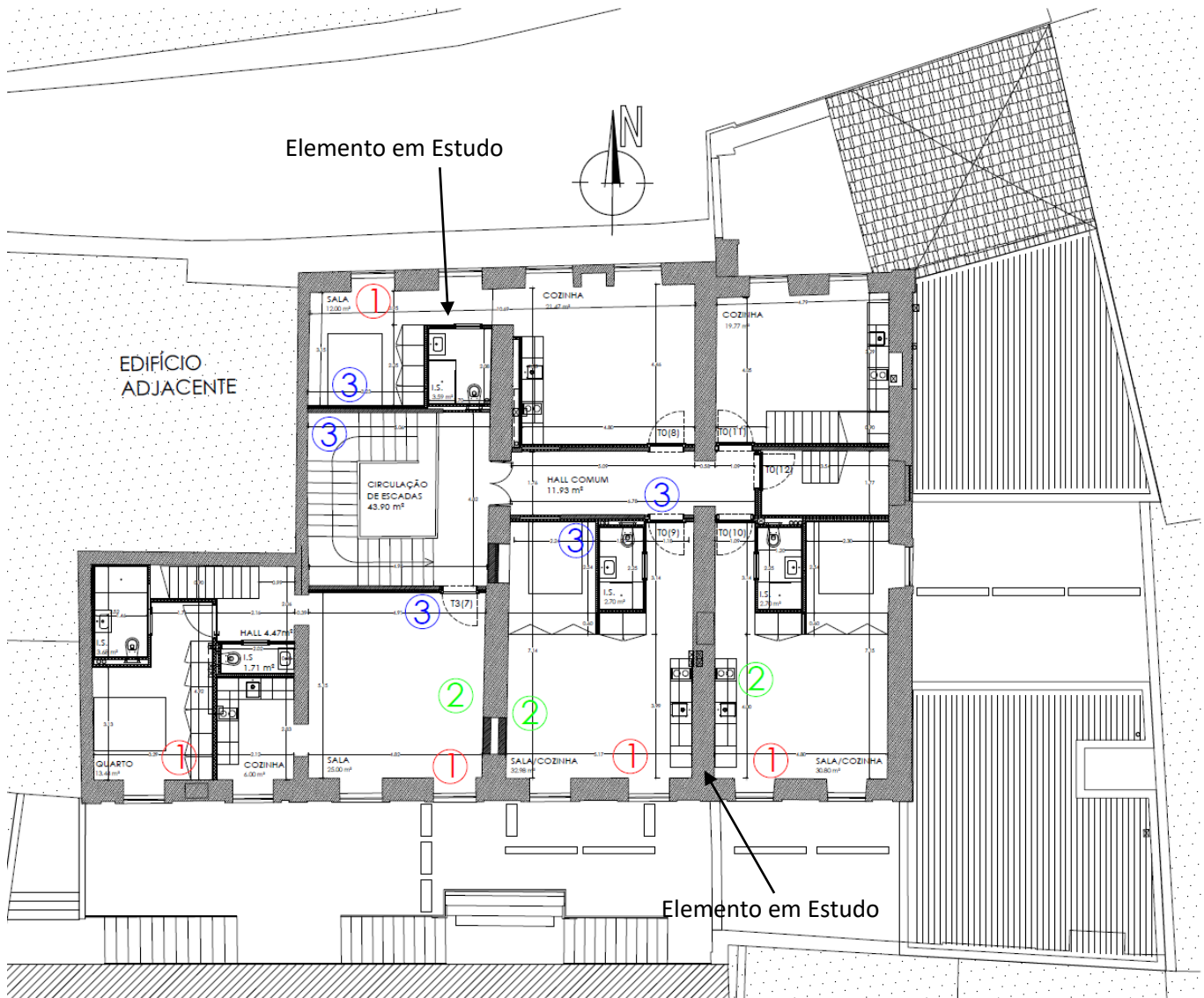


Figura 4.25 – Planta Piso 1

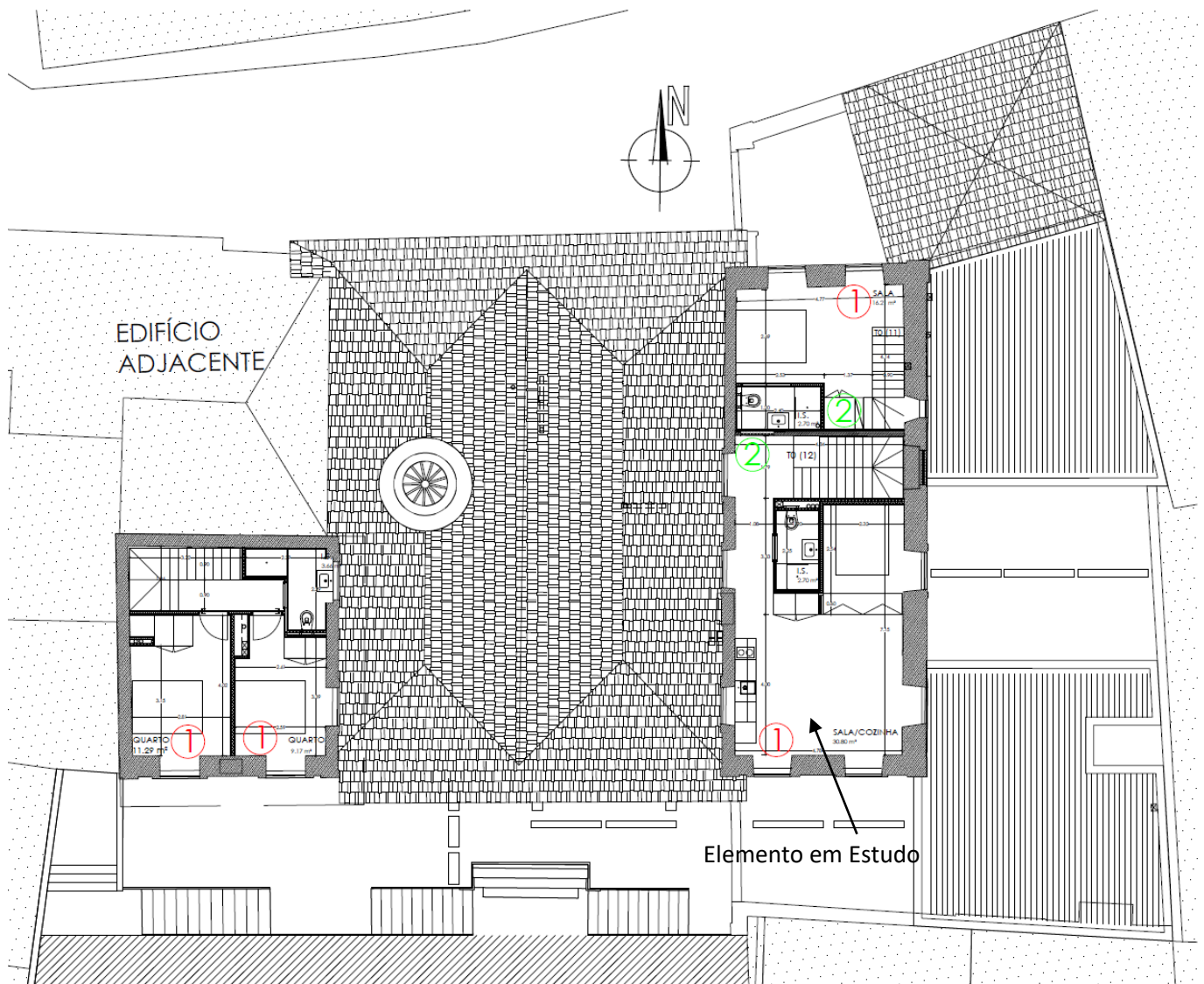


Figura 4.26 – Planta Piso 2

#### 4.3.2.2 Índice de redução sonora, $R_w$

Existem vários métodos para estudar o comportamento das soluções construtivas em projeto, designados por métodos de estimativa. Para elementos simples podemos utilizar lei da massa teórica ou modelo de Sharp e para elementos duplos os dois modelos utilizados para elementos simples ou o modelo de Meisser. Estes métodos permitem quantificar o índice de redução sonora,  $R_w$ , a partir do qual poderão ser estimados os parâmetros regulamentares. Os métodos de estimativa são descritos nos parágrafos seguintes:

- **Lei da Massa:**

Um dos métodos mais simples para estimar o índice de redução sonora,  $R_w$ , de um dado elemento de compartimentação é o método da massa total. Uma vez encontrada a massa superficial do elemento, recorre-se ao ábaco da lei das massas para determinar o índice de redução sonora de elementos de compartimentação homogêneos, simples, em função da massa superficial. A faixa de valores indicados no gráfico pretende representar a dispersão normal de comportamento para diferentes divisórias com a mesma massa por unidade de superfície. O índice de redução sonora aumenta de forma linear com um acréscimo de 6 dB por cada duplicação da massa superficial.

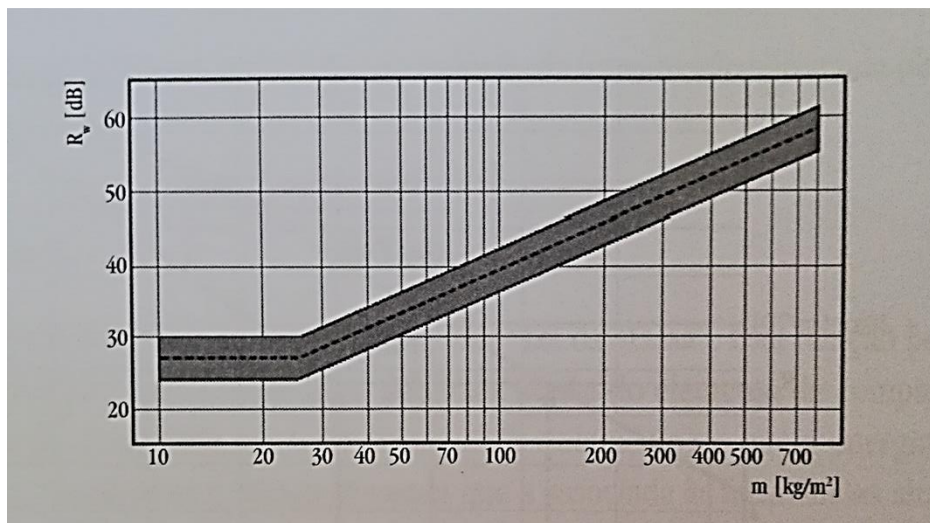


Figura 4.27 – Ábaco Lei da Massa e expressões [7]

Podem também ser utilizadas as seguintes expressões ao invés do gráfico, em que,  $m$ , é igual à massa superficial do elemento de compartimentação.

$$R_w = 21,7 \log (m) - 2,3 \pm 1 \text{ dB} \rightarrow m \geq 50 \text{ kg m}^2 \quad 4.18$$

$$R_w = 32,4 \log (m) - 26,0 \text{ dB} \rightarrow m \geq 100 \text{ kg m}^2 \quad 4.19$$

$$R_w = 40,0 \log (m) - 45,0 \text{ dB} \rightarrow m > 150 \text{ kg m}^2 \quad 4.20$$

Para a superfície de compartimentação composta, como é o caso da parede exterior com os envidraçados, o isolamento sonoro global, expresso em termos de  $R_w$  (que para efeitos de conversão em  $D_{2m,nT,w}$  tem de ser afetado da área da superfície em causa), vai depender da inter-relação entre os isolamentos dos diferentes grupos de elementos que constituem essa superfície de compartimentação, de acordo com a seguinte expressão:

$$R_w = 10 \log \left( \frac{1}{\tau_{\text{conjunto}}} \right) \text{ (dB)} \quad 4.21$$

$$\tau_{\text{conjunto}} = \frac{\sum \tau_i \times S_i}{\sum S_i} \leftrightarrow \tau_{\text{conjunto}} = \frac{\sum S_i \times 10^{-0,1R_{wi}}}{\sum S_i} \quad 4.22$$

Em que:

$S_i$  – área de cada um dos elementos constituintes da parede exterior ( $m^2$ );

$\tau_i$  – coeficiente de transmissão de cada um dos elementos constituintes da parede exterior;

$\tau_{\text{conjunto}}$  – coeficiente de transmissão da parede exterior.

- **Método de Sharp:**

Por intermédio do método Sharp, a determinação do índice de redução sonora do elemento vertical de separação depende da massa superficial do elemento, da velocidade de propagação das ondas sonoras no material e do amortecimento interno. A determinação deste índice pode ser feita por intermédio do método de Sharp, com base nas expressões indicadas de seguida:

$$f_c = \frac{c^2}{1,8 c_L e} \quad 4.23$$

$$f_c = f_B \quad 4.24$$

$$f_A = \frac{f_c}{2} \quad 4.25$$

$$R_A = 20 \log (f_c m) - 54 \quad 4.26$$

$$R_B = 20 \log (f_c m) + 10 \log (\eta) - 45 \quad 4.27$$

Em que:

$c$  – velocidade do som = 340 m/s. Representa a velocidade de propagação das ondas sonoras no ar, valor fixo utilizado no cálculo para qualquer tipo de elemento, independente da sua constituição;

$c_L$  – velocidade de propagação das ondas longitudinais = 4000 m/s. É o índice que determina a propagação das ondas longitudinais num meio, neste caso é alvenaria de granito. Este varia consoante o meio onde ser propaga (podendo ser sólido, líquido ou gasoso) aumentando consoante aumenta a rigidez do mesmo.

Também pode ser calculado:  $c_L = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ , onde E é o módulo de elasticidade do material ( $\text{kg/m}\cdot\text{s}^2$ ) e  $\rho$  a massa volúmica do material ( $\text{kg/m}^3$ );

m – massa superficial do elemento ( $\text{kg/m}^2$ );

$\eta$  – fator de perdas de cada elemento;

e – espessura de cada elemento.

Trata-se de um método gráfico que permite determinar os valores de R por frequência e que consiste em marcar no eixo das abcissas, em escala logarítmica, os valores  $f_c$  e  $0,5 f_c$ , os correspondentes valores de índices de redução sonora A e B no eixo das ordenadas. Através dos pontos A e B definidos marcam-se segmentos de reta com declives de 6 ou 9 dB/oitava, traduzindo as zonas de comportamento condicionado pela massa e pelo efeito de coincidência respetivamente.

Com base nos valores de R para as diferentes frequências de 1/3 de oitava determina-se o descrito único  $R_w$ , através do método preconizado pela NP EN ISO 717-1.

Um aspeto particular que a normalização tem em conta, e é importante referir relativamente à caracterização do desempenho de elementos de construção, relaciona-se com a utilização de um designado termo de adaptação a um determinado espectro. Corresponde a “anexar” ao valor único determinado (índice) uma correção que tenha em conta as características de espectros específicos. Esses espectros são o de ruído rosa e o de ruído de tráfego rodoviário urbano, estas correções aplicam-se de forma mais corrente, aos valores obtidos em laboratório. Em Portugal, apenas se aplica este termo de adaptação caso a área de envidraçado seja superior a 60% da área envolvente exterior, o que não se verifica no caso de estudo. Com a introdução deste termo, não é, portanto, estranho pois estes valores são caracterizados nos folhetos comerciais da seguinte forma  $R_w (C; C_{tr})$ .

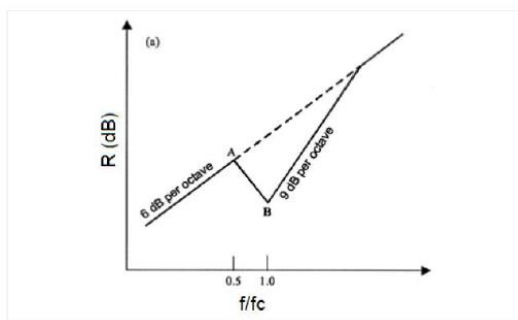


Figura 4.28 – Método de Sharp para elementos construtivos simples [Silva, 2005]

Material	Massa volúmica ( $\rho$ ) Kg/m <sup>3</sup>	Frequência Crítica (Hz) para h=1cm	Fator de Perdas Internas ( $\eta$ )	Coef. De Poisson ( $\nu$ )	$c_L$ (m/s)
Borracha	1000	85000	0,1-1,0	0,4-0,5	1600
Cortiça	250	18000	0,13-0,39		
Poliestireno Expandido	14	14000	2		300
Aço	7800	1000	0,0001-0,01	0,28-0,34	5150-5500
Alumínio	2700	1200-1300	0,0001-0,02	0,33-0,36	5150
Chumbo	10600	4850-8000	0,02-0,15		1210
Vidro	2500	1100-1300	0,0006-0,02	0,24	5200-5500
Vidro acrílico (plexiglass)	1150-1200	2900	0,002-0,040	0,4	1800
Alvenaria	900	1600-2700	0,005-0,02		2300
Tijolo maciço	2000-2500	2500-5000	0,01		3000
Tijolo furado	1300		0,003-0,010	≈0,2	2200-2500
Betão	2100-2300-2400	1800	0,005-0,020	0,1-0,15	3500-3850
Betão Poroso (leve)	600-1400	3700-4800	0,010-0,015		1700
Gesso	1000	4000			
Gesso cartonado	760	3100-3500	0,006-0,03	0,27	1600
Madeira (abeto)	550-600	6000-18000	0,04		3800-5400
Madeira (teca)	900		0,02		
Madeira (choupo)	500		0,04		
Madeira (pinho)	480		0,008		
Contraplacado	600	1400-3450	0,01-0,02		2500-3800
	700		0,005-0,01		
Contraplacado Gesso	1000			0,005-0,01	

Figura 4.29 – Valores característicos de materiais,  $f_c, \eta, \nu, c_L$

- **Modelo de Meisser:**

Para a obtenção do índice de redução sonora para paredes duplas pode ser utilizado o modelo de Meisser, 1973. Neste método é possível introduzir fatores, tais como, dimensão da caixa de ar, ligações entre panos e material absorvente.

Segundo este modelo, determina-se a redução sonora para a frequência de 500Hz, através da seguinte expressão:

$$R_{500\text{Hz}} = 13,3 \log (m_1 + m_2) + 13,4 + k \text{ [dB]} \quad 4.28$$

Em que:

$m_1$  e  $m_2$  – massa dos diferentes constituintes dos elementos construtivos (Kg/m<sup>2</sup>);

k – constante que varia com a espessura da caixa de ar e o material absorvente;

A partir da ordenada calculada para a frequência dos 500 Hz, traça-se um segmento de reta com um declive de 6dB por oitava, mantendo uma escala logarítmica para o eixo das abcissas e uma escala linear para o eixo das ordenadas.

De seguida, no eixo das abcissas marcam-se os pontos notáveis da curva de isolamento, nomeadamente a frequência de ressonância do conjunto massa-ar-massa ( $f_0$ ) de acordo com a seguinte expressão:

$$f_0 = 84 \sqrt{\frac{m_1 + m_2}{d \times m_1 \times m_2}} \text{ [Hz]} \quad 4.29$$

No qual d à espessura da caixa de ar.

#### 4.3.2.3 Transmissões Marginais

Tanto no que respeita a sons aéreos e sobretudo nos de impacto, existem ligações rígidas entre os elementos de construção (elementos estruturais, alvenarias e revestimentos de pavimentos) que permitem o encaminhamento e transmissão das vibrações sonoras entre os diversos compartimentos interiores do edifício por trajetos diferentes do previsível, ou seja da transmissão direta pelo elemento separador entre os dois espaços. As transmissões marginais, TM, são implicitamente contabilizadas nas medições efetuadas in situ. Para que o resultado real não seja muito diferente do resultado do projeto, é conveniente considerar este tipo de transmissão em projeto, devendo o projetista basear-se em formulações empíricas adequadas às diferentes às diferentes situações ou em modelos de previsão desenvolvidos em softwares existentes, por exemplo o *acoubat*. Iremos considerar um método muito simplificado para o cálculo da transmissão marginal.

O ITE8 do LNEC, indica um critério simples para a sua estimativa:

- Se  $R_w < 35\text{dB}$ , despreza-se a contribuição das TM;
- Se  $35\text{dB} \leq R_w \leq 45\text{dB}$ , então  $TM=3\text{dB}$ ;
- Se  $R_w > 45\text{dB}$  é aconselhável recorrer à verificação do comportamento no local, pois as previsões podem ser bastante falíveis (podem assumir valores da ordem de 5dB ou superiores, excepcionalmente até 10dB).

#### 4.3.2.4 Cálculos e Verificações

As características das soluções construtivas necessárias para os diversos cálculos foram consideradas as das soluções construtivas melhoradas apresentadas no capítulo 4.2.7.

Nos cálculos e verificações não vão ser realizados para todos os casos acima descritos, mas apenas para o caso mais desfavorável de cada exigência regulamentar, como já indicado anteriormente neste capítulo.

A sequência de cálculo utilizada foi iniciar pela estimativa de  $R_w$  para depois quantificar os índices  $D_{nT,w}$  e  $D_{2m,nT,w}$ .

- Estimativa de  $R_w$ :

Esta estimativa foi realizada pela lei da massa e pelo método de Sharp.

Tabela 4.18 – Cálculo do  $R_w$  – Lei da Massa

<b>Parede Exterior Opaca</b>			
<b>Material</b>	<b>Espessura (m)</b>	<b>Massa Volúmica (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Massa (kg/m<sup>2</sup>)</b>
Mosaico	0,015	1000	-
Granito	0,58	2500	1650
Reboco	0,04	1800	72
Placa KNAUF	0,0125	720	-
	0,05	15	-
<b>Total</b>			<b>1722</b>
<b>Rw (dB)</b>			<b>70</b>
<b>Parede Interior – Sala / Circulação de Escadas</b>			
<b>Material</b>	<b>Espessura (m)</b>	<b>Massa Volúmica (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Massa (kg/m<sup>2</sup>)</b>
Tabique	0,12	435	52,2
Lã Mineral	0,05	100	-
Gesso Cartonado	0,025	750	18,8
Placa KNAUF	0,0125	720	-
	0,03	15	-
<b>Total</b>			<b>71</b>
<b>Rw (dB)</b>			<b>41</b> (38+3 lâ mineral)
<b>Parede entre Frações</b>			
<b>Material</b>	<b>Espessura (m)</b>	<b>Massa Volúmica (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Massa (kg/m<sup>2</sup>)</b>
Granito	0,6	2600	1560
Reboco	0,04	1800	72
Placa KNAUF	0,0125	720	-
	0,03	15	-
<b>Total</b>			<b>1632</b>
<b>Rw (dB)</b>			<b>70</b>
<b>Pavimento</b>			
<b>Material</b>	<b>Espessura (m)</b>	<b>Massa Volúmica (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Massa (kg/m<sup>2</sup>)</b>
Viga - Madeira	0,3	750	103
Lã Mineral	0,05	100	-
Gesso Cartonado	0,015	750	-
Soalho Madeira	0,02	750	-
<b>Total</b>			<b>103</b>
<b>Rw (dB)</b>			<b>42</b> (39+3 lâ mineral)

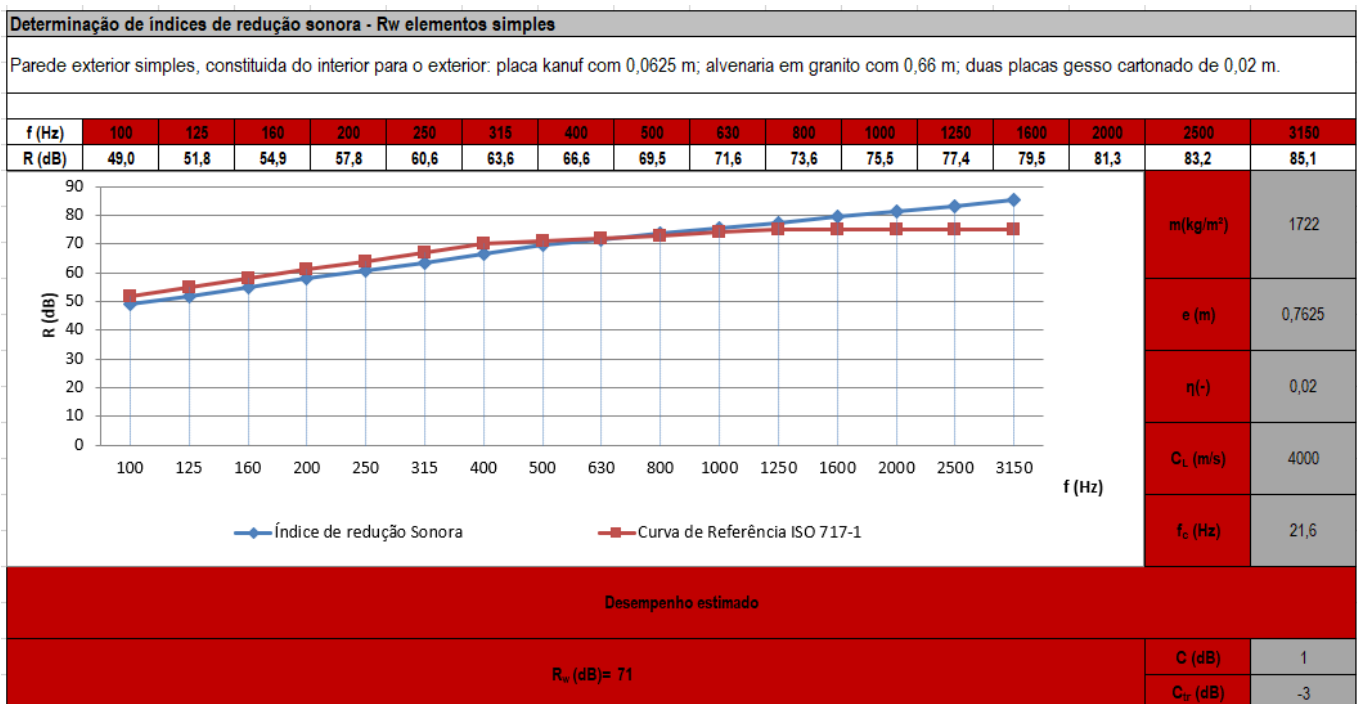
A massa total do pavimento foi calculada da seguinte forma considerando todas as massas:

$$\text{Massa pavimento} = \frac{0,3 \times 0,3 \times 750 + 0,025 \times 750 \times 0,8}{0,8 \times 1} = 103 \text{ kg/m}^2$$

Vamos também calcular pelo método de Sharp e para isso foi utilizada uma folha de cálculo fornecida pelo gabinete onde foi realizado o estágio.

A tabela abaixo foi extraída do programa de cálculo é relativo à parede exterior.

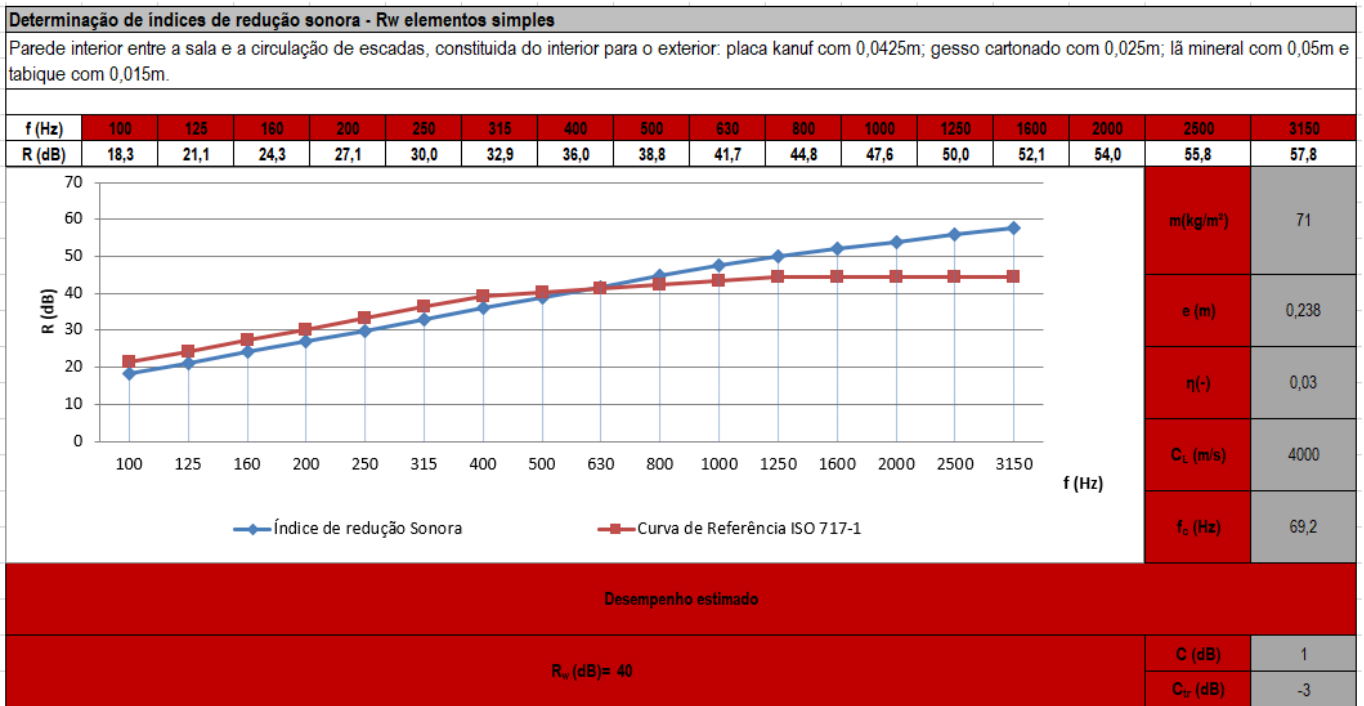
Tabela 4.19 – Cálculo do  $R_w$  – Método de Sharp – Parede Exterior



Para a parede exterior foram consideradas as massas dos elementos que a constituem, a respetiva espessura, o valor do fator de perdas foi considerado para o elemento mais significativo. Obtendo assim um  $R_w$  de 71dB o que não difere muito da lei da massa.

A tabela abaixo foi retirada do programa de cálculo é relativo à parede interior.

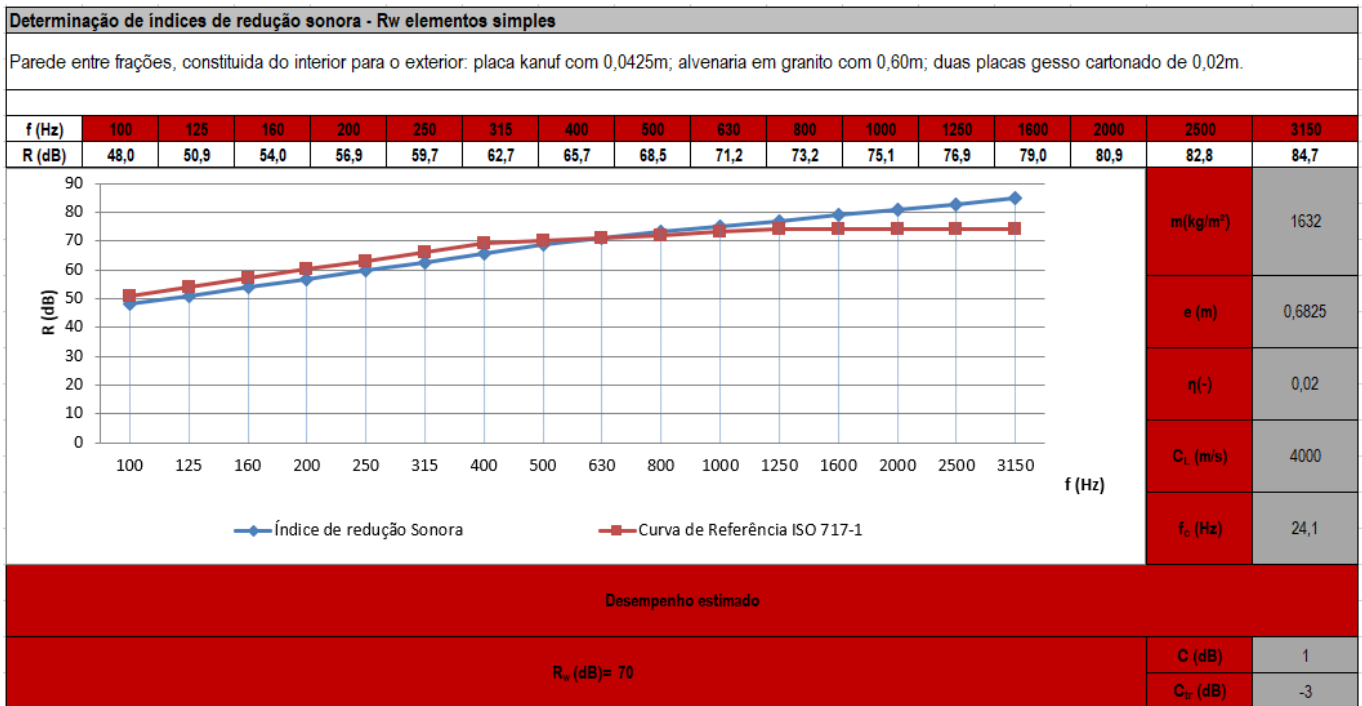
Tabela 4.20 – Cálculo do  $R_w$  – Método de Sharp – Parede Interior



Para a parede interior entre a sala e a circulação de escadas foram consideradas as massas dos elementos que a constituem, a respetiva espessura, o valor do fator de perdas foi considerado para o elemento mais significativo. Obtendo assim um  $R_w$  de 40dB o que não difere muito da lei da massa que dá 41dB.

A tabela abaixo foi retirada do programa de cálculo é relativo à parede interior entre frações.

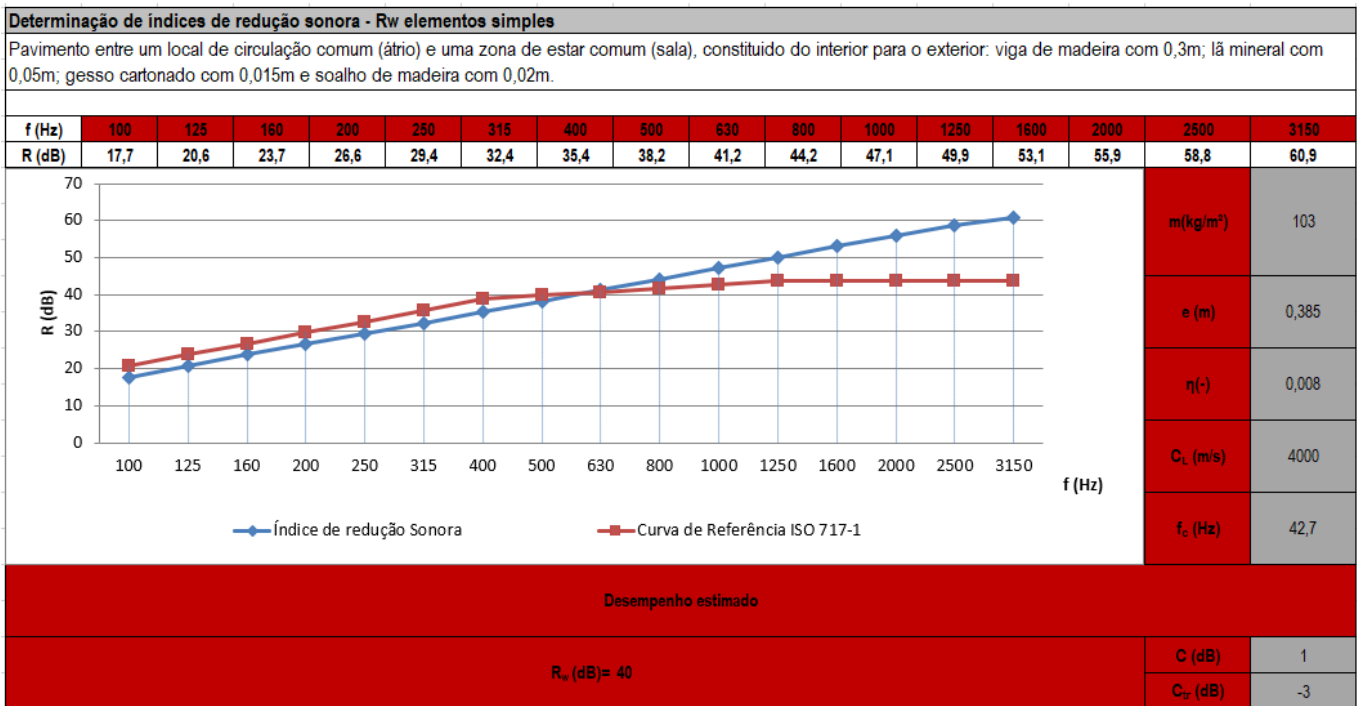
Tabela 4.21 – Cálculo do  $R_w$  – Método de Sharp – Parede entre Frações



Para a parede entre frações foram consideradas as massas dos elementos que a constituem, a respetiva espessura, o valor do fator de perdas foi considerado para o elemento mais significativo. Obtendo assim um  $R_w$  de 70dB dá o mesmo resultado da lei da massa que dá 70dB.

A figura abaixo foi retirada do programa de cálculo é relativo ao pavimento.

Tabela 4.22 – Cálculo do  $R_w$  – Método de Sharp – Pavimento



Para o pavimento entre um local de circulação comum e uma zona de estar comum, no nosso caso o átrio e a sala respetivamente, foram considerados as massas dos elementos que a constituem, a respetiva espessura, o valor do fator de perdas foi considerado para o elemento mais significativo. Obtendo assim um  $R_w$  de 40dB o que não difere muito da lei da massa que dá 42dB.

- **Estimativa de  $D_{2m,nT,w}$ :**

O cálculo do isolamento conferido pela envolvente exterior dependerá apenas o isolamento sonoro proporcionado pelas paredes e pelos vãos envidraçados (a norma EN 12354-3 permite a não contabilização do isolamento das caixilharias, sendo a muito complexo o seu cálculo, desde que se considere essa área como área de envidraçado). Assim, o limite regulamentar deverá ser verificado para a situação mais gravosa.

Os valores obtidos para os elementos envidraçados foram obtidos através da consulta de catálogos de fornecedores. As caixilharias escolhidas deverão respeitar os valores do índice de redução sonora utilizados neste projeto de condicionamento acústico.

O caso mais desfavorável é a parede exterior da fração 3, do piso 0.

Tabela 4.23– Índice de isolamento sonoro a sons aéreos  $D_{2m,nT,w}$  – Método da Lei da Massa

Piso / Fração	Compartimento Recetor/Emissor	Pé direito (m)	Elemento Separador A(m2)	V (m3)	Parede Opaca A (m2)	Envidraçado A(m2)	% Área Envidraçado	Rw Parede Exterior (dB)	Rw Envidraçado (dB)	Rw Conjunto (dB)	T0 (s)	$D_{2m,nT,w}$ (dB)	$D_{2m,nT,w}$ mínimo (dB)	Verificação
0 / F3	Sala / Exterior	3,25	15,80	99,61	19,34	3,90	25%	70	44	50	0,5	53	≥ 34	<b>Verifica</b>

- **Estimativa de  $D_{nT,w}$**

Parede entre as duas salas da fração, do piso 9 e da fração 10, do piso 1:

Tabela 4.24– Índice de isolamento sonoro a sons aéreos  $D_{nT,w}$  – Paredes

Piso / Fração	Compartimento Emissor / Recetor	Pé direito (m)	Elemento Separador A(m2)	V (m3)	Parede Opaca A(m2)	Rw Parede (dB)	T0 (s)	TM	$D_{nT,w}$ (dB)	$D_{nT,w}$ mínimo (dB)	Verificação
1/F9/F10	Sala / Sala	3,68	26,31	121,37	26,31	70	0,5	5	67	≥ 50	<b>Verifica</b>

Pavimento entre as duas salas da fração, do piso 9 e da fração 10, do piso 1:

Tabela 4.25– Índice de isolamento sonoro a sons aéreos  $D_{nT,w}$  – Pavimentos

Piso / Fração	Compartimento Emissor / Recetor	Pé direito (m)	Elemento Separador A(m2)	V (m3)	Pav Opaca A(m2)	Rw Pav (dB)	T0 (s)	TM	$D_{nT,w}$ (dB)	$D_{nT,w}$ mínimo (dB)	Verificação
1/F10/F12	Sala / Sala	3,68	30,86	113,56	30,86	42	0,5	3	40	≥ 50	<b>Não Verifica</b>

Não é verificada a imposição regulamentar pelo que se deverá considerar uma solução construtiva de correção para que esta exigência seja cumprida. Poderá ser equacionada a colocação de um teto falso em gesso cartonado com lã mineral aplicada no tardo e que garanta um acréscimo de isolamento sonora de pelo menos 10dB.

Parede entre a sala e a circulação de escadas da fração 7, do piso 1:

Tabela 4.26 – Índice de isolamento sonoro a sons aéreos  $D_{nT,w}$  – Paredes

Piso / Fração	Compartimento Emissor / Recetor	Pé direito (m)	Elemento Separador A(m <sup>2</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	Parede Opaca A(m <sup>2</sup> )	Rw Parede (dB)	T0 (s)	TM	DnT,w (dB)	DnT,w mínimo (dB)	Verificação
1/F7	Circulação de Escadas / Sala	3,68	18,07	92,00	18,07	41	0,5	3	40	≥ 48	<b>Não Verifica</b>

Não verifica a imposição regulamentar pelo que se deverá considerar uma solução construtiva de correção para que esta exigência seja cumprida. Poderá ser considerado o aumento do isolamento ou um novo isolante sonoro que garanta um acréscimo de isolamento sonoro de pelo menos 8dB.

Pavimento entre o átrio e a sala da fração 8, do piso 1:

Tabela 4.27– Índice de isolamento sonoro a sons aéreos  $D_{nT,w}$  – Pavimentos

Piso / Fração	Compartimento Emissor / Recetor	Pé direito (m)	Elemento Separador A(m <sup>2</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	Pav Opaca A(m <sup>2</sup> )	Rw Pav (dB)	T0 (s)	TM	DnT,w (dB)	DnT,w mínimo (dB)	Verificação
1/F8	Átrio / Sala	3,68	12,00	44,16	12,00	42	0,5	3	40	≥ 48	<b>Não Verifica</b>

Não verifica a imposição regulamentar pelo que se deverá considerar uma solução construtiva de correção para que esta exigência seja cumprida. Poderá ser considerado o aumento do isolamento ou um novo isolamento que seja melhor acusticamente em pelo menos 8dB.

### 4.3.3 Isolamento a Sons de Percussão

Os sons ou ruídos de percussão são provenientes de choques ou outras solicitações mecânicas aplicadas diretamente nos elementos de construção. Para evitar que este tipo de ruído afete os locais vizinhos é necessário reduzir a quantidade de energia transmitida à estrutura do edifício, esta redução pode ser conseguida de duas formas: aplicação de materiais elásticos e flexíveis sobre o pavimento (revestimentos resilientes) e/ou execução de pavimento flutuante constituído por duas camadas, separadas por material resiliente.

Nos sons de percussão definimos:

- **Nível sonoro de percussão padronizado,  $L'_{nT}$** , nível sonoro médio medido no local de receção ( $L_i$ ), proveniente de uma excitação de percussão normalizada exercida sobre um pavimento, corrigido da influência das condições de reverberação do compartimento recetor;

$$L'_{nT(f)} = L_{i(f)} - 10 \text{ Log} \left( \frac{T_{2(f)}}{T_0} \right) \text{ [dB]} \quad (4.)$$

Tal como foi referido no isolamento sonoro a sons aéreos, isolamento sonoro é variável em função da frequência em estudo, pelo que apresentará diferentes valores no domínio das frequências. No sentido de facilitar os cálculos procurou-se obter um valor único, índice, para o isolamento, embora tal processo acarrete obviamente uma perda de informação. O critério adotado vem descrito na Norma EN ISO 717, parte 1, e consiste em ajustar uma curva de referência à curva do isolamento em estudo. A ordenada da curva de referência correspondente à abcissa dos 500 Hz será o índice de isolamento sonoro cujo símbolo virá acompanhado da letra w (“weighted” – ponderado) -  $L'_{nT,w}$ .

- **Índice de isolamento sonoro a sons de percussão padronizado,  $L'_{nT,w}$**

$$L'_{nT,w} = L'_{n,w} - 10 \log \frac{0,16 \times V}{T_0} \text{ [dB]} \quad (4.)$$

Em que:

$$L'_{n,w} = L_{n,W,eq} - \Delta L_w + \Delta TM$$

$$L_{n,w,eq} = 164 - 35 \log (m)$$

A parcela  $\Delta L_w$  contabiliza o efeito da presença de um revestimento superficial ou da interposição de um elemento resiliente, já a parcela  $\Delta TM$  contabiliza as transmissões marginais. O efeito das transmissões marginais depende da massa superficial do elemento e da massa superficial média dos elementos marginais homogêneos e não revestidos. Assim, o índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea padronizado é dado, com base no método de Cremer, pela seguinte expressão:

$$L'_{nT,w} = 164 - 35 \log (m) - \Delta L_w + \Delta TM - \frac{0,016 \times V}{T_0} \text{ [dB]} \quad (4.)$$

As transmissões marginais foram consideradas consultando a Tabela 4.28 abaixo apresentada. Esta foi retirada do livro “Acústica dos Edifícios” [7].

Tabela 4.28– Transmissão Marginal para os sons de percussão [dB] [7]

**Quadro 6.1**  
Correcção ao valor do índice de isolamento a sons de percussão, devido à transmissão marginal, em dB (Norma EN 12354-2:1998)

Massa superf. do pavimento (kg m <sup>-2</sup> )	Massa superficial média dos elementos marginais (paredes), homogéneos e não-revestidos* (kg m <sup>-2</sup> )								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
100	1	0	0	0	0	0	0	0	0
150	1	1	0	0	0	0	0	0	0
200	2	1	1	0	0	0	0	0	0
250	2	1	1	1	0	0	0	0	0
300	3	2	1	1	1	0	0	0	0
350	3	2	1	1	1	1	0	0	0
400	4	2	2	1	1	1	1	0	0
450	4	3	2	2	1	1	1	1	1
500	4	3	2	2	1	1	1	1	1
600	5	4	3	2	2	1	1	1	1
700	5	4	3	3	2	2	1	1	1
800	6	4	4	3	2	2	2	1	1
900	6	5	4	3	3	2	2	2	2

Para os sons de percussão, o Método do Invariante também se aplica para a quantificação do índice de isolamento a sons de percussão conferido pelos elementos de compartimentação horizontal a partir do conhecimento prévio do valor do índice de isolamento a sons aéreos,  $R_w$ , o qual pode ser obtido com recurso à Lei da Massa aplicada a esse elemento de compartimentação ou a outras modelações com descrição no domínio da frequência.

#### 4.3.3.1 Critérios Regulamentares

Apresenta-se de seguida o quadro resumo dos limites regulamentares relativos aos sons de percussão padronizados aplicados ao estudo do nosso edifício.

Tabela 4.29- Quadro resumo dos limites regulamentares – sons de percussão

<b>Limites Regulamentares relativos a sons de percussão - RRAE</b>	
<p>No interior dos <b>quartos ou zonas de estar dos fogos</b> como locais recetores o <math>L'_{nT,w}</math>, proveniente de uma percussão normalizada sobre <b>pavimentos dos outros fogos ou de locais de circulação comum</b> do edifício, como locais emissores.</p> <p>Artigo 5º, ponto 1, alínea e)</p>	<p><math>L'_{nT,w} \leq 60</math> dB, não aplicável se o local emissor for um caminho de circulação vertical</p>

### 4.3.3.2 Cálculos e Verificações

O cálculo do índice de isolamento sonoro a sons de percussão de projeto  $L'_{nT,w}$  foi calculado segundo o método simplificado da norma EN 12354-2.

Tabela 4.30– Cálculo de  $L'_{nT}$

Pavimento - Percussão				
Material	Espessura (m)	Massa (kg/m <sup>3</sup> )	Massa (kg/m <sup>2</sup> )	Rw (dB)
Viga - Madeira	0,3	750	225	
Lã mineral	0,05	100	-	
Gesso Cartonado	0,015	750	-	
Soalho Madeira	0,02	750	-	
<b>Total</b>			103	94

O cálculo da massa do pavimento é igual à descrita nos sons aéreos.

Tabela 4.31– Índice de isolamento sonoro a sons de percussão -  $L'_{nT,w}$

Piso / Fração	Compartimento Recetor/Emissor	Pé direito (m)	Área Pavimento A(m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	L'n,w (dB)	A0 (m <sup>2</sup> )	T0 (s)	TM	L'nT,w (dB)	L'nT,w máximo (dB)	Verificação
1 / F8	Sala / Átrio	3,68	12,00	44,16	94	10	0,5	0	92,50	≤ 60	Não Verifica

O pavimento da solução melhorada não verifica a nível acústico, a solução passaria por colocar isolamento como aumentar a lã mineral e a colocação de um material resiliente antes do revestimento de pavimento para que haja uma redução em 30 dB.

### 4.3.4 Equipamentos

Entende-se por nível de avaliação padronizado,  $L_{Ar,nT}$ , como sendo o nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, durante um intervalo de tempo especificado, adicionado das correções devidas às características tonais e impulsivas do som. O ruído provocado pelos diversos equipamentos, mais concretamente a sua vibração, tende a ser agravado quando em contacto com a estrutura.

Tabela 4.32– Quadro resumo dos limites regulamentares relativos aos equipamentos

<b>Limites Regulamentares relativos a sons de percussão, equipamentos - RRAE</b>	
<p>No interior dos <b>quartos e zonas de estar</b> dos fogos, o nível de avaliação <math>L_{Ar,nT}</math>, do <b>ruído particular de equipamento coletivos do edifício, tais como ascensores, grupos hidropressores, sistemas centralizados de ventilação mecânica, automatismos de portas de garagem, postos de transformação de corrente elétrica e instalações de escoamento de águas.</b></p> <p style="text-align: center;">Artigo 5º, ponto 1, alínea h) i)</p>	<p><math>L_{Ar,nT} \leq 32</math> dB, funcionamento do equipamento for intermitente</p> <p><math>L_{Ar,nT} \leq 27</math> dB, funcionamento do equipamento for contínuo</p> <p><math>L_{Ar,nT} \leq 40</math> dB, funcionamento for um grupo gerador elétrico de emergência</p>

No caso do edifício em estudo não possui nenhum equipamento que seja alvo de estudo acústico.

#### 4.4 COMPATIBILIZAÇÃO DAS EXIGÊNCIAS TÉRMICAS E ACÚSTICAS

Analisando todos parâmetros térmicos e acústicos podemos compatibilizar as exigências de ambas as especialidades.

Foram comparadas as soluções apresentadas no 4.2.7, versão melhorada, com as exigências pelo cumprimento dos requisitos acústicos definidos no RRAE. Assim, constatou-se que algumas das soluções necessitariam de ser compatibilizadas, por forma a cumprirem todos os requisitos nomeadamente:

- Parede entre um local de circulação comum e uma zona de estar do fogo: a solução proposta na térmica contemplava-se tabique, lã mineral com 5cm, duas placas de gesso cartonado e a placa tipo knauf – será necessário aumentar a espessura de lã mineral por forma a obter um incremento de isolamento sonoro de 8 dB. Note-se que com este aumento de isolamento poderia já não ser necessário aplicar a placa tipo knauf;
- Pavimento entre fogos: este pavimento não tem de cumprir nenhuma exigência térmica, no entanto a solução proposta de pavimento com soalho e vigas de madeira com 5cm de lã mineral e gesso cartonado terá de ver o seu isolamento incrementado em 10 dB, por exemplo com um aumento da espessura de lã mineral e a colocação de um teto acústico. Para garantir o cumprimento das exigências relativas ao isolamento sonoro a sons de percussão, esta mesma solução terá de ver o ser isolamento melhorado em 30 dB, o que implica provavelmente a utilização de um revestimento de

piso resiliente ou uma camada resiliente sob o revestimento de piso. Note-se que esta alteração terá implicações no desempenho térmico das frações.

Conclui-se, assim, que por vezes as soluções construtivas adotadas na térmica não são suficientes para verificar os requisitos acústicos, sendo estes últimos na maior parte dos casos os mais exigentes.



## CAPÍTULO 5

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente relatório é o culminar do trabalho de um semestre que foi realizado como estágio na empresa Becertif, onde foi possível pôr em prática alguns conhecimentos obtidos no decorrer da formação académica e obter experiência profissional. Foi importante estar em contacto com outros projetos, com outras pessoas da mesma área e foi sem dúvida uma mais valia a oportunidade de estar em ambiente empresarial. As diversas especialidades que a empresa trabalha permitiram um alargar de conhecimentos e uma preparação para o futuro a nível pessoal e profissional.

O projeto utilizado neste relatório fez parte de um dos projetos de especialidades executados na empresa. Como estudo de caso de reabilitação de um edifício de habitação, foi importante estudar o seu desempenho térmico para três soluções construtivas distintas e perceber quais as implicações construtivas e de comportamento térmico que as três simulações apresentavam em relação à solução original. A solução melhorada foi conseguida por forma a cumprir as imposições regulamentares da térmica o que não a torna numa solução otimizada. Para essa mesma solução foram realizadas verificações dos requisitos acústicos onde se constatou que algumas não estavam regulamentares e obrigavam à colocação de mais isolamento, o que poderia alterar, ou não, os resultados do desempenho térmico.

A principal dificuldade durante a realização deste relatório foi no estudo de desempenho acústico, por esta matéria ser mais complexa e não ter sido tão desenvolvida durante a formação académica. O desempenho acústico, mesmo realizado por métodos simplificados, revelou-se em muitos casos mais exigente que a térmica.

Ao reabilitar é fundamental ter consciência de soluções construtivas adequadas tendo em conta a sustentabilidade, o nível de conforto térmico e acústico dos edifícios que poderão resultar em menores consumos energéticos, menor ocorrência de condensações, benefícios económicos resultantes do menor consumo energético, melhor qualidade do ar interior, menores impactos ambientais com a utilização deste e sobretudo mais conforto dos seus ocupantes.

Como desenvolvimento futuro poderia ser estudado uma solução otimizada, que tivesse em conta os requisitos térmicos como os de acústica e que verificasse as novas exigências das necessidades de energia

quase nulas, uma solução a pensar no conforto dos utilizadores e no custo de utilização durante a vida útil do edifício.


## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Aguiar, J., Cabrita, A.M., Appleton, J. Anexo I – Conceitos fundamentais. In Guião de Apoio à reabilitação de edifícios habitacionais, p. A.I-2, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1993.
- [2] Paiva, J. V., Aguiar, J., Pinho, A. Guia Técnico de Reabilitação Habitacional. Volume 1, 1ª edição, Instituto Nacional de Habitação, e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 2006.
- [3] Guia de termos de referência para o desempenho energético-ambiental - 2ª edição – Reabilitação de Edifícios do Centro Histórico do Porto – Porto Vivo (Sociedade de Reabilitação Urbana) – Ade Porto (Agência de Energia do Porto).
- [4] Freitas, Coordenação Vasco Peixoto. Manual de apoio ao projecto de reabilitação de edifícios antigos.s.l. : Ordem dos Engenheiros - Região Norte.
- [5] Maia, Eliana. Análise do Desempenho Térmico de Soluções Construtivas na Reabilitação de Edifícios de Habitação. Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2018.
- [6] Norma NP 1037-1, 2002 – Ventilação Natural.
- [7] Patrício J. Acústica nos Edifícios. 5ª Edição. Agosto 2008.
- [8] Portugal Passive House. Homegrid Portugal. [Online] <http://passivhaus.pt/sobre?m=2>.
- [9] Câmara Municipal do Porto. [Online] <http://www.cm-porto.pt/gestao-de-ruído/planeamento-estrategico>.
- [10] Despacho (extrato) nº 15793-D/2013. Diário da República, 2.ª série – Nº 234-3 de dezembro de 2013. pp. 35088-(13).
- [11] Despacho (extrato) nº 15793-F/2013. Diário da República, 2.ª série – Nº 234-3 de dezembro de 2013. pp. 35088-(26) a 35088-(31).
- [12] Despacho (extrato) nº 15793-H/2013. Diário da República, 2.ª série – Nº 234-3 de dezembro de 2013. pp. 35088-(36) a 35088-(40).
- [13] Despacho (extrato) nº 15793-I/2013. Diário da República, 2.ª série – Nº 234-3 de dezembro de 2013. pp. 35088-(41) a 35088-(54).
- [14] Despacho (extrato) nº 15793-J/2013. Diário da República, 2.ª série – Nº 234-3 de dezembro de 2013. pp. 35088-(55) a 35088-(57).


- [15] Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013. Diário da República, 2.ª série – N.º 234-3 de dezembro de 2013. pp. 35088-(58) a 35088-(87).
- [16] Portaria n.º 379-A/2015, de 22 de outubro. Diário da República, 1.ª série – N.º207-22 de outubro 2015.
- [17] Portaria n.º 349-B/2013, de 29 de novembro. Diário da República, 1.ª série – N.º232-29 de novembro 2013.
- [18] Portaria n.º 349-C/2013, de 2 de dezembro. Diário da República, 1.ª série-N.º233-2 de dezembro de 2013
- [19] Portaria n.º 98/2019, de 2 de abril. Diário da República, 1.ª série-N.º65-2 de abril de 2019. pp. 1816 a 1818.
- [20] LNEC, Carlos A. Pina dos Santos (Investigador principal, LNEC); Luís Matias (Assistente de investigação, LNEC). ITE 50 – Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios, Lisboa: LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2006.
- [21] Martins da Silva, P. – Acústica de edifícios. Lisboa, LNEC, 1978. Informação Técnica de Edifícios. ITE8.
- [22] Patrício, J.V – Isolamento sonoro a sons aéreos e de percussão. Metodologias de caracterização. Lisboa, LNEC, 1999. Informação Técnica de Edifícios. ITE 45.

## **ANEXO I - FOLHAS DE CÁLCULO LNEC - RENOVAÇÃO DE AR**

• Solução Existente

 <b>LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL</b>		<b>Aplicação LNEC Ventilação REH e RECS</b>		Aplicação desenvolvida por: Armando Pinto. apinto@lnecc.pt  Ferramenta de cálculo citada no n.º3, do ponto 12.1, do despacho n.º 15793-K/2013.	
Pinto, A. - Aplicação LNEC para Ventilação no âmbito do REH e RECS. Lisboa, LNEC, 2018, v2.0b, 2018-04-20					
<b>1. Enquadramento do edifício</b>					
Tipo de edifício	Habitação existente			Área útil (m <sup>2</sup> ):	37,1
Local (município)	Porto			Pd (m):	3,68
Região	B			N.º de pisos da fração	1
Rugosidade	1			Velocidade vento	Defeito REH
Altitude do local (m)	26			Vento (u10REH: 3,6) (m/s)	
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	1			Vol (m <sup>3</sup> ):	136
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?	Sim			Texteior (°C)	10,4
Altura do edifício (H <sub>edif</sub> ) em m	6			Zref (m)	94
Altura da fração (H <sub>Fa</sub> ) em m	3,68			Aenv/Au:	20%
Altura do obstáculo situado em frente (H <sub>obsa</sub> ) em m	6			Proteção do edifício:	<b>Protegido</b>
Distância ao obstáculo situado em frente (D <sub>obsa</sub> ) em m	5			Zona da fachada:	<b>Inferior</b>
<b>2. Permeabilidade ao ar da envolvente</b>					
Foi medido valor n50	Não				
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:	Janelas	Porta			
Área dos vãos (m <sup>2</sup> )	7,32	0		0	0
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)	Sem classificação	Sem classificação		Sem classificação	Sem classificação
Permeabilidade ao ar das caixas de estore	Não tem	Não tem		Não tem	Não tem
<b>3. Aberturas de admissão de ar na envolvente</b>					
Tem aberturas de admissão de ar na envolvente	Não				
Tipo de abertura					
Área livre das aberturas fixas (cm <sup>2</sup> ) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m <sup>3</sup> /h)					
<b>4. Condutas de ventilação natural, condutas com exaustores/ventax que não obturam o escoamento de ar pela conduta</b>					
Condutas de ventilação natural sem obstruções significativas (por exemplo, consideram-se obstruções significativas exaustores com filtros que anulam escoamento de ar natural para a conduta)	Sim	Não	Não	Não	
Escoamento de ar	Exaustão				
Perda de carga	Baixa				
Altura da conduta (m)	5,32				
Cobertura	Inclinada (>30°)				
Número de condutas semelhantes	1				
<b>5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado</b>					
Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)	Não				
Escoamento de ar					
Caudal nominal (m <sup>3</sup> /h)					
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento					
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador(%)					
Tem sistema de recuperação de calor					
Rendimento da recuperação de calor (%)					
<b>6. Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (&lt; 20 Pa)</b>					
Existem meios híbridos	Não				
Escoamento de ar					
Caudal nominal (m <sup>3</sup> /h)					
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento					
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador(%)					
<b>7. Verão - Recuperador de calor</b>					
<b>8. Resultados</b>					
<b>8.1 - Balanço de Energia - Edifício</b>					
R <sub>pu,i</sub> (h-1) - Aquecimento	0,52			ok	
R <sub>pu,e</sub> (h-1) - Arrefecimento	0,60				
Wvm (kWh)	0,0				
<b>8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência</b>					
R <sub>pu,REF</sub> (h-1)	0,52				
<b>8.3 - Caudal mínimo de ventilação</b>					
Rph estimada em condições nominais (h-1)	0,52				
Requisito mínimo de ventilação Edif. Novos (h-1)	0,40				
Critério Rph mínimo	<b>Satisfatório</b>				
Nota: No Cálculo de Rph min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.					
				Técnico:	
				Data:	24/06/2019

• Solução Reabilitada

 <b>LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL</b>		<b>Aplicação LNEC Ventilação REH e RECS</b>		Aplicação desenvolvida por: Armando Pinto, apinto@lnec.pt  Ferramenta de cálculo citada no n.º3, do ponto 12.1, do despacho n.º 15793-K/2013.	
Pinto, A. - Aplicação LNEC para Ventilação no âmbito do REH e RECS. Lisboa, LNEC, 2018. v2.0b, 2018-04-20					
<b>1. Enquadramento do edifício</b>					
Tipo de edifício	Habitação_novo_ou_grande_reabilitação			Área útil (m2):	37,1
Local (município)	Porto			Pd (m):	3,68
Região	B			N.º de pisos da fração	1
Rugosidade	1			Velocidade vento	Defeito REH
Altitude do local (m)	26			Vento (u10REH: 3,6) (m/s)	
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	1			Vol (m3):	136
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?	Sim			Texterior (°C)	10,4
Altura do edifício (H <sub>edif</sub> ) em m	6			Zref (m)	94
Altura da fração (H <sub>Fa</sub> ) em m	3,68			Aenv/Au:	20%
Altura do obstáculo situado em frente (H <sub>obs</sub> ) em m	6			Proteção do edifício:	<b>Protegido</b>
Distância ao obstáculo situado em frente (D <sub>obs</sub> ) em m	5			Zona da fachada:	<b>Inferior</b>
<b>2. Permeabilidade ao ar da envolvente</b>					
Foi medido valor n50	Não				
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:	Janelas	Porta			
Área dos vãos (m2)	7,32	0		0	0
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)	Sem classificação	Sem classificação		Sem classificação	Sem classificação
Permeabilidade ao ar das caixas de estore	Não tem	Não tem		Não tem	Não tem
<b>3. Aberturas de admissão de ar na envolvente</b>					
Tem aberturas de admissão de ar na envolvente	Não				
Tipo de abertura					
Área livre das aberturas fixas (cm2) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m3/h)					
<b>4. Condutas de ventilação natural, condutas com exaustores/ventax que não obturam o escoamento de ar pela conduta</b>					
Condutas de ventilação natural sem obstruções significativas (por exemplo, consideram-se obstruções significativas exaustores com filtros que anulam escoamento de ar natural para a conduta)	Sim	Não	Não	Não	
Escoamento de ar	Exaustão				
Perda de carga	Baixa				
Altura da conduta (m)	5,32				
Cobertura	Inclinada (>30°)				
Número de condutas semelhantes	1				
<b>5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado</b>					
Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)	Sim				
Escoamento de ar	Exaustão	Exaustão	Exaustão	Exaustão	Exaustão
Caudal nominal (m3/h)	100	0	0	0	0
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento	Não	Não	Não	Não	Não
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador(%)					
Tem sistema de recuperação de calor					
Rendimento da recuperação de calor (%)					
<b>6. Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (&lt; 20 Pa)</b>					
Existem meios híbridos					
Escoamento de ar					
Caudal nominal (m3/h)					
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento					
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador(%)					
<b>7. Verão - Recuperador de calor</b>					
<b>8. Resultados</b>					
<b>8.1 - Balanço de Energia - Edifício</b>					
R <sub>sp,h</sub> (h-1) - Aquecimento	0,73				
R <sub>sp,v</sub> (h-1) - Arrefecimento	0,73				
Wvm (kWh)	262,8				
<b>8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência</b>					
R <sub>sp,h</sub> REF (h-1)	0,60				
<b>8.3 - Caudal mínimo de ventilação</b>					
Rph estimada em condições nominais (h-1)	0,73				
Requisito mínimo de ventilação (h-1)	0,40				
Critério Rph mínimo	<b>Satisfatório</b>				
Nota: No Cálculo de Rph min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.					
				Técnico:	
				Data:	24/06/2019

• Solução Melhorada

 <b>LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL</b>		<b>Aplicação LNEC</b> <b>Ventilação REH e RECS</b>		Aplicação desenvolvida por: Armando Pinto, apinto@lnec.pt  Ferramenta de cálculo citada no n.º3, do ponto 12.1, do despacho n.º 15793-K/2013.	
Pinto, A. - Aplicação LNEC para Ventilação no âmbito do REH e RECS. Lisboa, LNEC, 2018. v2.0b, 2018-04-20					
<b>1. Enquadramento do edifício</b>					
Tipo de edifício		Habitação_novo_ou_grande_reabilitação		Área útil (m2):	
Local (município)		Porto		37,1	
Região		B		Pd (m):	
Rugosidade		I		3,68	
Altitude do local (m)		20		N.º de pisos da fração	
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)		1		1	
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?		Sim		Velocidade vento	
Altura do edifício (H <sub>edif</sub> ) em m		6		Defeito REH	
Altura da fração (H <sub>f,a</sub> ) em m		3,68		Vento (u10REH: 3,6) (m/s)	
Altura do obstáculo situado em frente (H <sub>obs</sub> ) em m		6		Vol (m3):	
Distância ao obstáculo situado em frente (D <sub>obs</sub> ) em m		5		136	
				T <sub>exterior</sub> (°C)	
				10,4	
				Z <sub>ref</sub> (m)	
				94	
				A <sub>env</sub> /A <sub>u</sub> :	
				20%	
				Proteção do edifício:	
				Protegido	
				Zona da fachada:	
				Inferior	
<b>2. Permeabilidade ao ar da envolvente</b>					
Foi medido valor n50		Não			
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:		Janelas		Porta	
Área dos vãos (m2)		7,32		0	
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)		4		Sem classificação	
Permeabilidade ao ar das caixas de estore		Não tem		Não tem	
<b>3. Aberturas de admissão de ar na envolvente</b>					
Tem aberturas de admissão de ar na envolvente		Sim			
Tipo de abertura		Fixa ou regulável manualmente		Auto-regulável a 2 Pa	
Área livre das aberturas fixas (cm2) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m3/h)		174		0	
				Auto-regulável a 10 Pa	
				Auto-regulável a 20 Pa	
<b>4. Condutas de ventilação natural, condutas com exaustores/ventax que não obturam o escoamento de ar pela conduta</b>					
Condutas de ventilação natural sem obstruções significativas (por exemplo, consideram-se obstruções significativas exaustores com filtros que anulam escoamento de ar natural para a conduta)		Sim		Não	
Escoamento de ar		Exaustão		Não	
Perda de carga		Média			
Altura da conduta (m)		5,32			
Cobertura		Inclinada (>30°)			
Número de condutas semelhantes		2			
<b>5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado</b>					
Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)		Não			
Escoamento de ar					
Caudal nominal (m3/h)					
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento					
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador(%)					
Tem sistema de recuperação de calor					
Rendimento da recuperação de calor (%)					
<b>6. Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (&lt; 20 Pa)</b>					
Existem meios híbridos		Não			
Escoamento de ar					
Caudal nominal (m3/h)					
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento					
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador(%)					
<b>7. Verão - Recuperador de calor</b>					
<b>8. Resultados</b>					
<b>8.1 - Balanço de Energia - Edifício</b>					
R <sub>ph,i</sub> (h-1) - Aquecimento		0,55		ok	
R <sub>ph,v</sub> (h-1) - Arrefecimento		0,60			
W <sub>vm</sub> (kWh)		0,0			
<b>8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência</b>					
R <sub>ph,i,REF</sub> (h-1)		0,55			
<b>8.3 - Caudal mínimo de ventilação</b>					
R <sub>ph</sub> estimada em condições nominais (h-1)		0,55			
Requisito mínimo de ventilação (h-1)		0,40			
Critério R <sub>ph</sub> mínimo		Satisfatório			
Nota: No Cálculo de R <sub>ph</sub> min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.					
				Técnico: _____	
				Data: 24/06/2019	

## **ANEXO II - FOLHAS DE CÁLCULO – DESEMPENHO TÉRMICO**



REH - Fichas de cálculo  
REGULAMENTO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO (REH)  
(alínea g) do n.º 1.3)

Folha de Cálculo A TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO			
A.1 - ENVOLVENTE EXTERIOR			
ELEMENTOS OPACOS EXTERIORES	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
Paredes Exteriores N	15,11	2,21	33,39
Paredes Exteriores N	16,95	2,21	37,46
TOTAL			70,85

VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
Sala e Cozinha N	7,32	5,10	37,33
TOTAL			37,33

PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comp. B m	Ψ W/m.°C	Ψ.B W/°C
Fachada com os pavimentos ext ou sobre ENU	5,10	0,35	1,79
Fachada com pavimentos intermédios	5,56	0,50	2,78
Fachada com cobertura inclinada ou terraço	10,69	1,00	10,69
Fachada com varanda	0,00	0,00	0,00
Duas paredes verticais	0,00	0,00	0,00
Fachada com caixilharia	21,76	0,25	5,44
TOTAL			20,70

Coefficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior H<sub>ext</sub> 128,88 W/°C

A.2 - ENVOLVENTE INTERIOR				
ELEMENTOS OPACOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
Parede para Hall Comum - Cozinha	15,61	2,36	0,50	18,42
Parede para C. Escadas - Cozinha	18,14	1,95	0,90	31,84
Parede para C. Escadas - Sala	4,23	2,36	0,90	8,99
Porta - Hall	2,06	2,56	0,50	2,63
Pavimento sobre o átrio	16	1,79	0,9	25,78
Cobertura para Desvão	37,06	2,75	1	101,92
TOTAL				189,57

VÃOS ENVIDRAÇADOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO- ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
TOTAL				0,00

PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO- ÚTEIS COM $b_{tr} > 0,7$ )	Comp. B m	$\Psi$ W/m. °C	$b_{tr}$	$\Psi.B.b_{tr}$ W/°C
Parede Sala+I.S Pavimento Átrio	5,06	0,35	0,90	1,59
Parede Cozinha Pavimento Intermédio	1,10	0,50	0,90	0,50
Parede Sala+I.S+Cozinha Cobertura	6,20	1,00	1,00	6,20
Duas Paredes verticias	3,68	0,50	0,90	1,66
	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL				9,94

Coefficiente de transferência de calor por transmissão por elementos em contato com espaço não-úteis  $H_{enu}$

199,51	W/°C
--------	------

ELEMENTOS OPACOS EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> . °C	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$ W/°C
Parede para Edifício Adjacente	11,59	2,51	0,60	17,45
TOTAL				17,45

Coefficiente de transferência de calor por transmissão por elementos em contato com edifícios adjacentes  $H_{adj}$

17,45	W/°C
-------	------

#### A.4 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

<b>INVERNO</b>	
coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext}$	128,88 W/°C
(da folha de cálculo A.1)	+
Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{enu} + H_{adj}$	216,97 W/°C
(da folha de cálculo A.2)	+
Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{eoc}$	0,00 W/°C
(da folha de cálculo A.3)	=
Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,i}$	345,85 W/°C
<b>VERÃO</b>	
Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext}$	128,88 W/°C
(da folha de cálculo A.1)	+
Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{enu}$	199,51 W/°C
(da folha de cálculo A.2)	+
Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{eoc}$	0,00 W/°C
(da folha de cálculo A.3)	=
Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,v}$	328,39 W/°C

#### TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

##### A.5 - ENVOLVENTE EXTERIOR

ELEMENTOS OPACOS EXTERIORES	Área A m <sup>2</sup>	Uref W/(m <sup>2</sup> . °C)	U.A W/°C
Paredes exteriores	32,06	0,50	16,03
Pavimentos exteriores	0,00	0,40	0,00
TOTAL			16,03
<b>VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES</b>			
Vãos Envidraçados exteriores Aenv	Área A m <sup>2</sup>	Uref W/(m <sup>2</sup> . °C)	U.A W/°C
Envidraçados exteriores Aenv	7,32	2,80	20,50
TOTAL			20,50

PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comp. B m	$\Psi_{ref}$ W/(m <sup>2</sup> .°C)	$\Psi.B$ W/°C
Fachada (pav.terreo + pav.sobre ext ou LIND + cob + pav int + varanda)	21,35	0,50	10,68
2 Paredes Verticais	0,00	0,40	0,00
Fachada com caixilharia e caixa de estore	21,76	0,20	4,35
<b>TOTAL</b>			<b>15,03</b>

Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior  $H_{ext}$ 

51,55 W/°C

A.6 - ENVOLVENTE INTERIOR				
ELEMENTOS OPACOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO- ÚTEIS OU EDIFÍCIOS ADJACENTES	Área A m <sup>2</sup>	$U_{ref}$ W/m <sup>2</sup> .°C	$b_{tr}$	$U.A.b_{tr}$ W/°C
Parede para Hall Comum - Cozinha	15,61	0,80	0,50	6,24
Parede para C. Escadas - Cozinha	18,14	0,80	0,90	13,06
Parede para C. Escadas - Sala	4,23	0,80	0,90	3,05
Porta - Hall	2,06	0,80	0,50	0,82
Parede para Edifício Adjacente	11,59	0,80	0,60	5,56
Pavimento sobre o átrio	16,00	0,6	0,90	8,64
Cobertura para Desvão	37,06	0,4	1	14,82
<b>TOTAL</b>				<b>52,20</b>

PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO- ÚTEIS COM $b_{tr} > 0,7$ )	Comp. B m	$\Psi_{ref}$ W/m.°C	$b_{tr}$	$\Psi.B.b_{tr}$ W/°C
Parede Sala+I.S Pavimento Átrio	5,06	0,50	0,90	2,28
Parede Cozinha Pavimento intermédio	1,10	0,50	0,90	0,50
Parede Sala+I.S+Cozinha Cobertura	6,20	0,50	1,00	3,10
Duas Paredes verticais	3,68	0,40	0,90	1,32
<b>TOTAL</b>				<b>7,20</b>

Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior  $H_{int REF}$ 

59,40 W/°C

A.8 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO			
Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext REF}$	51,55	W/°C	
(da folha de cálculo A.5)	+		
Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{int REF} + H_{adj REF}$	59,40	W/°C	
(da folha de cálculo A.6)	+		
Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{ecs ref}$	0,00	W/°C	
(da folha de cálculo A.7)	=		
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr REF}$	110,95	W/°C	

Folha de Cálculo B  
TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO

B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

	1	
	-	
Rendimento do sistema de recuperação de calor $\eta_{RC,i}$	<input type="text" value="0"/>	
	x	
Caudal médio diário insuflado $V_{ins}$	<input type="text" value="136,38"/>	m <sup>3</sup> /h
	÷	
	<input type="text" value="70,918016"/>	m <sup>3</sup> /h
	=	
Fator de correção da temperatura para sistemas de recuperação de calor $b_{ve,e}$	<input type="text" value="1,00"/>	
	x	
	0,34	
	x	
Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,i}$	<input type="text" value="0,52"/>	h <sup>-1</sup>
	x	
Área interior útil de pavimento $A_p$	<input type="text" value="37,06"/>	m <sup>2</sup>
	x	
Pé direito médio da fração $P_d$	<input type="text" value="3,68"/>	m
	=	
Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,i}$	<input type="text" value="24,11"/>	W/°C

B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

	1	
	-	
Rendimento do sistema de recuperação de calor $\eta_{RC,v}$	<input type="text" value="0,00"/>	
	x	
Caudal médio diário insuflado $V_{ins}$	<input type="text" value="136,38"/>	m <sup>3</sup> /h
	÷	
	<input type="text" value="70,92"/>	m <sup>3</sup> /h
	=	
Fator de correção da temperatura para sistemas de recuperação de calor $b_{ve,e}$	<input type="text" value="1,00"/>	
	x	
	0,34	
	x	
Taxa nominal da renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,v}$	<input type="text" value="0,60"/>	h <sup>-1</sup>
	x	
Área interior útil de pavimento $A_p$	<input type="text" value="37,06"/>	m <sup>2</sup>
	x	
Pé direito médio da fração $P_d$	<input type="text" value="3,68"/>	m
	=	
Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,v}$	<input type="text" value="27,82"/>	W/°C

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA		
B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO		
Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,I REF}$	$\frac{0,34}{0,52}$	$h^{-1}$
Área interior útil de pavimento $A_p$	$\frac{37,06}{3,68}$	$m^2$
Pé direito médio da fração $P_d$	$\frac{3,68}{24,11}$	$m$
Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,I REF}$	$\frac{24,11}{1}$	$W/°C$

Folha de Cálculo C								
GANHOS TÉRMICOS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO								
C.1 - GANHOS SOLARES								
VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES								
Designação do envidraçado	Orientação	Fator Solar inverno $g_i$	Área $A_w$ $m^2$	Fator de Obstrução $F_{o,i} = F_{o,i} - F_{o,i} - F_{f,i}$	Fração Envidraçada $F_E$	Área efetiva coletora $A_{e,i} = A_w \cdot F_{o,i} \cdot F_E \cdot g_i$ $m^2$	Fator de Orientação $X$	Área Efetiva coletora a Sul $X \cdot A_{e,i}$ $m^2$
Janelas N	N	0,88	7,32	1,00	0,57	3,67	0,27	0,99
TOTAL								0,99

Em nenhum caso o produto  $X_j \cdot F_{o,j} \cdot F_{f,j}$  deve ser menor que 0.27;  
 Para contabilizar o efeito do contorno do vão o produto  $F_{o,i} \cdot F_{f,i}$  deve ser inferior ou igual a 0.9.

VÃOS INTERIORES EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.

Designação do envidraçado	Orientação	Fator Solar inverno $g_{i,INT} - g_{i,ENU}$	Área $A_w$ $m^2$	Fator de Obstrução $F_{o,i} = F_{o,i} - F_{o,i} - F_{f,i}$	Fração Envidraçada $F_{E,INT} - F_{E,ENU}$	Área efetiva coletora $A_{e,i} = A_w \cdot F_{o,i} \cdot F_E \cdot g_i$ $m^2$	Fator de Orientação $X$	Área Efetiva coletora a Sul $X \cdot A_{e,i}$ $m^2$
TOTAL								0

No cálculo de  $g_{i,INT}$  e  $g_{i,ENU}$  não deverão ser considerados os dispositivos de proteção solar móveis sendo considerar-se apenas dispositivos permanentes;  
 Caso não existam quaisquer dispositivos de sombreamento,  $g_i$  será igual ao fator solar do vidro para uma incidência solar normal  $g_{o,v}$ , afetado do fator de seletividade angular  $F_{w,j}$ .

$$\begin{aligned}
 &\text{Área efetiva total equivalente na orientação a Sul } ZX \cdot A_{e,i} = \frac{0,89}{1} \text{ m}^2 \\
 &\text{Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul } G_{sol} = \frac{130}{1} \text{ kWh/(m}^2 \cdot \text{mês)} \\
 &\text{Duração da estação de aquecimento } M = \frac{6,1}{1} \text{ meses} \\
 &= \\
 &\text{Ganhos solares brutos } Q_{sol,i} = \frac{707,54}{1} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

C.2 - GANHOS INTERNOS	
	0.72
Ganhos internos médios $q_{int}$	$\frac{4}{1} \text{ W/m}^2$
Duração da estação de aquecimento M	$\frac{6,1}{1} \text{ meses}$
Área interior útil de pavimento $A_p$	$\frac{37,06}{1} \text{ m}^2$
Ganhos internos brutos $Q_{int,j}$	$= 651,07 \text{ kWh/ano}$
C.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS	
Ganhos solares brutos $Q_{sol,j}$	$707,54 \text{ kWh/ano}$
(da folha de cálculo C.1)	+
Ganhos internos brutos $Q_{int,j}$	$651,07 \text{ kWh/ano}$
(da folha de cálculo C.2)	=
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,j}$	$1358,61 \text{ kWh/ano}$
GANHOS TÉRMICOS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA	
C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA	
Ganhos solares brutos $Q_{sol,j}$	$643,61 \text{ kWh/ano}$
( $G_{sol} \times 0,146 \times 0,15 \times A_p \times M$ )	+
Ganhos internos brutos $Q_{int,j}$	$651,07 \text{ kWh/ano}$
(da folha de cálculo C.2)	=
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,j}$ REF	$1294,68 \text{ kWh/ano}$

Folha de Cálculo D													
GANHOS TÉRMICOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO													
D.1 - GANHOS SOLARES													
VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES													
Designação do Envidraçado	Orientação	Área $m^2$	Tipo de Vidro	Fração Envidraçada $F_k$	Fator Sel. angular $F_{w,v}$	Fração Tempo Prot. Móveis ativos $F_{m,v}$	FS Global Prot. Móveis e Perm. $g_f$	FS Global Prot. Perm. $g_{fp}$	FS de verão $g = F_{m,v} \cdot g_f + (1 - F_{m,v}) \cdot g_{fp}$	Área Efetiva $A_{e,v} = A_w \cdot F_k \cdot g$ $m^2$	Fator de Obstrução $F_{o,v} = F_{h,v} \cdot F_{a,v} \cdot F_{c,v}$	Intensidade da Radiação Isol $kWh/(m^2 \cdot ano)$	$I_{sol} \cdot F_{o,v} \cdot A_e$ $kWh/ano$
Janelas a Norte	N	7,32	S	0,57	0,85	0	0,31	0,75	0,64	2,66	1	220	585,18
TOTAL													585,18

VÃOS INTERIORES EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.														
Designação do Envidraçado	Orientação	Área $m^2$	Tipo de Vidro	Fração Envidraçada $F_k$	Fator Sel. angular $F_{w,v}$	FS de verão do vão interior $g_{v,INT}$	FS de verão do vão do ENU $g_{v,ENU}$	$g_{v,INT} \cdot g_{v,ENU}$	Área Efetiva $A_{e,v} = A_w \cdot F_k \cdot g_{v,INT} \cdot g_{v,ENU}$ $m^2$	Fator de Obstrução $F_{o,v} = F_{h,v} \cdot F_{a,v} \cdot F_{c,v}$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$ $kWh/(m^2 \cdot ano)$	$I_{sol} \cdot F_{o,v} \cdot A_e$ $kWh/ano$		
Admite-se que os elementos opacos do ENU não causam sombreamento ao vão interior, pelo que na ausência de outros sombreamentos o fator de obstrução dos vãos interiores $F_{o,v}$ é igual a 1; caso o vão exterior do ENU não disponha de dispositivos de proteção solar permanentes o fator solar $g_{v,ENU}$ é igual a 1.													TOTAL	0,00

ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA										
PAREDES/COBERTURAS/VÃOS OPACOS EXTERIORES E COBERTURAS SOB DESVÃO	Orientação	Coefficiente de Absorção $\alpha$	Área $A_w$ $m^2$	U $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$	$R_{we}$ $(m^2 \cdot ^\circ C)/W$	Área efetiva $A_e = \alpha \cdot U \cdot A_w \cdot R_{we}$ $m^2$	Fator de Obstrução $F_o = F_{h,e} \cdot F_{a,e} \cdot F_{c,e}$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$ $kWh/(m^2 \cdot ano)$	$I_{sol} \cdot F_o \cdot A_e$ $kWh/ano$	
Parede Norte	N	0,4	15,11	2,21	0,04	0,53	1	220	117,54	
Parede Norte	N	0,4	16,95	2,21		0,60	1	220	131,86	
	S	0	0,00	0,00		0,00	0	0	0,00	
	E	0	0,00	0,00		0,00	0	0	0,00	
Desvão	H	0,4	37,06	2,75		1,63	0,8	800	1043,61	
TOTAL									1293,01	

Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente envidraçada	585,18	kWh/ano
	+	
Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente opaca	1293,01	kWh/ano
	=	
Ganhos Solares brutos $Q_{sol,v}$	1878,19	kWh/ano
<b>D.2 - GANHOS INTERNOS</b>		
Ganhos internos médios $q_{int}$	4	W/m <sup>2</sup>
	x	
Duração da estação de arrefecimento $L_v$	2928	horas
	x	
Área interior útil de pavimento $A_p$	37,06	m <sup>2</sup>
	=	
	-	1000
	=	
Ganhos internos brutos $Q_{int,v}$	434,05	kWh/ano
<b>D.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS</b>		
Ganhos solares brutos $Q_{sol,v}$ (da folha de cálculo D.1)	1878,19	kWh/ano
	+	
Ganhos internos brutos $Q_{int,v}$ (da folha de cálculo D.2)	434,05	kWh/ano
	=	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,v}$	2312,24	kWh/ano
<b>GANHOS TÉRMICOS ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA</b>		
<b>D.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA</b>		
Ganhos internos médios $q_{int}$	4	W/m <sup>2</sup>
	x	
Duração da Estação de Arrefecimento $L_v$	2928	horas
	=	
	-	1000
	+	
Fator solar de verão de referência $g_{v, REF}$	0,43	
	x	
$A_w / A_p$ REF	0,20	
	x	
Radiação solar média de referência $I_{sol, REF}$	490	kWh/(m <sup>2</sup> .ano)
	=	
		53,85 kWh/(m <sup>2</sup> .ano)
	x	
Área interior útil de Pavimento $A_p$	37,06	m <sup>2</sup>
	=	
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v, REF}$	1995,76	kWh/ano

Folha de Cálculo E  
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

E.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

	0,024	
	x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1141	°C.dias
	x	
Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,i}$	345,85	W/°C
(da folha de cálculo A.4)	=	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i}$	9470,70	kWh/ano

E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

	0,024	
	x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1141	°C.dias
	x	
Coefficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,i}$	24,11	W/°C
(da folha de cálculo B.1)	=	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$	660,29	kWh/ano

E.3 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

Inércia do edifício	Forte	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	1358,61	kWh/ano
(da folha de cálculo C.3)	+	
$Q_{tr,i} + Q_{ve,i}$	10130,99	kWh/ano
(das folhas de cálculo E.2 e C.3)	=	
parâmetro $\gamma_i$	0,13	
parâmetro $a_i$	2,6	
Fator de utilização dos ganhos $\eta_i$	1,00	

Ganhos totais úteis

Fator de utilização dos ganhos $\eta_i$	1,00	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	1358,61	kWh/ano
(da folha de cálculo C.3)	=	
Ganhos totais úteis $Q_{gu,i}$	1358,35	kWh/ano

E.4 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i}$	9470,70	kWh/ano
(da folha de cálculo E.1)	+	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$	660,29	kWh/ano
(da folha de cálculo E.2)	-	
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gu,i}$	1358,35	kWh/ano
(da folha de cálculo E.3)	=	
Necessidades anuais na estação de aquecimento	8772,64	kWh/ano
	+	
Área interior útil de pavimento $A_p$	37,06	m <sup>2</sup>
	=	
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_{u,e}$	236,71	kWh/(m <sup>2</sup> .ano)

LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO	
<b>E.5 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA</b>	
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr, REF}$	110,95 W/°C (da folha de cálculo A.8)
+	
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve, REF}$	24,11 W/°C (da folha de cálculo B.3)
=	
Coeficiente de transferência de calor $H_{t,r, REF}$	135,06 W/°C
<b>E.6 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA</b>	
	0,024
x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1141 °C.dias
x	
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr, REF}$	110,95 W/°C (da folha de cálculo A.8)
=	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr, REF}$	3038,31 kWh/ano
<b>E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA</b>	
	0,024
x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1141 °C.dias
x	
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve, REF}$	24,11 W/°C (da folha de cálculo B.3)
=	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve, REF}$	660,29 kWh/ano
<b>E.8 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA</b>	
Ganhos totais úteis	
Fator de utilização dos ganhos $f_{g, REF}$	0,6
x	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g, REF}$	1294,68 kWh/ano (da folha de cálculo C.4)
=	
Ganhos totais úteis $Q_{gu, REF}$	776,81 kWh/ano
<b>E.9 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO</b>	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr, REF}$	3038,31 kWh/ano (da folha de cálculo E.6)
+	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve, REF}$	660,29 kWh/ano (da folha de cálculo E.7)
-	
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gu, REF}$	776,81 kWh/ano (da folha de cálculo E.8)
=	
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	2921,79 kWh/ano
:	
Área interior útil de pavimento $A_p$	37,06 m²
=	
Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_i$	78,84 kWh/m².ano

Folha de Cálculo F  
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,v} \quad \boxed{328,39} \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \text{(da folha de cálculo A.4)} \quad + \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad \boxed{27,82} \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \text{(da folha de cálculo B.2)} \quad = \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,v} \quad \boxed{356,22} \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,v} \quad \boxed{328,39} \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \text{(da folha de cálculo A.4)} \quad \times \\
 &\quad (\theta_{ext,v,ref} - \theta_{ext,v}) \quad \boxed{4,10} \text{ }^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad \boxed{2928} \text{ horas} \\
 &\quad \div \\
 &\quad 1000 \\
 &\quad = \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr,v} \quad \boxed{3942,30} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad \boxed{27,82} \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \text{(da folha de cálculo B.2)} \quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ext,ref} - \theta_{ext,v}) \quad \boxed{4,10} \text{ }^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad \boxed{2928} \text{ horas} \\
 &\quad \div \\
 &\quad 1000 \\
 &\quad = \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{ve,v} \quad \boxed{333,99} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.4 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned}
 &\text{Inércia do edifício} \quad \boxed{\text{Forte}} \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,v} \quad \boxed{2312,24} \text{ kWh/ano} \\
 &\quad \text{(da folha de cálculo D.3)} \quad \div \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,v} + Q_{ve,v} \quad \boxed{4276,29} \text{ kWh/ano} \\
 &\quad \text{(das folhas de cálculo F.2 e F.3)} \quad = \\
 &\quad \text{parâmetro } \gamma \quad \boxed{0,54} \\
 &\quad \text{parâmetro } a \quad \boxed{4,2} \\
 &\text{Fator de utilização dos ganhos } \eta \quad \boxed{0,96}
 \end{aligned}$$

**F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**

$(1 - \eta_v)$	0,04	
	x	
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v}$	2312,24	kWh/ano
(da folha de cálculo D.3)	÷	
Área interior útil de pavimento $A_p$	37,06	m <sup>2</sup>
	=	
Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento $N_{v,e}$	2,79	kWh/(m <sup>2</sup> .ano)

**LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**

**F.6 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA**

Fator de utilização dos ganhos $\eta_{v,REF}$	0,83
---	------

**F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**

$(1 - \eta_{v,REF})$	0,17	
	x	
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v,REF}$	1995,75512	kWh/ano
(da folha de cálculo D.4)	÷	
Área interior útil de pavimento $A_p$	37,06	m <sup>2</sup>
	=	
Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento $N_v$	9,13	kWh/(m <sup>2</sup> .ano)

**Folha de Cálculo G**  
**NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA**

**G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO**

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{u,e}$ kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	$f_i$	Eficiência Nominal $\eta_i$	Fator de Conversão $F_{pui}$ kWh <sub>ep</sub> /kWh	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{u,e} \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh <sub>ep</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)
Resistência Elétrica, classe B	Eletricidade	236,71	1	1,00	2,5	591,79
		<b>TOTAL</b>	<b>1</b>		<b>TOTAL</b>	<b>591,79</b>

**G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO**

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{u,v}$ kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	$f_v$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_v$	Fator de Conversão $F_{puv}$ kWh <sub>ep</sub> /kWh	Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot \delta \cdot N_{u,v} \cdot F_{puv} / \eta_v$ kWh <sub>ep</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)
Ar Condicionado split com permuta ar-ar	Eletricidade	2,79	1	1	3,01	2,5	2,32
		<b>TOTAL</b>	<b>1</b>			<b>TOTAL</b>	<b>2,32</b>

**G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS**

	$M_{AQS}$	80	l		4187	
	x				x	
Número convencional de ocupantes de cada fração n	40	x	2	ocupantes	Aumento de temperatura $\Delta T$	35
	x				x	
Fator de eficiência hídrica	1				Número de dias de consumo	365
	x				dias	
Consumo médio diário de referência $M_{AQS}$	80	=			+	3600000
					+	37,06
					=	m <sup>2</sup>
					=	32,07
						kWh/(m <sup>2</sup> .ano)

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_u/A_p$ kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	fa	Eficiência Nominal $\eta_{ls}$	Fator de Conversão $F_{pu}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia primária $f \cdot \delta \cdot Q_u/A_p \cdot F_{pu} / \eta_{ls}$ kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)
Termoacumulador elétrico	Elettricidade	32,07	1	0,95	2,5	84,40
		TOTAL	1		TOTAL	84,40

**G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA**

Energia anual elétrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica $W_{vm}$	0	kWh/ano
	+	
Área interior útil de Pavimento $A_p$	37,06	m <sup>2</sup>
	x	
Fator de Conversão $F_{pu}$	2,5	kWh <sub>EP</sub> /kWh
	=	
Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação	0,00	kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)

**G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL**

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	$E_{ren}/A_p$ kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	Fator de Conversão $F_{pu}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Energia primária $E_{ren} \cdot F_{pu}$ kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)
Sistema solar térmico para AQS	Solar	0,00	1	0,00
		TOTAL		0,00

**G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA**

Energia primária para aquecimento (da folha de cálculo G.1)	591,79	kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)
	+	
Energia primária para arrefecimento (da folha de cálculo G.2)	2,32	kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)
	+	
Energia primária para a preparação de AQS (da folha de cálculo G.3)	84,40	kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)
	+	
Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica (da folha de cálculo G.4)	0,00	kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)
	-	
Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável (da folha de cálculo G.5)	0,00	kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)
	=	
Necessidades nominais anuais globais de energia primária $N_p$	678,51	kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA						
G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA						
SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{ic}$ kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	$f_i$	Eficiência Nominal $\eta_i$	Fator de Conversão $F_{pui}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)
Sistemas por defeito	eletricidade	78,84	1	1,00	2,50	197,10
		TOTAL	1		TOTAL	197,10

G.8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA						
SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{vc}$ kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	$f_v$	Eficiência Nominal $\eta_v$	Fator de Conversão $F_{pvv}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot \delta \cdot N_{vc} \cdot F_{pvv} / \eta_v$ kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)
Sistemas por defeito	eletricidade	9,13	1	3,01	2,50	7,59
		TOTAL	1		TOTAL	7,59

G.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA						
					$M_{AQS}$	80 l
		40	x			4187
Número convencional de ocupantes de cada fração n	2 ocupantes		x			35 °C
						365 dias
Fator de eficiência hídrica	1					3600000
						37,06 m <sup>3</sup>
Consumo médio diário de referência $M_{AQS}$	80 l					32,07 kWh/(m <sup>2</sup> .ano)
Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS: $Q_u/A_p$						

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_u/A_p$ kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	$f_a$	Eficiência Nominal $\eta_a$	Fator de Conversão $F_{pua}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia primária $f_a \cdot \delta \cdot Q_u/A_p \cdot F_{pua} / \eta_a$ kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)
Sistemas por defeito	eletricidade	32,07	1	0,95	2,50	84,40
		TOTAL	1		TOTAL	84,40

G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento (da folha de cálculo G.7)	197,10	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Energia primária para arrefecimento (da folha de cálculo G.8)	7,59	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Energia primária para a preparação de AQS (da folha de cálculo G.9)	84,40	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária $N_t$	289,09	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano



PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comp. B m	$\Psi$ W/m. °C	$\Psi.B$ W/°C
Fachada com os pavimentos ext ou sobre ENU	5,10	0,35	1,79
Fachada com pavimentos intermédios	5,56	0,50	2,78
Fachada com cobertura inclinada ou terraço	10,69	1,00	10,69
Fachada com varanda	0,00	0,00	0,00
Duas paredes verticais	0,00	0,00	0,00
Fachada com caixilharia	21,76	0,25	5,44
TOTAL			20,70

Coefficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior  $H_{ext}$  112,04 W/°C

A.2 - ENVOLVENTE INTERIOR				
ELEMENTOS OPACOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> . °C	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$ W/°C
Parede para Hall Comum - Cozinha	15,61	0,27	0,50	2,11
Parede para C. Escadas - Cozinha	18,14	1,95	0,90	31,84
Parede para C. Escadas - Sala	4,23	0,58	0,90	2,21
Porta - Hall Comum	2,06	1,60	0,50	1,65
	0,00	0,00	0,00	0,00
Pavimento sobre o átrio	16	0,6	0,9	8,64
	0	0	0	0,00
Cobertura para desvão	37,06	0,4	1	14,82
TOTAL				61,27

PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO- ÚTEIS COM $b_{tr} > 0,7$ )	Comp. B m	$\Psi$ W/m. °C	$b_{tr}$	$\Psi.B.b_{tr}$ W/°C
Parede Sala+I.S Pavimento Átrio	5,06	0,10	0,90	0,46
Parede Cozinha Pavimento Intermédio	1,10	0,60	0,90	0,59
Parede Sala+I.S+Cozinha Cobertura	6,20	1,00	1,00	6,20
Duas Paredes verticias	3,68	0,10	0,90	0,33
	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL				7,58

Coefficiente de transferência de calor por transmissão por elementos em contato com espaço não-úteis  $H_{enu}$  68,85 W/°C

ELEMENTOS OPACOS EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> . °C	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$ W/°C
Parede para Edifício Adjacente	11,59	2,51	0,60	17,45
TOTAL				17,45

Coefficiente de transferência de calor por transmissão por elementos em contato com edifícios adjacentes  $H_{adj}$  17,45 W/°C

**A.4 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO**

<b>INVERNO</b>	
coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext}$	112,04 W/°C (da folha de cálculo A.1)
	+
Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{enu} + H_{adj}$	86,30 W/°C (da folha de cálculo A.2)
	+
Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{ec}$	0,00 W/°C (da folha de cálculo A.3)
	=
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,i}$	198,34 W/°C

<b>VERÃO</b>	
Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext}$	112,04 W/°C (da folha de cálculo A.1)
	+
Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{enu}$	68,85 W/°C (da folha de cálculo A.2)
	+
Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{ec}$	0,00 W/°C (da folha de cálculo A.3)
	=
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,v}$	180,89 W/°C

**TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA**

**A.5 - ENVOLVENTE EXTERIOR**

<b>ELEMENTOS OPACOS EXTERIORES</b>	<b>Área A m<sup>2</sup></b>	<b>Uref W/(m<sup>2</sup>.°C)</b>	<b>U.A W/°C</b>
Paredes exteriores	32,06	0,50	16,03
Pavimentos exteriores	0,00	0,40	0,00
<b>TOTAL</b>			<b>16,03</b>

<b>VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES</b>	<b>Área A m<sup>2</sup></b>	<b>Uref W/(m<sup>2</sup>.°C)</b>	<b>U.A W/°C</b>
Envidraçados exteriores Aenv	7,32	2,80	20,50
<b>TOTAL</b>			<b>20,50</b>

<b>PONTES TÉRMICAS LINEARES</b>	<b>Comp. B m</b>	<b>Ψref W/(m<sup>2</sup>.°C)</b>	<b>Ψ.B W/°C</b>
Fachada (pav.terreo + pav.sobre ext.ou LIND + cob + pav int. + varanda)	21,35	0,50	10,68
2 Paredes Verticais	0,00	0,40	0,00
Fachada com caixilharia e caixa de estore	21,76	0,20	4,35
<b>TOTAL</b>			<b>15,03</b>

Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior  $H_{ext}$  112,04 W/°C

A.6 - ENVOLVENTE INTERIOR				
ELEMENTOS OPAÇOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO- ÚTEIS OU EDIFÍCIOS ADJACENTES	Área A m <sup>2</sup>	U <sub>ref</sub> W/m <sup>2</sup> . °C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/ °C
Parede para Hall Comum - Cozinha	15,61	0,80	0,50	6,24
Parede para C. Escadas - Cozinha	18,14	0,80	0,90	13,06
Parede para C. Escadas - Sala	4,23	0,80	0,90	3,05
Porta - Hall Comum	2,06	0,80	0,50	0,82
Parede para Edifício Adjacente	11,59	0,80	0,60	5,56
	0,00	0,00	0,00	0,00
Pavimento sobre o átrio	16,00	0,6	0,90	8,64
	0,00	0	0,00	0,00
Cobertura para desvão	37,06	0,4	1	14,82
			<b>TOTAL</b>	<b>52,20</b>

VÃOS ENVIDRAÇADOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO- ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U <sub>ref</sub> W/m <sup>2</sup> . °C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/ °C
			<b>TOTAL</b>	<b>0,00</b>

PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO- ÚTEIS COM b <sub>tr</sub> > 0,7)	Comp. B m	Ψ <sub>ref</sub> W/m. °C	b <sub>tr</sub>	Ψ.B.b <sub>tr</sub> W/ °C
Parede Sala+I.S Pavimento Átrio	5,06	0,50	0,90	2,28
Parede Cozinha Pavimento Intermédio	1,10	0,50	0,90	0,50
Parede Sala+I.S+Cozinha Cobertura	6,20	0,50	1,00	3,10
Duas Paredes verticias	3,68	0,40	0,90	1,32
0	0,00	0,00	0,00	0,00
			<b>TOTAL</b>	<b>7,20</b>

Coefficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior Hint REF

59,40 W/ °C

A.8 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO	
Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H <sub>ext REF</sub>	51,55 W/ °C
(da folha de cálculo A.5)	+
Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior H <sub>extUREF</sub> + H <sub>adj REF</sub>	59,40 W/ °C
(da folha de cálculo A.6)	+
Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H <sub>ecs ref</sub>	0,00 W/ °C
(da folha de cálculo A.7)	=
Coefficiente de transferência de calor por transmissão H <sub>tr REF</sub>	110,95 W/ °C

**Folha de Cálculo B**  
**TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO**

**B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO**

	1	
	-	
Rendimento do sistema de recuperação de calor $\eta_{RC,i}$	0	
	x	
Caudal médio diário insuflado $V_{ins}$	136,38	m <sup>3</sup> /h
	+	
$R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d$	99,557984	m <sup>3</sup> /h
	=	
Fator de correção da temperatura para sistemas de recuperação de calor $b_{ve,e}$	1,00	
	x	
	0,34	
	x	
Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,i}$	0,73	h <sup>-1</sup>
	x	
Área interior útil de pavimento $A_p$	37,06	m <sup>2</sup>
	x	
Pé direito médio da fração $P_d$	3,68	m
	=	
Coeficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,i}$	33,85	W/°C

**B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO**

	1	
	-	
Rendimento do sistema de recuperação de calor $\eta_{RC,v}$	0,00	
	x	
Caudal médio diário insuflado $V_{ins}$	136,38	m <sup>3</sup> /h
	+	
$R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d$	99,56	m <sup>3</sup> /h
	=	
Fator de correção da temperatura para sistemas de recuperação de calor $b_{ve,e}$	1,00	
	x	
	0,34	
	x	
Taxa nominal da renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,v}$	0,73	h <sup>-1</sup>
	x	
Área interior útil de pavimento $A_p$	37,06	m <sup>2</sup>
	x	
Pé direito médio da fração $P_d$	3,68	m
	=	
Coeficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,v}$	33,85	W/°C

<b>TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA</b>		
<b>B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO</b>		
Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,i REF}$	$\frac{0,34}{x}$ <input style="width: 100px;" type="text" value="0,73"/>	$h^{-1}$
Área interior útil de pavimento $A_p$	$\frac{x}{37,06}$ <input style="width: 100px;" type="text" value="37,06"/>	$m^2$
Pé direito médio da fração $P_d$	$\frac{x}{3,68}$ <input style="width: 100px;" type="text" value="3,68"/>	$m$
Coeficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,i REF}$	$=$ <input style="width: 100px;" type="text" value="33,85"/>	$W/^\circ C$

Folha de Cálculo C  
GANHOS TÉRMICOS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

**C.1 - GANHOS SOLARES**

VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES								
Designação do envidraçado	Orientação	Fator Solar inverno $g_i$	Área $A_w$ $m^2$	Fator de Obstrução $F_{z,i}=F_{h,i} \cdot F_{o,i} \cdot F_{r,i}$	Fração Envidraçada $F_s$	Área efetiva coletora $A_{e,i}=A_w \cdot F_{z,i} \cdot F_s \cdot g_i$ $m^2$	Fator de Orientação $X$	Área Efetiva coletora a Sul $X \cdot A_{e,i}$ $m^2$
Janelas N	N	0,78	7,32	1,00	0,57	3,25	0,27	0,88
		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL</b>								<b>0,88</b>

*Em nenhum caso o produto  $X_j \cdot F_{h,i} \cdot F_{o,i} \cdot F_{r,i}$  deve ser menor que 0,27;  
Para contabilizar o efeito do contorno do vão o produto  $F_{o,i} \cdot F_{r,i}$  deve ser inferior*

VÃOS INTERIORES EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.

Designação do envidraçado	Orientação	Fator Solar inverno $g_{i,INT} \cdot g_{i,ENU}$	Área $A_w$ $m^2$	Fator de Obstrução $F_{z,i}=F_{h,i} \cdot F_{o,i} \cdot F_{r,i}$	Fração Envidraçada $F_{s,INT} \cdot F_{s,ENU}$	Área efetiva coletora $A_{e,i}=A_w \cdot F_{z,i} \cdot F_s \cdot g_i$ $m^2$	Fator de Orientação $X$	Área Efetiva coletora a Sul $X \cdot A_{e,i}$ $m^2$
	0	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0
<b>TOTAL</b>								<b>0</b>

*No cálculo de  $g_{i,INT}$  e  $g_{i,ENU}$  não deverão ser considerados os dispositivos de proteção solar móveis  
vendo considerar-se apenas dispositivos permanentes;  
Caso não existam quaisquer dispositivos de sombreamento,  $g_i$  será igual ao fator solar do vidro para uma incidência solar normal  $g_{e,VI}$ , afetado do fator de seletividade angular  $F_{w,i}$ .*

Área efetiva total equivalente na orientação a Sul  $\Sigma X \cdot A_{e,i}$    $m^2$

Radição média incidente num envidraçado vertical a Sul  $G_{sul}$    $kWh/(m^2 \cdot \text{mês})$

Duração da estação de aquecimento  $M$   meses

Ganhos solares brutos  $Q_{sol,i}$    $kWh/ano$

**C.2 - GANHOS INTERNOS**

Ganhos internos médios $q_{int}$	$\frac{0,72}{x}$ <input style="width: 100px;" type="text" value="4"/>	$W/m^2$
Duração da estação de aquecimento $M$	$\frac{x}{6,1}$ <input style="width: 100px;" type="text" value="6,1"/>	meses
Área interior útil de pavimento $A_p$	$\frac{x}{37,06}$ <input style="width: 100px;" type="text" value="37,06"/>	$m^2$
Ganhos internos brutos $Q_{int,i}$	$=$ <input style="width: 100px;" type="text" value="651,07"/>	$kWh/ano$

**C.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS**

Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$ (da folha de cálculo C.1)	<input style="width: 100px;" type="text" value="627,13"/>	$kWh/ano$
Ganhos internos brutos $Q_{int,i}$ (da folha de cálculo C.2)	<input style="width: 100px;" type="text" value="651,07"/>	$kWh/ano$
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	$+$ <input style="width: 100px;" type="text" value="1278,20"/>	$kWh/ano$

**GANHOS TÉRMICOS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA**

**C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA**

$$\begin{aligned}
 &\text{Ganhos solares brutos } Q_{sol,i} \quad \boxed{643,61} \text{ kWh/ano} \\
 &(\text{G}_{sol} \times 0,146 \times 0,15 \times A_p \times M) \quad + \\
 &\text{Ganhos internos brutos } Q_{int,i} \quad \boxed{651,07} \text{ kWh/ano} \\
 &(\text{da folha de cálculo C.2}) \quad = \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i} \text{ REF} \quad \boxed{1294,68} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

Folha de Cálculo D

**GANHOS TÉRMICOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO**

**D.1 - GANHOS SOLARES**

VÁOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES

Designação do Envidraçado	Orientação	Área m <sup>2</sup>	Tipo de Vidro	Fração Envidraçada F <sub>e</sub>	Fator Sel. angular F <sub>sel,v</sub>	Fração Tempo Prot. Móveis ativos F <sub>tm,v</sub>	FS Global Prot. Móveis e Perm. g <sub>i</sub>	FS Global Prot. Perm. g <sub>tp</sub>	FS de verão g <sub>v</sub> =F <sub>tm,v</sub> ·g <sub>i</sub> +(1-F <sub>tm,v</sub> )·g <sub>tp</sub>	Área Efetiva A <sub>e,v</sub> =A <sub>v</sub> ·F <sub>e</sub> ·g <sub>v</sub> m <sup>2</sup>	Fator de Obstrução F <sub>ob,v</sub> =F <sub>ob,v</sub> ·F <sub>ob,v</sub> ·F <sub>ob,v</sub>	Intensidade da Radiação I <sub>sol</sub> kWh/(m <sup>2</sup> ·ano)	I <sub>sol</sub> ·F <sub>ob,v</sub> ·A <sub>e</sub> kWh/ano
Janelas a Norte	N	7,32	D	0,57	0,75	0	0,36	0,78	0,59	2,44	0,9	220	483,29
<b>TOTAL</b>													<b>483,29</b>

VÁOS INTERIORES EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.

Designação do Envidraçado	Orientação	Área m <sup>2</sup>	Tipo de Vidro	Fração Envidraçada F <sub>e</sub>	Fator Sel. angular F <sub>sel,v</sub>	FS de verão do vão interior g <sub>v,INT</sub>	FS de verão do vão do ENU g <sub>v,ENU</sub>	g <sub>v,INT</sub> ·g <sub>v,ENU</sub>	Área Efetiva A <sub>e,v</sub> =A <sub>v</sub> ·F <sub>e</sub> ·g <sub>v,INT</sub> ·g <sub>v,ENU</sub> m <sup>2</sup>	Fator de Obstrução F <sub>ob,v</sub> =F <sub>ob,v</sub> ·F <sub>ob,v</sub> ·F <sub>ob,v</sub>	Intensidade da Radiação I <sub>sol</sub> kWh/(m <sup>2</sup> ·ano)	I <sub>sol</sub> ·F <sub>ob,v</sub> ·A <sub>e</sub> kWh/ano
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<b>TOTAL</b>												<b>0,00</b>

*Admite-se que os elementos opacos do ENU não causam sombreamento ao vão interior, pelo que na ausência de outros sombreamentos o fator de obstrução dos vãos interiores F<sub>ob,v</sub> é igual a 1; Caso o vão exterior do ENU não disponha de dispositivos de proteção solar permanentes o fator solar g<sub>v,ENU</sub> é igual a 1.*

**ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA**

PARQUES/COBERTURAS/VÁOS OPACOS EXTERIORES E COBERTURAS SOB DESVÃO	Orientação	Coefficiente de Absorção α	Área A <sub>op</sub> m <sup>2</sup>	U W/(m <sup>2</sup> ·°C)	R <sub>we</sub> (m <sup>2</sup> ·°C)/W	Área efetiva A <sub>e</sub> =0·U·A <sub>op</sub> ·R <sub>we</sub> m <sup>2</sup>	Fator de Obstrução F <sub>ob</sub> =F <sub>ob</sub> ·F <sub>ob</sub> ·F <sub>ob</sub>	Intensidade da Radiação I <sub>sol</sub> kWh/(m <sup>2</sup> ·ano)	I <sub>sol</sub> ·F <sub>ob</sub> ·A <sub>e</sub> kWh/ano
Parede Norte	N	0,4	15,11	2,21	0,04	0,53	1	220	117,54
Parede Norte	N	0,4	16,95	2,21		0,60	1	220	131,06
	S	0,4	0,00	0,00		0,00	1	0	0,00
	E	0,4	0,00	0,00		0,00	1	475	0,00
Cobertura	H	0,4	37,06	0,40		0,24	0,8	800	151,80
<b>TOTAL</b>									<b>401,20</b>

$$\begin{aligned}
 &\text{Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente envidraçada} \quad \boxed{483,29} \text{ kWh/ano} \\
 &+ \\
 &\text{Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente opaca} \quad \boxed{401,20} \text{ kWh/ano} \\
 &= \\
 &\text{Ganhos Solares brutos } Q_{sol,v} \quad \boxed{884,49} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**D.2 - GANHOS INTERNOS**

$$\begin{aligned}
 &\text{Ganhos internos médios } q_{int} \quad \boxed{4} \text{ W/m}^2 \\
 &\times \\
 &\text{Duração da estação de arrefecimento } L_v \quad \boxed{2928} \text{ horas} \\
 &\times \\
 &\text{Área interior útil de pavimento } A_p \quad \boxed{37,06} \text{ m}^2 \\
 &= \\
 &1000 \\
 &= \\
 &\text{Ganhos internos brutos } Q_{int,v} \quad \boxed{434,05} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

**D.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS**

$$\begin{aligned}
 &\text{Ganhos solares brutos } Q_{sol,v} \quad \boxed{884,49} \text{ kWh/ano} \\
 &(\text{da folha de cálculo D.1}) \quad + \\
 &\text{Ganhos internos brutos } Q_{int,v} \quad \boxed{434,05} \text{ kWh/ano} \\
 &(\text{da folha de cálculo D.2}) \quad = \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,v} \quad \boxed{1318,53} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

GANHOS TÉRMICOS ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA	
D.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA	
Ganhos internos médios $q_{int}$	4 $W/m^2$
	x
Duração da Estação de Arrefecimento $L_v$	2928 horas
	=
	- 1000
	+
Fator solar de verão de referência $g_{v, REF}$	0,43
	x
$A_w / A_p$ REF	0,20
	x
Radiação solar média de referência $I_{sol, REF}$	490 $kWh/(m^2 \cdot ano)$
	=
	53,85 $kWh/(m^2 \cdot ano)$
	x
Área interior útil de Pavimento $A_p$	37,06 $m^2$
	=
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v, REF}$	1995,76 $kWh/ano$

Folha de Cálculo E NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO	
E.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO	
	0,024
	x
Número de graus-dias de aquecimento GD	1141 $^{\circ}C \cdot dias$
	x
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,i}$	198,34 $W/^{\circ}C$
	(da folha de cálculo A.4)
	=
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i}$	5431,48 $kWh/ano$
E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR	
	0,024
	x
Número de graus-dias de aquecimento GD	1141 $^{\circ}C \cdot dias$
	x
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{re,i}$	33,85 $W/^{\circ}C$
	(da folha de cálculo B.1)
	=
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{re,i}$	926,94 $kWh/ano$

### E.3 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

Inércia do edifício	Forte	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	1278,20	kWh/ano
(da folha de cálculo C.3)	=	
$Q_{tr,i} + Q_{ve,i}$	6358,42	kWh/ano
(das folhas de cálculo E.2 e C.3)	=	
parâmetro $\gamma$	0,20	
parâmetro $a_i$	2,6	
Fator de utilização dos ganhos $\eta_i$	1,00	

#### Ganhos totais úteis

Fator de utilização dos ganhos $\eta_i$	1,00	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	1278,20	kWh/ano
(da folha de cálculo C.3)	=	
Ganhos totais úteis $Q_{g,u,i}$	1276,99	kWh/ano

### E.4 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i}$	5431,48	kWh/ano
(da folha de cálculo E.1)	+	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$	926,94	kWh/ano
(da folha de cálculo E.2)	-	
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{g,u,i}$	1276,99	kWh/ano
(da folha de cálculo E.3)	=	
Necessidades anuais na estação de aquecimento	5081,43	kWh/ano
	=	
Área interior útil de pavimento $A_p$	37,06	m <sup>2</sup>
	=	
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_k$	137,11	kWh/(m <sup>2</sup> .ano)

### LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

#### E.5 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr, REF}$	110,95	W/°C
(da folha de cálculo A.8)	+	
Coefficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,i, REF}$	33,85	W/°C
(da folha de cálculo B.5)	=	
Coefficiente de transferência de calor $H_{L,i, REF}$	144,80	W/°C

#### E.6 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

	0,024	
	x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1141	°C.dias
	x	
Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr, REF}$	110,95	W/°C
(da folha de cálculo A.8)	=	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i, REF}$	3038,31	kWh/ano

E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA	
	0,024
Número de graus-dias de aquecimento GD	1141 °C.dias
	x
Coefficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,I REF}$	33,85 W/°C
(da folha de cálculo B.3)	=
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,I REF}$	926,94 kWh/ano
E.8 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA	
Ganhos totais úteis	
Fator de utilização dos ganhos $\eta_{I REF}$	0,6
	x
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,I REF}$	1294,68 kWh/ano
(da folha de cálculo C.4)	=
Ganhos totais úteis $Q_{gu,I REF}$	776,81 kWh/ano
E.9 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,I REF}$	3038,31 kWh/ano
(da folha de cálculo E.6)	+
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,I REF}$	926,94 kWh/ano
(da folha de cálculo E.7)	-
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gu,I REF}$	776,81 kWh/ano
(da folha de cálculo E.8)	=
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	3188,45 kWh/ano
	:
Área interior útil de pavimento $A_p$	37,06 m <sup>2</sup>
	=
Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_h$	86,03 kWh/m <sup>2</sup> .ano

Folha de Cálculo F  
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR	
Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,v}$	180,89 W/°C
(da folha de cálculo A.4)	+
Coefficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,v}$	33,85 W/°C
(da folha de cálculo B.2)	=
Coefficiente de transferência de calor $H_{t,v}$	214,74 W/°C
F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO	
Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,v}$	180,89 W/°C
(da folha de cálculo A.4)	x
$(\theta_{ext,v,ref} - \theta_{ext,v})$	4,10 °C
	x
Duração da Estação de Arrefecimento LV	2928 horas
	:
	1000
	=
Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento $Q_{tr,v}$	2171,55 kWh/ano

### F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 & \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad \boxed{33,85} \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 & \quad \text{(da folha de cálculo B.2)} \\
 & \quad (\theta_{v,ext,ref} - \theta_{ext,v}) \quad \boxed{4,10} \text{ }^\circ\text{C} \\
 & \quad \times \\
 & \text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad \boxed{2928} \text{ horas} \\
 & \quad \div \\
 & \quad 1000 \\
 & \quad = \\
 & \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{ve,v} \quad \boxed{406,36} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

### F.4 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned}
 & \text{Inércia do edifício} \quad \boxed{\text{Forte}} \\
 & \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,v} \quad \boxed{1318,53} \text{ kWh/ano} \\
 & \quad \text{(da folha de cálculo D.3)} \\
 & \text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,v} + Q_{ve,v} \quad \boxed{2577,91} \text{ kWh/ano} \\
 & \quad \text{(das folhas de cálculo F.2 e F.3)} \\
 & \quad \div \\
 & \quad \text{parâmetro } \gamma \quad \boxed{0,51} \\
 & \quad \times \\
 & \quad \text{parâmetro } a \quad \boxed{4,2} \\
 & \quad = \\
 & \text{Fator de utilização dos ganhos } \eta \quad \boxed{0,95}
 \end{aligned}$$

### F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned}
 & (1 - \eta_v) \quad \boxed{0,05} \\
 & \quad \times \\
 & \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v} \quad \boxed{1318,53} \text{ kWh/ano} \\
 & \quad \text{(da folha de cálculo D.3)} \\
 & \quad \div \\
 & \quad \text{Área interior útil de pavimento } A_p \quad \boxed{37,06} \text{ m}^2 \\
 & \quad = \\
 & \text{Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_{ve} \quad \boxed{1,65} \text{ kWh/(m}^2\text{.ano)}
 \end{aligned}$$

### LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

#### F.6 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

$$\text{Fator de utilização dos ganhos } \eta_{v,REF} \quad \boxed{0,83}$$

#### F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned}
 & (1 - \eta_{v,REF}) \quad \boxed{0,17} \\
 & \quad \times \\
 & \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v,REF} \quad \boxed{1995,75512} \text{ kWh/ano} \\
 & \quad \text{(da folha de cálculo D.4)} \\
 & \quad \div \\
 & \quad \text{Área interior útil de pavimento } A_p \quad \boxed{37,06} \text{ m}^2 \\
 & \quad = \\
 & \text{Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_v \quad \boxed{9,13} \text{ kWh/(m}^2\text{.ano)}
 \end{aligned}$$





- Solução Melhorada

FICHA n.º 1  
REGULAMENTO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO  
DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO (REH)  
(nos termos da alínea c) do n.º 1.1)

Câmara Municipal de PORTO

Edifício

Empreendimento HabitaçãoMultifamiliar Nº de fracções: 12

Morada: 0

Freguesia: 0 Concelho: PORTO

Tipo de Intervenção:

Edifício Novo: 0 Grande Intervenção: X

(a preencher com base na informação do projeto de comportamento térmico)

Caracterização

Fração	Área interior útil de pavimento (m <sup>2</sup> )	Pé direito médio ponderado (m)	Tipologia
Habitação	37,06	3,7	T0

Resumo de cálculo

Fração	Tx.ren. (RPH)	Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nv (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	QA (kWh/ano)	Ntc (kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano)	Nt (kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano)	E <sub>ren,p</sub> (kWh/ano) (*)	E <sub>ren,ext</sub> (kWh/ano) (**)
Habitação	0,55	52,84	54,00	8,74	8,76	4160,25	70,17	78,11	947,62	

(\*) correspondente à totalidade das formas de energias renováveis, destinadas a suprir necessidades relativas aos usos de aquecimento, arrefecimento, preparação de AQS e ventilação.

(\*\*) correspondente à energia renovável que é exportada do edifício e/ou consumida em outros usos não incluídos em E<sub>ren,p</sub>.

REH - Fichas de cálculo  
REGULAMENTO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO (REH)  
(alínea g) do n.º 1.3)

Folha de Cálculo A TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO			
A.1 - ENVOLVENTE EXTERIOR			
ELEMENTOS OPACOS EXTERIORES	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> . °C	U.A W/ °C
Paredes Exteriores N	15,11	0,48	7,28
Paredes Exteriores N	16,95	0,48	8,14
	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL</b>			<b>15,42</b>
VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> . °C	U.A W/ °C
Sala e Cozinha N	7,32	2,70	19,76
	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL</b>			<b>19,76</b>

PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comp. B m	$\Psi$ W/m. °C	$\Psi \cdot B$ W/°C
Fachada com os pavimentos ext ou sobre ENU	5,10	0,10	0,51
Fachada com pavimentos intermédios	5,56	0,60	3,34
Fachada com cobertura inclinada ou terraço	10,69	1,00	10,69
Fachada com varanda	0,00	0,00	0,00
Duas paredes verticais	0,00	0,00	0,00
Fachada com caixilharia	21,76	0,25	5,44
TOTAL			19,98

Coefficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior  $H_{ext}$  55,16 W/°C

A.2 - ENVOLVENTE INTERIOR				
ELEMENTOS OPACOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> . °C	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$ W/°C
Parede para Hall Comum - Cozinha	15,61	0,27	0,50	2,11
Parede para C. Escadas - Cozinha	18,14	0,47	0,90	7,66
Parede para C. Escadas - Sala	4,23	0,37	0,90	1,41
Porta - Hall Comum	2,06	1,60	0,50	1,65
	0,00	0,00	0,00	0,00
Pavimento sobre o átrio	16	0,6	0,9	8,64
	0	0	0	0,00
Cobertura para desvão	37,06	0,4	1	14,82
TOTAL				36,28

VÃOS ENVIDRAÇADOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO- ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> . °C	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$ W/°C
	0	0	0	0,00
TOTAL				0,00

PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO- ÚTEIS COM $b_{tr} > 0,7$ )	Comp. B m	$\Psi$ W/m. °C	$b_{tr}$	$\Psi \cdot B \cdot b_{tr}$ W/°C
Parede Sala+I.S Pavimento Átrio	5,06	0,10	0,90	0,46
Parede Cozinha Pavimento intermédio	1,10	0,60	0,90	0,59
Parede Sala+I.S+Cozinha Cobertura	6,20	1,00	1,00	6,20
Duas Paredes verticias	3,68	0,10	0,90	0,33
	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL				7,58

Coefficiente de transferência de calor por transmissão por elementos em contato com espaço não-úteis  $H_{enu}$  43,86 W/°C

ELEMENTOS OPACOS EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> . °C	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$ W/°C
Parede para Edifício Adjacente	11,59	0,72	0,60	4,99
TOTAL				4,99

Coefficiente de transferência de calor por transmissão por elementos em contato com edifícios adjacentes  $H_{adj}$  4,99 W/°C

A.4 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO	
INVERNO	
coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext}$	<input type="text" value="55,16"/> W/°C (da folha de cálculo A.1) +
Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{enu} + H_{adj}$	<input type="text" value="48,85"/> W/°C (da folha de cálculo A.2) +
Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{ecc}$	<input type="text" value="0,00"/> W/°C (da folha de cálculo A.3) =
Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,i}$	<input type="text" value="104,01"/> W/°C

VERÃO	
Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext}$	<input type="text" value="55,16"/> W/°C (da folha de cálculo A.1) +
Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{enu}$	<input type="text" value="43,86"/> W/°C (da folha de cálculo A.2) +
Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{ecc}$	<input type="text" value="0,00"/> W/°C (da folha de cálculo A.3) =
Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,v}$	<input type="text" value="99,02"/> W/°C

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

A.5 - ENVOLVENTE EXTERIOR

ELEMENTOS OPACOS EXTERIORES	Área A m <sup>2</sup>	U <sub>ref</sub> W/(m <sup>2</sup> .°C)	U.A W/°C
Paredes exteriores	32,06	0,50	16,03
Pavimentos exteriores	0,00	0,40	0,00
TOTAL			16,03

VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Área A m <sup>2</sup>	U <sub>ref</sub> W/(m <sup>2</sup> .°C)	U.A W/°C
Envidraçados exteriores A <sub>env</sub>	7,32	2,80	20,50
TOTAL			20,50

PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comp. B m	Ψ <sub>ref</sub> W/(m <sup>2</sup> .°C)	Ψ.B W/°C
Fachada (pav.terreo + pav.sobre ext.ou LIND + cob + pav.int. + varanda)	21,35	0,50	10,68
2 Paredes Verticiais	0,00	0,40	0,00
Fachada com caixilharia e caixa de estore	21,76	0,20	4,35
TOTAL			15,03

Coefficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior  $H_{ext}$   W/°C

A.6 - ENVOLVENTE INTERIOR

ELEMENTOS OPACOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO- ÚTEIS OU EDIFÍCIOS ADJACENTES	Área A m <sup>2</sup>	U <sub>ref</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
Parede para Hall Comum - Cozinha	15,61	0,80	0,50	6,24
Parede para C. Escadas - Cozinha	18,14	0,80	0,90	13,06
Parede para C. Escadas - Sala	4,23	0,80	0,90	3,05
Porta - Hall Comum	2,06	0,80	0,50	0,82
Parede para Edifício Adjacente	11,59	0,80	0,60	5,56
Pavimento sobre o átrio	16,00	0,6	0,90	8,64
	0,00	0	0,00	0,00
	0,00	0	0,00	0,00
Cobertura para desvão	37,06	0,4	1	14,82
TOTAL				52,20

PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO- ÚTEIS COM $b_{tr} > 0,7$ )	Comp. B m	$\Psi_{ref}$ W/m. °C	$b_{tr}$	$\Psi.B.b_{tr}$ W/ °C
Parede Sala+I.S Pavimento Átrio	5,06	0,50	0,90	2,28
Parede Cozinha Pavimento Intermédio	1,10	0,50	0,90	0,50
Parede Sala+I.S+Cozinha Cobertura	6,20	0,50	1,00	3,10
Duas Paredes verticias	3,68	0,40	0,90	1,32
TOTAL				7,20

Coefficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior Hint REF 59,40 W/ °C

A.8 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO	
Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext REF}$ (da folha de cálculo A.5)	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">51,55</span> W/ °C
+	
Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{enuREF} + H_{adj REF}$ (da folha de cálculo A.6)	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">59,40</span> W/ °C
+	
Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{ecs ref}$ (da folha de cálculo A.7)	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">0,00</span> W/ °C
=	
Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr REF}$	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">110,95</span> W/ °C

Folha de Cálculo B TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO	
B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO	
	1
	-
Rendimento do sistema de recuperação de calor $\eta_{RC,i}$	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">0</span>
	x
Caudal médio diário insuflado $V_{ins}$	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">136,38</span> m <sup>3</sup> /h
	÷
$R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d$	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">75,00944</span> m <sup>3</sup> /h
	=
Fator de correção da temperatura para sistemas de recuperação de calor $b_{ve,e}$	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">1,00</span>
	x
	0,34
	x
Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,i}$	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">0,55</span> h <sup>-1</sup>
	x
Área interior útil de pavimento $A_p$	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">37,06</span> m <sup>2</sup>
	x
Pé direito médio da fração $P_d$	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">3,68</span> m
	=
Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,i}$	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">25,50</span> W/°C

B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO		
	1	
	-	
Rendimento do sistema de recuperação de calor $\eta_{RC,v}$	<input type="text" value="0,00"/>	
	x	
Caudal médio diário insuflado $V_{ins}$	<input type="text" value="136,38"/>	m <sup>3</sup> /h
	÷	
	<input type="text" value="75,01"/>	m <sup>3</sup> /h
	=	
Fator de correção da temperatura para sistemas de recuperação de calor $b_{ve,e}$	<input type="text" value="1,00"/>	
	x	
	<input type="text" value="0,34"/>	
	x	
Taxa nominal da renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,v}$	<input type="text" value="0,60"/>	h <sup>-1</sup>
	x	
Área interior útil de pavimento $A_p$	<input type="text" value="37,06"/>	m <sup>2</sup>
	x	
Pé direito médio da fração $P_d$	<input type="text" value="3,68"/>	m
	=	
Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,v}$	<input type="text" value="27,82"/>	W/°C

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA

B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO		
	0,34	
	x	
Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,i REF}$	<input type="text" value="0,55"/>	h <sup>-1</sup>
	x	
Área interior útil de pavimento $A_p$	<input type="text" value="37,06"/>	m <sup>2</sup>
	x	
Pé direito médio da fração $P_d$	<input type="text" value="3,68"/>	m
	=	
Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,i REF}$	<input type="text" value="25,50"/>	W/°C

Folha de Cálculo C  
GANHOS TÉRMICOS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

C.1 - GANHOS SOLARES

VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES								
Designação do envidraçado	Orientação	Fator Solar inverno $g_i$	Área $A_w$ m <sup>2</sup>	Fator de Obstrução $F_{s,i}=F_{h,i} \cdot F_{o,i} \cdot F_{f,i}$	Fração Envidraçada $F_g$	Área efetiva coletora $A_{s,i}=A_w \cdot F_{s,i} \cdot F_g \cdot g_i$ m <sup>2</sup>	Fator de Orientação $X$	Área Efetiva coletora a Sul $X \cdot A_{s,i}$ m <sup>2</sup>
Janelas N	N	0,78	7,32	1,00	0,57	3,25	0,27	0,88
TOTAL								0,88

Em nenhum caso o produto  $X_j \cdot F_h \cdot F_o \cdot F_f$  deve ser menor que 0.27;

Para contabilizar o efeito do contorno do vão o produto  $F_o \cdot F_f$  deve ser inferior igual a 0.9.

Área efetiva total equivalente na orientação a Sul  $\Sigma X \cdot A_{s,i}$   m<sup>2</sup>

x

Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul  $G_{sul}$   kWh/(m<sup>2</sup>.mês)

x

Duração da estação de aquecimento  $M$   meses

=

Ganhos solares brutos  $Q_{sol,i}$   kWh/ano

C.2 - GANHOS INTERNOS	
Ganhos internos médios $q_{int}$	$\frac{0,72}{4} = 0,18$ W/m <sup>2</sup>
Duração da estação de aquecimento M	6,1 meses
Área interior útil de pavimento $A_p$	37,06 m <sup>2</sup>
Ganhos internos brutos $Q_{int,i}$	$0,18 \times 6,1 \times 37,06 = 651,07$ kWh/ano
C.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS	
Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$	627,13 kWh/ano
(da folha de cálculo C.1)	+
Ganhos internos brutos $Q_{int,i}$	651,07 kWh/ano
(da folha de cálculo C.2)	=
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	1278,20 kWh/ano
GANHOS TÉRMICOS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA	
C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA	
Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$	643,61 kWh/ano
( $G_{sol} \times 0,146 \times 0,15 \times A_p \times M$ )	+
Ganhos internos brutos $Q_{int,i}$	651,07 kWh/ano
(da folha de cálculo C.2)	=
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i REF}$	1294,68 kWh/ano

Folha de Cálculo D													
GANHOS TÉRMICOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO													
D.1 - GANHOS SOLARES													
VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES													
Designação do Envidraçado	Orientação	Área m <sup>2</sup>	Tipo de Vidro	Fração Envidraçada $F_g$	Fator Sel. angular $F_{w,v}$	Fração Tempo Prot. Móveis ativas $F_{m,v}$	FS Global Prot. Móveis e Perm. $g_t$	FS Global Prot. $g_{tp}$	FS de verão $g_v = F_{m,v} \cdot g_t + (1 - F_{m,v}) \cdot g_{tp}$	Área Efetiva $A_{e,v} = A_w \cdot F_g \cdot g_v$ m <sup>2</sup>	Fator de Obstrução $F_{o,v} = F_{o,v} \cdot F_{o,v}$	Intensidade da Radiação Isol kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	$I_{sol} \cdot F_{o,v} \cdot A_e$ kWh/ano
Janelas a Norte	N	7,32	D	0,57	0,75	0	0,36	0,88	0,66	2,75	0,9	220	545,25
TOTAL													545,25

VÃOS INTERIORES EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDIHS DE INVERNO, ETC.													
Designação do Envidraçado	Orientação	Área m <sup>2</sup>	Tipo de Vidro	Fração Envidraçada $F_g$	Fator Sel. angular $F_{w,v}$	FS de verão do vão interior $g_{v,int}$	FS de verão do vão do ENU $g_{v,ENU}$	$g_{v,int} \cdot g_{v,ENU}$	Área Efetiva $A_{e,v} = A_w \cdot F_g \cdot g_{v,int} \cdot g_{v,ENU}$ m <sup>2</sup>	Fator de Obstrução $F_{o,v} = F_{o,v} \cdot F_{o,v}$	Intensidade da Radiação Isol kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	$I_{sol} \cdot F_{o,v} \cdot A_e$ kWh/ano	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	
TOTAL													0,00

Admite-se que os elementos opacos do ENU não causam sombreamento ao vão interior, pelo que na ausência de outros sombreamentos o fator de obstrução dos vãos interiores  $F_{o,v}$  é igual a 1;  
 Caso o vão exterior do ENU não disponha de dispositivos de proteção solar permanentes o fator solar  $g_{v,ENU}$  é igual a 1.

ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA										
PAREDES/COBERTURAS/VÃOS OPACOS EXTERIORES E COBERTURAS SOB DESVÃO	Orientação	Coefficiente de Absorção $\alpha$	Área $A_{op}$ m <sup>2</sup>	U W/(m <sup>2</sup> .°C)	$R_{se}$ (m <sup>2</sup> .°C)/W	Área efetiva $A_e = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{se}$ m <sup>2</sup>	Fator de Obstrução $F_o = F_o \cdot F_o \cdot F_o$	Intensidade da Radiação Isol kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	$I_{sol} \cdot F_o \cdot A_e$ kWh/ano	
Parede Norte	N	0,4	15,11	0,48	0,04	0,12	1	220	25,64	
Parede Norte	N	0,4	16,95	0,48		0,13	1	220	28,64	
	S	0,4	0,00	0,00		0,00	1	0	0,00	
	E	0,4	0,00	0,00		0,00	1	475	0,00	
Cobertura	H	0,4	37,06	0,40		0,24	0,8	800	151,80	
TOTAL										206,07

Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente envidraçada	545,25	kWh/ano
	+	
Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente opaca	206,07	kWh/ano
	=	
Ganhos Solares brutos $Q_{sol,v}$	751,32	kWh/ano

**D.2 - GANHOS INTERNOS**

Ganhos internos médios $q_{int}$	4	W/m <sup>2</sup>
	x	
Duração da estação de arrefecimento $L_v$	2928	horas
	x	
Área interior útil de pavimento $A_p$	37,06	m <sup>2</sup>
	=	
	1000	
	=	
Ganhos internos brutos $Q_{int,v}$	434,05	kWh/ano

**D.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS**

Ganhos solares brutos $Q_{sol,v}$	751,32	kWh/ano
(da folha de cálculo D.1)	+	
Ganhos internos brutos $Q_{int,v}$	434,05	kWh/ano
(da folha de cálculo D.2)	=	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,v}$	1185,37	kWh/ano

**GANHOS TÉRMICOS ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA**

**D.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA**

Ganhos internos médios $q_{int}$	4	W/m <sup>2</sup>
	x	
Duração da Estação de Arrefecimento $L_v$	2928	horas
	=	
	-	
	1000	
	+	
Fator solar de verão de referência $g_{v, REF}$	0,43	
	x	
$A_w / A_p$ REF	0,20	
	x	
Radiação solar média de referência $I_{sol, REF}$	490	kWh/(m <sup>2</sup> .ano)
	=	
	53,85	kWh/(m <sup>2</sup> .ano)
	x	
Área interior útil de Pavimento $A_p$	37,06	m <sup>2</sup>
	=	
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v, REF}$	1995,76	kWh/ano

Folha de Cálculo E  
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

E.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{array}{r}
 0,024 \\
 \times \\
 \text{Número de graus-dias de aquecimento GD} \quad \boxed{1141} \quad ^\circ\text{C.dias} \\
 \times \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,i} \quad \boxed{104,01} \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 \text{(da folha de cálculo A.4)} \\
 = \\
 \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} \quad \boxed{2848,21} \quad \text{kWh/ano}
 \end{array}$$

E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{array}{r}
 0,024 \\
 \times \\
 \text{Número de graus-dias de aquecimento GD} \quad \boxed{1141} \quad ^\circ\text{C.dias} \\
 \times \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} \quad \boxed{25,50} \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 \text{(da folha de cálculo B.1)} \\
 = \\
 \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} \quad \boxed{698,38} \quad \text{kWh/ano}
 \end{array}$$

E.3 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{array}{r}
 \text{Inércia do edifício} \quad \boxed{\text{Média}} \\
 \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i} \quad \boxed{1278,20} \quad \text{kWh/ano} \\
 \text{(da folha de cálculo C.3)} \\
 \text{Q}_{tr,i} + \text{Q}_{ve,i} \quad \boxed{3546,59} \quad \text{kWh/ano} \\
 \text{(das folhas de cálculo E.2 e C.3)} \\
 = \\
 \text{parâmetro } \gamma_i \quad \boxed{0,36} \\
 \text{parâmetro } a_i \quad \boxed{2,6} \\
 \text{Fator de utilização dos ganhos } \eta_i \quad \boxed{0,95}
 \end{array}$$

Ganhos totais úteis

$$\begin{array}{r}
 \text{Fator de utilização dos ganhos } \eta_i \quad \boxed{0,95} \\
 \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i} \quad \boxed{1278,20} \quad \text{kWh/ano} \\
 \text{(da folha de cálculo C.3)} \\
 = \\
 \text{Ganhos totais úteis } Q_{gu,i} \quad \boxed{1219,14} \quad \text{kWh/ano}
 \end{array}$$

E.4 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

$$\begin{array}{r}
 \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} \quad \boxed{2848,21} \quad \text{kWh/ano} \\
 \text{(da folha de cálculo E.1)} \\
 + \\
 \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} \quad \boxed{698,38} \quad \text{kWh/ano} \\
 \text{(da folha de cálculo E.2)} \\
 - \\
 \text{Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento } Q_{gu,i} \quad \boxed{1219,14} \quad \text{kWh/ano} \\
 \text{(da folha de cálculo E.3)} \\
 = \\
 \text{Necessidades anuais na estação de aquecimento} \quad \boxed{2327,45} \quad \text{kWh/ano} \\
 \div \\
 \text{Área interior útil de pavimento } A_p \quad \boxed{37,06} \quad \text{m}^2 \\
 = \\
 \text{Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento } I_{i,c} \quad \boxed{62,80} \quad \text{kWh/(m}^2 \cdot \text{ano)}
 \end{array}$$

LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO	
<b>E.5 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA</b>	
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr, REF}$	<div style="display: flex; align-items: center;"> <input style="width: 80px; text-align: center;" type="text" value="110,95"/> W/°C              (da folha de cálculo A.8)           </div>
+	
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,i, REF}$	<div style="display: flex; align-items: center;"> <input style="width: 80px; text-align: center;" type="text" value="25,50"/> W/°C              (da folha de cálculo B.3)           </div>
=	
Coeficiente de transferência de calor $H_{t,i, REF}$	<div style="display: flex; align-items: center;"> <input style="width: 80px; text-align: center;" type="text" value="136,46"/> W/°C           </div>
<b>E.6 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA</b>	
	0,024
x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	<div style="display: flex; align-items: center;"> <input style="width: 80px; text-align: center;" type="text" value="1141"/> °C.dias           </div>
x	
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr, REF}$	<div style="display: flex; align-items: center;"> <input style="width: 80px; text-align: center;" type="text" value="110,95"/> W/°C              (da folha de cálculo A.8)           </div>
=	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i, REF}$	<div style="display: flex; align-items: center;"> <input style="width: 80px; text-align: center;" type="text" value="3038,31"/> kWh/ano           </div>
<b>E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA</b>	
	0,024
x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	<div style="display: flex; align-items: center;"> <input style="width: 80px; text-align: center;" type="text" value="1141"/> °C.dias           </div>
x	
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,i, REF}$	<div style="display: flex; align-items: center;"> <input style="width: 80px; text-align: center;" type="text" value="25,50"/> W/°C              (da folha de cálculo B.3)           </div>
=	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i, REF}$	<div style="display: flex; align-items: center;"> <input style="width: 80px; text-align: center;" type="text" value="698,38"/> kWh/ano           </div>
<b>E.8 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA</b>	
Ganhos totais úteis	
Fator de utilização dos ganhos $\eta_i, REF$	<div style="display: flex; align-items: center;"> <input style="width: 80px; text-align: center;" type="text" value="0,6"/> </div>
x	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i, REF}$	<div style="display: flex; align-items: center;"> <input style="width: 80px; text-align: center;" type="text" value="1294,68"/> kWh/ano              (da folha de cálculo C.4)           </div>
=	
Ganhos totais úteis $Q_{gu,i, REF}$	<div style="display: flex; align-items: center;"> <input style="width: 80px; text-align: center;" type="text" value="776,81"/> kWh/ano           </div>
<b>E.9 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO</b>	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i, REF}$	<div style="display: flex; align-items: center;"> <input style="width: 80px; text-align: center;" type="text" value="3038,31"/> kWh/ano              (da folha de cálculo E.6)           </div>
+	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i, REF}$	<div style="display: flex; align-items: center;"> <input style="width: 80px; text-align: center;" type="text" value="698,38"/> kWh/ano              (da folha de cálculo E.7)           </div>
-	
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gu,i, REF}$	<div style="display: flex; align-items: center;"> <input style="width: 80px; text-align: center;" type="text" value="776,81"/> kWh/ano              (da folha de cálculo E.8)           </div>
=	
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	<div style="display: flex; align-items: center;"> <input style="width: 80px; text-align: center;" type="text" value="2959,89"/> kWh/ano           </div>
:	
Área interior útil de pavimento $A_p$	<div style="display: flex; align-items: center;"> <input style="width: 80px; text-align: center;" type="text" value="37,06"/> m<sup>2</sup> </div>
=	
Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $H_i$	<div style="display: flex; align-items: center;"> <input style="width: 80px; text-align: center;" type="text" value="79,87"/> kWh/m<sup>2</sup>.ano           </div>

Folha de Cálculo F  
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,v} \quad \boxed{99,02} \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \text{(da folha de cálculo A.4)} \quad + \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad \boxed{27,82} \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \text{(da folha de cálculo B.2)} \quad = \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,v} \quad \boxed{126,85} \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,v} \quad \boxed{99,02} \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \text{(da folha de cálculo A.4)} \quad \times \\
 &\quad (\theta_{ext,v,ref} - \theta_{ext,v}) \quad \boxed{4,10} \text{ }^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad \boxed{2928} \text{ horas} \\
 &\quad : \\
 &\quad 1000 \\
 &\quad = \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr,v} \quad \boxed{1188,76} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad \boxed{27,82} \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\quad \text{(da folha de cálculo B.2)} \quad \times \\
 &\quad (\theta_{v,ext,ref} - \theta_{ext,v}) \quad \boxed{4,10} \text{ }^\circ\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad \boxed{2928} \text{ horas} \\
 &\quad \div \\
 &\quad 1000 \\
 &\quad = \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{ve,v} \quad \boxed{333,99} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.4 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned}
 &\text{Inércia do edifício} \quad \boxed{\text{Média}} \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,v} \quad \boxed{1185,37} \text{ kWh/ano} \\
 &\quad \text{(da folha de cálculo D.3)} \quad \div \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,v} + Q_{ve,v} \quad \boxed{1522,76} \text{ kWh/ano} \\
 &\quad \text{(das folhas de cálculo F.2 e F.3)} \quad = \\
 &\quad \text{parâmetro } \gamma \quad \boxed{0,78} \\
 &\quad \text{parâmetro } a \quad \boxed{2,6} \\
 &\text{Fator de utilização dos ganhos } \eta \quad \boxed{0,74}
 \end{aligned}$$

F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$(1 - \eta_p)$	0,26	
	x	
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v}$	1185,37	kWh/ano
(da folha de cálculo D.3)	÷	
Área interior útil de pavimento $A_p$	37,06	m <sup>2</sup>
	=	
Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento $N_{vc}$	8,27	kWh/(m <sup>2</sup> .ano)

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

F.6 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

Fator de utilização dos ganhos $\eta_{v,REF}$	0,83
---	------

F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$(1 - \eta_{v,REF})$	0,17	
	x	
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v,REF}$	1995,75512	kWh/ano
(da folha de cálculo D.4)	÷	
Área interior útil de pavimento $A_p$	37,06	m <sup>2</sup>
	=	
Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento $N_v$	9,13	kWh/(m <sup>2</sup> .ano)

Folha de Cálculo G  
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{ic}$ kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	$f_i$	Eficiência Nominal $\eta_i$	Fator de Conversão $F_{pui}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)
Ar Condicionado multisplit Daikin com permuta ar-ar	Eletricidade	62,80	1	4,22	2,5	37,21
		TOTAL	1		TOTAL	37,21

G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{vc}$ kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	$f_v$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_v$	Fator de Conversão $F_{pvv}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot \delta \cdot N_{vc} \cdot F_{pvv} / \eta_v$ kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)
Ar Condicionado multisplit Daikin com permuta ar-ar	Eletricidade	8,27	1	1	4,55	2,5	4,54
		TOTAL	1			TOTAL	4,54

**G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS**

$$\begin{array}{r}
 \begin{array}{l}
 \text{Número convencional de ocupantes de} \\
 \text{cada fração } n
 \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline 40 \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline 2 \\ \hline \end{array} \text{ ocupantes} \\
 \\
 \text{Fator de eficiência hídrica} \times \begin{array}{|c|} \hline 1 \\ \hline \end{array} \\
 \\
 \text{Consumo médio diário de} \\
 \text{referência } M_{AQS} = \begin{array}{|c|} \hline 80 \\ \hline \end{array} \text{ l}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 M_{AQS} \begin{array}{|c|} \hline 80 \\ \hline \end{array} \text{ l} \\
 \times \\
 4187 \\
 \times \\
 \begin{array}{|c|} \hline 35 \\ \hline \end{array} \\
 \times \\
 \begin{array}{|c|} \hline 365 \\ \hline \end{array} \text{ dias} \\
 + \\
 \begin{array}{|c|} \hline 3600000 \\ \hline \end{array} \\
 + \\
 A_p \begin{array}{|c|} \hline 37,06 \\ \hline \end{array} \text{ m}^2 \\
 = \\
 \text{Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS } Q_u/A_p \begin{array}{|c|} \hline 32,07 \\ \hline \end{array} \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})
 \end{array}$$

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_u/A_p$ kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	fa	Eficiência Nominal $\eta_h$	Fator de Conversão $F_{pu}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia primária $f_1 \cdot \delta \cdot Q_u/A_p \cdot F_{pu} / \eta_h$ kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)
Termoacumulador	Eletricidade	32,07	1	0,93	2,5	17,48
TOTAL			1		TOTAL	17,48

**G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA**

$$\begin{array}{r}
 \text{Energia anual elétrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica } W_{vm} \begin{array}{|c|} \hline 0 \\ \hline \end{array} \text{ kWh/ano} \\
 + \\
 \text{Área interior útil de Pavimento } A_p \begin{array}{|c|} \hline 37,06 \\ \hline \end{array} \text{ m}^2 \\
 \times \\
 \text{Fator de Conversão } F_{pu} \begin{array}{|c|} \hline 2,5 \\ \hline \end{array} \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh} \\
 = \\
 \text{Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação} \begin{array}{|c|} \hline 0,00 \\ \hline \end{array} \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})
 \end{array}$$

**G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL**

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	$E_{ren}/A_p$ kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	Fator de Conversão $F_{pu}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Energia primária $E_{ren} \cdot F_{pu}$ kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)
Sistema solar térmico para AQS - Marca <del>XXXXXXXXXXXX</del>	Solar	947,62	1	25,57
TOTAL				25,57

**G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA**

$$\begin{array}{r}
 \text{Energia primária para aquecimento} \begin{array}{|c|} \hline 37,21 \\ \hline \end{array} \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano}) \\
 \text{(da folha de cálculo G.1)} \\
 + \\
 \text{Energia primária para arrefecimento} \begin{array}{|c|} \hline 4,54 \\ \hline \end{array} \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano}) \\
 \text{(da folha de cálculo G.2)} \\
 + \\
 \text{Energia primária para a preparação de AQS} \begin{array}{|c|} \hline 17,48 \\ \hline \end{array} \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano}) \\
 \text{(da folha de cálculo G.3)} \\
 + \\
 \text{Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica} \begin{array}{|c|} \hline 25,57 \\ \hline \end{array} \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano}) \\
 \text{(da folha de cálculo G.4)} \\
 - \\
 \text{Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia} \\
 \text{renovável} \begin{array}{|c|} \hline 25,57 \\ \hline \end{array} \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano}) \\
 \text{(da folha de cálculo G.5)} \\
 = \\
 \text{Necessidades nominais anuais globais de energia primária } N_{ic} \begin{array}{|c|} \hline 59,23 \\ \hline \end{array} \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})
 \end{array}$$

**NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA**

**G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA**

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{ic}$ kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	$f_1$	Eficiência Nominal $\eta_h$	Fator de Conversão $F_{pu}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Primária $f_1 \cdot \delta \cdot N_{ic} \cdot F_{pu} / \eta_h$ kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)
Sistemas por defeito	eletricidade	79,87	1	1,00	2,50	199,67
TOTAL			1		TOTAL	199,67

G.8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA						
SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{uc}$ kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	$f_v$	Eficiência Nominal $\eta_v$	Fator de Conversão $F_{pov}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot \delta \cdot N_{uc} \cdot F_{pov} / \eta_v$ kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)
Sistemas por defeito	eletricidade	9,13	1	3,01	2,50	7,59
		TOTAL	1		TOTAL	7,59

G.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA

	$M_{AQS}$	80	l		80	
		x			x	
	40				4187	
Número convencional de ocupantes de cada fração n	2	x	ocupantes	Aumento de temperatura $\Delta T$	35	°C
		x			x	
Fator de eficiência hídrica	1			Número de dias de consumo	365	dias
		=			+	
Consumo médio diário de referência $M_{AQS}$	80		l		3600000	
					+	
				$A_p$	37,06	m <sup>2</sup>
					=	
				Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS $Q_a/A_p$	32,07	kWh/(m <sup>2</sup> .ano)

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_a/A_p$ kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	$f_a$	Eficiência Nominal $\eta_a$	Fator de Conversão $F_{pua}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia primária $f_a \cdot \delta \cdot Q_a / A_p \cdot F_{pua} / \eta_a$ kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)
Sistemas por defeito	eletricidade	32,07	1	0,95	2,50	84,40
		TOTAL	1		TOTAL	84,40

G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento (da folha de cálculo G.7)	199,67	+	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Energia primária para arrefecimento (da folha de cálculo G.8)	7,59	+	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Energia primária para a preparação de AQS (da folha de cálculo G.9)	84,40	+	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
		=	
Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária $N_l$	291,66		kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano

- Solução NZEB

FICHA n.º 1  
REGULAMENTO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO  
DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO (REH)  
(nos termos da alínea c) do n.º 1.1)

Câmara Municipal de                      PORTO

Edifício

Empreendimento                      HabitaçãoMultifamiliar                      Nº de fracções:                      12

Morada:                      Rua Alto da vila                     

Freguesia:                      FOZ DO DOURO                      Concelho:                      PORTO                     

Tipo de Intervenção:

Edifício Novo:                      0                      Grande Intervenção:                      X

(a preencher com base na informação do projeto de comportamento térmico)

Caracterização

Fração	Área interior útil de pavimento (m <sup>2</sup> )	Pé direito médio ponderado (m)	Tipologia
Habitação	37,06	3,7	T6

Resumo de cálculo

Fração	Tx.ren. (RPH)	Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Ni (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nv (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	QA (kWh/ano)	Ntc (kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> .ano)	Nt (kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> .ano)	E <sub>ren,p</sub> (kWh/ano) (*)	E <sub>ren,ext</sub> (kWh/ano) (**)
Habitação	0,87	52,84	54,00	8,74	8,76	4160,25	70,17	78,11	947,62	

(\*) correspondente à totalidade das formas de energias renováveis, destinadas a suprir necessidades relativas aos usos de aquecimento, arrefecimento, preparação de AQS e ventilação.

(\*\*) correspondente à energia renovável que é exportada do edifício e/ou consumida em outros usos não incluídos em E<sub>ren,p</sub>.

**REH - Fichas de cálculo**  
**REGULAMENTO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO (REH)**  
(alínea g) do n.º 1.3)

Folha de Cálculo A			
TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO			
A.1 - ENVOLVENTE EXTERIOR			
ELEMENTOS OPACOS EXTERIORES	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> . °C	U.A W/ °C
Paredes Exteriores N	15,11	0,48	7,28
Paredes Exteriores N	16,95	0,48	8,14
	0,00	0,00	0,00
TOTAL			15,42
VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> . °C	U.A W/ °C
Sala e Cozinha N	7,32	1,27	9,30
TOTAL			9,30

PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comp. B m	$\Psi$ W/m. °C	$\Psi.B$ W/°C
Fachada com os pavimentos ext ou sobre ENU	5,10	0,10	0,51
Fachada com pavimentos intermédios	5,56	0,60	3,34
Fachada com cobertura inclinada ou terraço	10,69	1,00	10,69
Fachada com varanda	0,00	0,00	0,00
Duas paredes verticais	0,00	0,00	0,00
Fachada com caixilharia	21,76	0,25	5,44
TOTAL			19,98

Coefficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior  $H_{ext}$  44,69 W/°C

A.2 - ENVOLVENTE INTERIOR				
ELEMENTOS OPACOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> . °C	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$ W/°C
Parede para Hall - Cozinha	15,61	0,27	0,50	2,11
Parede para C. Escadas - Cozinha	18,14	0,47	0,90	7,66
Parede para C. Escadas - Sala	4,23	0,37	0,90	1,41
Porta - Hall	2,06	1,60	0,50	1,65
Pavimento sobre o átrio	16	0,6	0,9	8,64
	0	0	0	0,00
cobertura para desvão	37,06	0,4	1	14,82
TOTAL				36,28

PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO- ÚTEIS COM $b_{tr} > 0,7$ )	Comp. B m	$\Psi$ W/m. °C	$b_{tr}$	$\Psi.B.b_{tr}$ W/°C
Parede Sala+Cozinha   Pavimento Átrio	5,06	0,10	0,90	0,46
Parede Sala+Cozinha   Pavimento intermédio	1,10	0,60	0,90	0,59
Parede Sala+Cozinha   Cobertura	6,20	1,00	1,00	6,20
Duas Paredes verticias	3,68	0,10	0,90	0,33
TOTAL				7,58

Coefficiente de transferência de calor por transmissão por elementos em contato com espaço não-úteis  $H_{enu}$  43,86 W/°C

ELEMENTOS OPACOS EM CONTACTO COM EDIFÍCIOS ADJACENTES	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> . °C	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$ W/°C
Parede para Edifício Adjacente	11,59	0,72	0,60	4,99
TOTAL				4,99

Coefficiente de transferência de calor por transmissão por elementos em contato com edifícios adjacentes  $H_{adj}$  4,99 W/°C

**A.4 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO**

INVERNO	
coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext}$ (da folha de cálculo A.1)	44,69 W/°C +
Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{enu} + H_{adj}$ (da folha de cálculo A.2)	48,85 W/°C +
Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{ecs}$ (da folha de cálculo A.3)	0,00 W/°C =
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,i}$	<b>93,54</b> W/°C

VERÃO	
Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext}$ (da folha de cálculo A.1)	44,69 W/°C +
Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{enu}$ (da folha de cálculo A.2)	43,86 W/°C +
Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{ecs}$ (da folha de cálculo A.3)	0,00 W/°C =
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,v}$	<b>88,56</b> W/°C

**TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA**

**A.5 - ENVOLVENTE EXTERIOR**

ELEMENTOS OPACOS EXTERIORES	Área A m <sup>2</sup>	Uref W/(m <sup>2</sup> .°C)	U.A W/°C
Paredes exteriores	32,06	0,50	16,03
Pavimentos exteriores	0,00	0,40	0,00
<b>TOTAL</b>			<b>16,03</b>

VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Área A m <sup>2</sup>	Uref W/(m <sup>2</sup> .°C)	U.A W/°C
Envidraçados exteriores Aenv	7,32	2,80	20,50
<b>TOTAL</b>			<b>20,50</b>

PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comp. B m	Ψref W/(m <sup>2</sup> .°C)	Ψ.B W/°C
Fachada / pav.terreo + pav.sobre ext. ou LIND + cob + pav.int. + varanda	21,35	0,50	10,68
2 Paredes Verticais	0,00	0,40	0,00
Fachada com caixilharia e caixa de estore	21,76	0,20	4,35
<b>TOTAL</b>			<b>15,03</b>

Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior  $H_{ext}$  **51,55** W/°C

A.6 - ENVOLVENTE INTERIOR				
ELEMENTOS OPACOS EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO- ÚTEIS OU EDIFÍCIOS ADJACENTES	Área A m <sup>2</sup>	$U_{ref}$ W/m <sup>2</sup> . °C	$b_{tr}$	$U.A.b_{tr}$ W/ °C
Parede para Hall - Cozinha	15,61	0,80	0,50	6,24
Parede para C. Escadas - Cozinha	18,14	0,80	0,90	13,06
Parede para C. Escadas - Sala	4,23	0,80	0,90	3,05
Porta - Hall	2,06	0,80	0,50	0,82
Parede para Edifício Adjacente	11,59	0,80	0,60	5,56
Pavimento sobre o átrio	16,00	0,6	0,90	8,64
Cobertura para desvão	37,06	0,4	1	14,82
			TOTAL	52,20

PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO- ÚTEIS COM $b_{tr} > 0,7$ )	Comp. B m	$\Psi_{ref}$ W/m. °C	$b_{tr}$	$\Psi.B.b_{tr}$ W/ °C
Parede Sala+I.S Pavimento Átrio	5,06	0,50	0,90	2,28
Parede Cozinha Pavimento Intermediário	1,10	0,50	0,90	0,50
Parede Sala+I.S+Cozinha Cobertura	6,20	0,50	1,00	3,10
Duas Paredes verticias	3,68	0,40	0,90	1,32
			TOTAL	7,20

Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior Hint REF

59,40 W/ °C

A.8 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO	
Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext REF}$ (da folha de cálculo A.5)	51,55 W/ °C
+	
Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{enuref} + H_{odj REF}$ (da folha de cálculo A.6)	59,40 W/ °C
+	
Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{ecs ref}$ (da folha de cálculo A.7)	0,00 W/ °C
=	
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr REF}$	110,95 W/ °C

**Folha de Cálculo B**  
**TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO**

**B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO**

	1	
	-	
Rendimento do sistema de recuperação de calor $\eta_{RC,i}$	<input type="text" value="0"/>	
	x	
Caudal médio diário insuflado $V_{ins}$	<input type="text" value="136,38"/>	m <sup>3</sup> /h
	+	
$R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d$	<input type="text" value="118,651296"/>	m <sup>3</sup> /h
	=	
Fator de correção da temperatura para sistemas de recuperação de calor	<input type="text" value="1,00"/>	
$b_{ve,e}$		
	x	
	0,34	
	x	
Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,i}$	<input type="text" value="0,87"/>	h <sup>-1</sup>
	x	
Área interior útil de pavimento $A_p$	<input type="text" value="37,06"/>	m <sup>2</sup>
	x	
Pé direito médio da fração $P_d$	<input type="text" value="3,68"/>	m
	=	
Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,i}$	<input type="text" value="40,34"/>	W/°C

**B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO**

	1	
	-	
Rendimento do sistema de recuperação de calor $\eta_{RC,v}$	<input type="text" value="0,00"/>	
	x	
Caudal médio diário insuflado $V_{ins}$	<input type="text" value="136,38"/>	m <sup>3</sup> /h
	+	
$R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d$	<input type="text" value="118,65"/>	m <sup>3</sup> /h
	=	
Fator de correção da temperatura para sistemas de recuperação de calor	<input type="text" value="1,00"/>	
$b_{ve,e}$		
	x	
	0,34	
	x	
Taxa nominal da renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,v}$	<input type="text" value="0,87"/>	h <sup>-1</sup>
	x	
Área interior útil de pavimento $A_p$	<input type="text" value="37,06"/>	m <sup>2</sup>
	x	
Pé direito médio da fração $P_d$	<input type="text" value="3,68"/>	m
	=	
Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,v}$	<input type="text" value="40,34"/>	W/°C

<b>TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA</b>		
<b>B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO</b>		
Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,i REF}$	$\frac{0,34}{0,87}$	$h^{-1}$
Área interior útil de pavimento $A_p$	$\frac{37,06}{3,68}$	$m^2$
Pé direito médio da fração $P_d$	$\frac{3,68}{=}$	$m$
Coeficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,i REF}$	$\frac{40,34}{=}$	$W/°C$

**Forma de Cálculo C**  
**GANHOS TÉRMICOS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO**  
**GANHOS TÉRMICOS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO**

**C.1 - GANHOS SOLARES**

**VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES**

Designação do envidraçado	Orientação	Fator Solar inverno $g_i$	Área $A_w$ $m^2$	Fator de Obstrução $F_{z,i}=F_{h,i} \cdot F_{o,i} \cdot F_{r,i}$	Fração Envidraçada $F_s$	Área efetiva coletora $A_{z,i}=A_w \cdot F_{z,i} \cdot F_g \cdot g_i$ $m^2$	Fator de Orientação $X$	Área Efetiva coletora a Sul $X \cdot A_{z,i}$ $m^2$
Janelas N	N	0,78	7,32	1,00	0,57	3,25	0,27	0,88
		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL</b>								<b>0,88</b>

Em nenhum caso o produto  $X_j \cdot F_h \cdot F_o \cdot F_f$  deve ser menor que 0.27;

Para contabilizar o efeito do contorno do vão o produto  $F_o \cdot F_f$  deve ser inferior ou igual a 0.9.

**VÃOS INTERIORES EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.**

Designação do envidraçado	Orientação	Fator Solar inverno $g_{i,int} \cdot g_{i,ENU}$	Área $A_w$ $m^2$	Fator de Obstrução $F_{z,i}=F_{h,i} \cdot F_{o,i} \cdot F_{r,i}$	Fração Envidraçada $F_{s,int} \cdot F_{s,ENU}$	Área efetiva coletora $A_{z,i}=A_w \cdot F_{z,i} \cdot F_g \cdot g_i$ $m^2$	Fator de Orientação $X$	Área Efetiva coletora a Sul $X \cdot A_{z,i}$ $m^2$
<b>TOTAL</b>								<b>0</b>

No cálculo de  $g_{i,int}$  e  $g_{i,ENU}$  não deverão ser considerados os dispositivos de proteção solar móveis sendo considerar-se apenas dispositivos permanentes;

Caso não existam quaisquer dispositivos de sombreamento,  $g_i$  será igual ao fator solar do vidro para uma incidência solar normal  $g_{o,v}$ , afetado do fator de seletividade angular  $F_{w,j}$ .

Área efetiva total equivalente na orientação a Sul  $\Sigma X \cdot A_{z,i}$  0,79  $m^2$

Radição média incidente num envidraçado vertical a Sul  $G_{sol}$  130  $kWh/(m^2 \cdot \text{mês})$

Duração da estação de aquecimento  $M$  6,1 meses

Ganhos solares brutos  $Q_{col,i}$  627,13  $kWh/ano$

C.2 - GANHOS INTERNOS	
Ganhos internos médios $q_{int}$	$0,72 \times \frac{4}{4} = 0,72$ W/m <sup>2</sup>
Duração da estação de aquecimento M	6,1 meses
Área interior útil de pavimento $A_p$	$37,06$ m <sup>2</sup>
Ganhos internos brutos $Q_{int,i}$	$0,72 \times 37,06 \times 6,1 = 651,07$ kWh/ano
C.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS	
Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$	627,13 kWh/ano
(da folha de cálculo C.1)	+
Ganhos internos brutos $Q_{int,i}$	651,07 kWh/ano
(da folha de cálculo C.2)	=
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	1278,20 kWh/ano
GANHOS TÉRMICOS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA	
C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA	
Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$	643,61 kWh/ano
( $G_{sol} \times 0,146 \times 0,15 \times A_p \times M$ )	+
Ganhos internos brutos $Q_{int,i}$	651,07 kWh/ano
(da folha de cálculo C.2)	=
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i REF}$	1294,68 kWh/ano

Folha de Cálculo D													
GANHOS TÉRMICOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO													
D.1 - GANHOS SOLARES													
VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES													
Designação do Envidraçado	Orientação	Área m <sup>2</sup>	Tipo de Vidro	Fração Envidraçada $F_g$	Fator Sel. angular $F_{w,v}$	Fração Tempo Prot. Móveis ativas $F_{m,v}$	FS Global Prot. Móveis e Perm. $g_t$	FS Global Prot. Perm. $g_{tp}$	FS de verão $g_v = F_{m,v} \cdot g_t + (1 - F_{m,v}) \cdot g_{tp}$	Área Efetiva $A_{e,v} = A_w \cdot F_g \cdot g_v$ m <sup>2</sup>	Fator de Obstrução $F_{o,v} = F_{o,v} \cdot F_{o,v} \cdot F_{o,v}$	Intensidade da Radiação Isol kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	$I_{tot} \cdot F_{o,v} \cdot A_e$ kWh/ano
Janelas a Norte	N	7,32	D	0,57	0,75	0	0,36	0,88	0,66	2,75	0,9	220	545,25
TOTAL													545,25

VÃOS INTERIORES EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.														
Designação do Envidraçado	Orientação	Área m <sup>2</sup>	Tipo de Vidro	Fração Envidraçada $F_g$	Fator Sel. angular $F_{w,v}$	FS de verão do vão interior $g_{v,INT}$	FS de verão do vão do ENU $g_{v,ENU}$	$g_{v,INT} \cdot g_{v,ENU}$	Área Efetiva $A_{e,v} = A_w \cdot F_g \cdot g_{v,INT} \cdot g_{v,ENU}$ m <sup>2</sup>	Fator de Obstrução $F_{o,v} = F_{o,v} \cdot F_{o,v} \cdot F_{o,v}$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$ kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	$I_{tot} \cdot F_{o,v} \cdot A_e$ kWh/ano		
Admite-se que os elementos opacos do ENU não causam sombreamento ao vão interior, pelo que na ausência de outros sombreamentos o fator de obstrução dos vãos interiores $F_{o,v}$ é igual a 1; Caso o vão exterior do ENU não disponha de dispositivos de proteção solar permanentes o fator solar $g_{v,ENU}$ é igual a 1.													TOTAL	0,00

ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA													
PAREDES/COBERTURAS/VÃOS OPACOS EXTERIORES E COBERTURAS SOB DESVÃO	Orientação	Coefficiente de Absorção $\alpha$	Área $A_{op}$ m <sup>2</sup>	U W/(m <sup>2</sup> .°C)	$R_{we}$ (m <sup>2</sup> .°C)/W	Área efetiva $A_{e,e} = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{we}$ m <sup>2</sup>	Fator de Obstrução $F_o = F_o \cdot F_o \cdot F_o$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$ kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	$I_{tot} \cdot F_o \cdot A_{e,e}$ kWh/ano				
Parede Norte	N	0,4	15,11	0,48	0,04	0,12	1	220	25,64				
Parede Norte	N	0,4	16,95	0,48		0,13	1	220	28,64				
	S	0,4	0,00	0,00		0,00	1	0	0,00				
	E	0,4	0,00	0,00		0,00	1	475	0,00				
Cobertura	H	0,4	37,06	0,40		0,24	0,8	800	151,80				
TOTAL									206,07				

Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente envidraçada	545,25	kWh/ano
	+	
Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente opaca	206,07	kWh/ano
	=	
Ganhos Solares brutos $Q_{sol,v}$	751,32	kWh/ano
<b>D.2 - GANHOS INTERNOS</b>		
Ganhos internos médios $q_{int}$	4	W/m <sup>2</sup>
	x	
Duração da estação de arrefecimento $L_v$	2928	horas
	x	
Área interior útil de pavimento $A_p$	37,06	m <sup>2</sup>
	=	
	-	
	1000	
	=	
Ganhos internos brutos $Q_{int,v}$	434,05	kWh/ano
<b>D.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS</b>		
Ganhos solares brutos $Q_{sol,v}$	751,32	kWh/ano
(da folha de cálculo D.1)	+	
Ganhos internos brutos $Q_{int,v}$	434,05	kWh/ano
(da folha de cálculo D.2)	=	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,v}$	1185,37	kWh/ano
<b>GANHOS TÉRMICOS ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA</b>		
<b>D.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA</b>		
Ganhos internos médios $q_{int}$	4	W/m <sup>2</sup>
	x	
Duração da Estação de Arrefecimento $L_v$	2928	horas
	=	
	-	
	1000	
	+	
Fator solar de verão de referência $g_{v, REF}$	0,43	
	x	
$A_w / A_p$ REF	0,20	
	x	
Radiação solar média de referência $I_{sol, REF}$	490	kWh/(m <sup>2</sup> .ano)
	=	
		53,85 kWh/(m <sup>2</sup> .ano)
	x	
Área interior útil de Pavimento $A_p$	37,06	m <sup>2</sup>
	=	
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v, REF}$	1995,76	kWh/ano

Folha de Cálculo E	
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO	
<b>E.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO</b>	
0,024	
x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1141 °C.dias
x	
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,i}$	93,54 W/°C
(da folha de cálculo A.4)	=
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i}$	2561,57 kWh/ano
<b>E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR</b>	
0,024	
x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1141 °C.dias
x	
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{re,i}$	40,34 W/°C
(da folha de cálculo B.1)	=
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{re,i}$	1104,71 kWh/ano
<b>E.3 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS</b>	
Inércia do edifício	Média
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	1278,20 kWh/ano
(da folha de cálculo C.3)	=
$Q_{tr,i} + Q_{re,i}$	3666,28 kWh/ano
(das folhas de cálculo E.2 e C.3)	=
parâmetro $\gamma_i$	0,35
parâmetro $a_i$	2,6
Fator de utilização dos ganhos $\eta_i$	0,96
<b>Ganhos totais úteis</b>	
Fator de utilização dos ganhos $\eta_i$	0,96
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	1278,20 kWh/ano
(da folha de cálculo C.3)	=
Ganhos totais úteis $Q_{gu,i}$	1223,19 kWh/ano
<b>E.4 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO</b>	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i}$	2561,57 kWh/ano
(da folha de cálculo E.1)	+
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{re,i}$	1104,71 kWh/ano
(da folha de cálculo E.2)	-
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gu,i}$	1223,19 kWh/ano
(da folha de cálculo E.3)	=
Necessidades anuais na estação de aquecimento	2443,09 kWh/ano
+	
Área interior útil de pavimento $A_p$	37,06 m <sup>2</sup>
=	
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_k$	65,92 kWh/(m <sup>2</sup> .ano)

LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO	
<b>E.5 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA</b>	
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr, REF}$	110,95 W/°C (da folha de cálculo A.8)
+	
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,j, REF}$	40,34 W/°C (da folha de cálculo B.3)
=	
Coeficiente de transferência de calor $H_{t,j, REF}$	151,29 W/°C
<b>E.6 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA</b>	
	0,024
x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1141 °C.dias
x	
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr, REF}$	110,95 W/°C (da folha de cálculo A.8)
=	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,j, REF}$	3038,31 kWh/ano
<b>E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA</b>	
	0,024
x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1141 °C.dias
x	
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,j, REF}$	40,34 W/°C (da folha de cálculo B.3)
=	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,j, REF}$	1104,71 kWh/ano
<b>E.8 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA</b>	
Ganhos totais úteis	
	0,6
x	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,j, REF}$	1294,68 kWh/ano (da folha de cálculo C.4)
=	
Ganhos totais úteis $Q_{gu,j, REF}$	776,81 kWh/ano
<b>E.9 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO</b>	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,j, REF}$	3038,31 kWh/ano (da folha de cálculo E.6)
+	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,j, REF}$	1104,71 kWh/ano (da folha de cálculo E.7)
-	
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gu,j, REF}$	776,81 kWh/ano (da folha de cálculo E.8)
=	
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	3366,22 kWh/ano
:	
Área interior útil de pavimento $A_p$	37,06 m <sup>2</sup>
=	
Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_e$	90,83 kWh/m <sup>2</sup> .ano

Folha de Cálculo F  
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,v} & \boxed{88,56} & \text{W/}^\circ\text{C} \\
 \text{(da folha de cálculo A.4)} & + & \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,v} & \boxed{40,34} & \text{W/}^\circ\text{C} \\
 \text{(da folha de cálculo B.2)} & = & \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,v} & \boxed{128,90} & \text{W/}^\circ\text{C}
 \end{array}$$

F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,v} & \boxed{88,56} & \text{W/}^\circ\text{C} \\
 \text{(da folha de cálculo A.4)} & \times & \\
 (\theta_{ext,v,ref} - \theta_{ext,v}) & \boxed{4,10} & ^\circ\text{C} \\
 \times & & \\
 \text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v & \boxed{2928} & \text{horas} \\
 : & & \\
 1000 & & \\
 = & & \\
 \text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr,v} & \boxed{1063,10} & \text{kWh/ano}
 \end{array}$$

F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,v} & \boxed{40,34} & \text{W/}^\circ\text{C} \\
 \text{(da folha de cálculo B.2)} & \times & \\
 (\theta_{v,ext,ref} - \theta_{ext,v}) & \boxed{4,10} & ^\circ\text{C} \\
 \times & & \\
 \text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v & \boxed{2928} & \text{horas} \\
 \div & & \\
 1000 & & \\
 = & & \\
 \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{re,v} & \boxed{484,29} & \text{kWh/ano}
 \end{array}$$

F.4 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Inércia do edifício} & \boxed{\text{Média}} & \\
 \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,v} & \boxed{1185,37} & \text{kWh/ano} \\
 \text{(da folha de cálculo D.3)} & \div & \\
 \text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,v} + Q_{re,v} & \boxed{1547,39} & \text{kWh/ano} \\
 \text{(das folhas de cálculo F.2 e F.3)} & = & \\
 \text{parâmetro } \gamma & \boxed{0,77} & \\
 \text{parâmetro } a & \boxed{2,6} & \\
 \text{Fator de utilização dos ganhos } \eta & \boxed{0,71} &
 \end{array}$$

**F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**

	(1 - $\eta_v$ )	0,29	
	x		
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v}$		1185,37	kWh/ano
	(da folha de cálculo D.3)	÷	
Área interior útil de pavimento $A_p$		37,06	m <sup>2</sup>
	=		
Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento $N_{vc}$		9,12	kWh/(m <sup>2</sup> .ano)

**LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**

**F.6 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA**

	Fator de utilização dos ganhos $\eta_{v,REF}$	0,83
--	---	------

**F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO**

	(1 - $\eta_{v,REF}$ )	0,17	
	x		
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v,REF}$		1995,75512	kWh/ano
	(da folha de cálculo D.4)	÷	
Área interior útil de pavimento $A_p$		37,06	m <sup>2</sup>
	=		
Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento $N_v$		9,13	kWh/(m <sup>2</sup> .ano)

Folha de Cálculo G  
**NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA**

**G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO**

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{uc}$ kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	f <sub>i</sub>	Eficiência Nominal $\eta_i$	Fator de Conversão $F_{pui}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{uc} \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)
Ar Condicionado multisplit Daikin com	Eletricidade	65,92	1	4,20	2,5	39,24
		<b>TOTAL</b>	<b>1</b>		<b>TOTAL</b>	<b>39,24</b>

**G.2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO**

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{vc}$ kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	f <sub>v</sub>	δ	Eficiência Nominal $\eta_v$	Fator de Conversão $F_{pov}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot \delta \cdot N_{vc} \cdot F_{pov} / \eta_v$ kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)
Ar Condicionado multisplit Daikin com	Eletricidade	9,12	1	1	4,00	2,5	5,70
		<b>TOTAL</b>	<b>1</b>			<b>TOTAL</b>	<b>5,70</b>

**G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS**

			$M_{AQS}$	<input type="text" value="80"/>	l
				x	
	40			4187	
	x			x	
Número convencional de ocupantes de cada fração n	<input type="text" value="2"/>	ocupantes	Aumento de temperatura $\Delta T$	<input type="text" value="35"/>	
	x			x	
Fator de eficiência hídrica	<input type="text" value="1"/>		Número de dias de consumo	<input type="text" value="365"/>	dias
	=			+	
Consumo médio diário de referência $M_{AQS}$	<input type="text" value="80"/>	l		<input type="text" value="3600000"/>	
				+	
				$A_p$	<input type="text" value="37,06"/>
				=	
			Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS $Q_u/A_p$	<input type="text" value="32,07"/>	kWh/(m <sup>2</sup> .ano)

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_u/A_p$ kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	$f_a$	Eficiência Nominal $\eta_{te}$	Fator de Conversão $F_{pu}$ kWh <sub>ep</sub> /kWh	Necessidades de Energia primária $f_a \cdot \delta \cdot Q_u/A_p \cdot F_{pu} / \eta_{te}$ kWh <sub>ep</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)
Termoacumulador	Eletricidade	32,07	1	0,93	2,5	17,48
		TOTAL	1		TOTAL	17,48

**G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA**

Energia anual elétrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica $W_{em}$	<input type="text" value="0"/>	kWh/ano
	+	
Área interior útil de Pavimento $A_p$	<input type="text" value="37,06"/>	m <sup>2</sup>
	x	
Fator de Conversão $F_{pu}$	<input type="text" value="2,5"/>	kWh <sub>ep</sub> /kWh
	=	
Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação	<input type="text" value="0,00"/>	kWh <sub>ep</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)

**G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL**

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	$E_{ren}/A_p$ kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	Fator de Conversão $F_{pu}$ kWh <sub>ep</sub> /kWh	Energia primária $E_{ren} \cdot F_{pu}$ kWh <sub>ep</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)
Sistema solar térmico para AQS - Marca Bulbosol e modelo 35VC-201	Solar	947,62	1	25,57
		TOTAL		25,57

**G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA**

Energia primária para aquecimento (da folha de cálculo G.1)	<input type="text" value="39,24"/>	kWh <sub>ep</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)
	+	
Energia primária para arrefecimento (da folha de cálculo G.2)	<input type="text" value="5,70"/>	kWh <sub>ep</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)
	+	
Energia primária para a preparação de AQS (da folha de cálculo G.3)	<input type="text" value="17,48"/>	kWh <sub>ep</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)
	+	
Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica (da folha de cálculo G.4)	<input type="text" value="25,57"/>	kWh <sub>ep</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)
	-	
Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável (da folha de cálculo G.5)	<input type="text" value="25,57"/>	kWh <sub>ep</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)
	=	
Necessidades nominais anuais globais de energia primária $N_{te}$	<input type="text" value="62,42"/>	kWh <sub>ep</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)

**NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA**

**G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA**

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{ic}$ kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	$f_i$	Eficiência Nominal $\eta_i$	Fator de Conversão $F_{pui}$ kWh <sub>ep</sub> /kWh	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh <sub>ep</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)
Sistemas por defeito	eletricidade	90,83	1	1,00	2,50	227,08
		TOTAL	1		TOTAL	227,08

G.8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA						
SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{vc}$ kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	$f_v$	Eficiência Nominal $\eta_v$	Fator de Conversão $F_{pv}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot \delta \cdot N_{vc} \cdot F_{pv} / \eta_v$ kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)
Sistemas por defeito	eletricidade	9,13	1	3,01	2,50	7,59
		TOTAL	1		TOTAL	7,59

G.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA

<p style="text-align: center;">40</p> <p>Número convencional de ocupantes de cada fração n</p> <p style="text-align: center;">2</p> <p>ocupantes</p> <p style="text-align: center;">1</p> <p>Fator de eficiência hídrica</p> <p style="text-align: center;">80</p> <p>Consumo médio diário de referência <math>M_{AQ5}</math></p>	<p style="text-align: center;"><math>M_{AQ5}</math></p> <p style="text-align: center;">80</p> <p>l</p> <p style="text-align: center;">x</p> <p style="text-align: center;">4187</p> <p style="text-align: center;">x</p> <p>Aumento de temperatura <math>\Delta T</math></p> <p style="text-align: center;">35</p> <p>°C</p> <p style="text-align: center;">x</p> <p>Número de dias de consumo</p> <p style="text-align: center;">365</p> <p>dias</p> <p style="text-align: center;">+</p> <p style="text-align: center;">3600000</p> <p style="text-align: center;">+</p> <p style="text-align: center;">Ap</p> <p style="text-align: center;">37,06</p> <p>m<sup>2</sup></p> <p style="text-align: center;">=</p> <p>Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS <math>Q_u/A_p</math></p> <p style="text-align: center;">32,07</p> <p>kWh/(m<sup>2</sup>.ano)</p>
---	--

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_u/A_p$ kWh/(m <sup>2</sup> .ano)	$f_a$	Eficiência Nominal $\eta_a$	Fator de Conversão $F_{pv}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Necessidades de Energia primária $f_a \cdot \delta \cdot Q_u/A_p \cdot F_{pv} / \eta_a$ kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)
Sistemas por defeito	eletricidade	32,07	1	0,95	2,50	84,40
		TOTAL	1		TOTAL	84,40

G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento (da folha de cálculo G.7)	227,08	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	+	
Energia primária para arrefecimento (da folha de cálculo G.8)	7,59	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	+	
Energia primária para a preparação de AQS (da folha de cálculo G.9)	84,40	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
	=	
Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária $N_t$	319,07	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano



## **ANEXO III – FOLHA SCE**



Direção Geral de Energia e Geologia

Relatório de simulação de desempenho de sistemas solar térmico: requisitos mínimos REH																																																																																																																																																																																																																				
Sumário																																																																																																																																																																																																																				
26 coletores Padrão REH » painel com á 16.9 m² (inclinação 35° e azimute 0°) » depósito de 1040 l, modelo adequado (REH)			Necessidades de energia: AQS regulamentar (REH) Energia útil solicitada: 15,449 kWh - satisfeitas por origem solar 10,528 kWh 68% de fração solar - satisfeitas pelo apoio 4,921 kWh 32%				Indicadores principais (sistema solar) rendimento: 38% produtividade: 623 kWh/m² perdas: 16%																																																																																																																																																																																																													
Local e clima																																																																																																																																																																																																																				
NUTS III: Grande Porto Município: Porto			elevação: 20 m		albedo: 20%																																																																																																																																																																																																															
obstruções do horizonte																																																																																																																																																																																																																				
azimute: E -85° -80° -75° -70° -65° -60° -55° -50° NE -40° -35° -30° -25° -20° -15° -10° -5° S																																																																																																																																																																																																																				
altura angular: _____																																																																																																																																																																																																																				
azimute: S 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° NW 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° W																																																																																																																																																																																																																				
altura angular: _____																																																																																																																																																																																																																				
Configuração do sistema solar																																																																																																																																																																																																																				
Sistema solar por medida, em circulação forçada, com 16.9 m² de coletores com inclinação 35° e orientação 0°, e armazenamento de água sanitária centralizado com 1040 litros, apoio de montagem ao depósito com controlo temporizado.																																																																																																																																																																																																																				
Circuito primário com 5 m de comprimento, tubagens de calibre 28 mm, isolamento em poliuretano com 30 mm de espessura. Bombas de 50 W, garantindo um caudal nominal de 46 l/m² por hora, fluido circulante com 25% de anticongelante.																																																																																																																																																																																																																				
26 coletores de modelo Padrão REH. Características principais: área de abertura 0.65 m², coeficientes de perdas térmicas a1 = 4.12 W/m²K e a2 = 0.014 W/m²K², rendimento óptico = 73%.																																																																																																																																																																																																																				
1 depósito de modelo adequado (REH), com capacidade 1040 litros, em posição vertical. Características construtivas principais: coeficiente de perdas térmicas global = 12.3 W/°C, paredes em INOX, temperatura máxima de operação 99°C.																																																																																																																																																																																																																				
Apoio energético fornecido por sistema elétrico ( ) com eficiência nominal 100%.																																																																																																																																																																																																																				
Água quente distribuída por tubagens de calibre 15 mm isoladas por poliuretano com espessura 12 mm, com 12 m entre depósito e ponto de consumo.																																																																																																																																																																																																																				
Necessidades de energia																																																																																																																																																																																																																				
Águas quentes sanitárias - padrão REH			Residências T0				T3																																																																																																																																																																																																													
edifício:			nº fracções desta tipologia 11				1																																																																																																																																																																																																													
			nº ocupantes por fracção 2				4																																																																																																																																																																																																													
			consumo diário por ocupante (litros) 40				40																																																																																																																																																																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th>fev</th><th>mar</th><th>abr</th><th>mai</th><th>jun</th><th>jul</th><th>ago</th><th>set</th><th>out</th><th>nov</th><th>dez</th><th>°C</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th>13</th><th>14</th><th>15</th><th>16</th><th>18</th><th>20</th><th>20</th><th>19</th><th>17</th><th>15</th><th>13</th><th>°C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">temperaturas</td> <td>jan</td> <td>52</td><td>52</td><td>51</td><td>50</td><td>49</td><td>49</td><td>50</td><td>51</td><td>52</td><td>52</td><td>53</td><td>°C</td> </tr> <tr> <td>abastecimento de água 13 pretendida no consumo 53</td> <td>fev</td><td>mar</td><td>abr</td><td>mai</td><td>jun</td><td>jul</td><td>ago</td><td>set</td><td>out</td><td>nov</td><td>dez</td><td>kWh</td> </tr> <tr> <td rowspan="7">energiadiária</td> <td>segunda-feira 42.3</td> <td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>kWh</td> </tr> <tr> <td>terça-feira 42.3</td> <td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>kWh</td> </tr> <tr> <td>quarta-feira 42.3</td> <td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>kWh</td> </tr> <tr> <td>quinta-feira 42.3</td> <td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>kWh</td> </tr> <tr> <td>sexta-feira 42.3</td> <td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>kWh</td> </tr> <tr> <td>sábado 42.3</td> <td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>kWh</td> </tr> <tr> <td>domingo 42.3</td> <td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>42.3</td><td>kWh</td> </tr> <tr> <td colspan="2">perfil de consumo</td> <td colspan="11"></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="11">hora 7 (período diurno) 40%</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">hora 19 (período nocturno) 40%</td> <td>10%</td><td>.</td><td>.</td><td>.</td><td>.</td><td>.</td><td>.</td><td>.</td><td>.</td><td>.</td><td>.</td><td></td> </tr> </tbody> </table>														fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	°C			13	14	15	16	18	20	20	19	17	15	13	°C	temperaturas	jan	52	52	51	50	49	49	50	51	52	52	53	°C	abastecimento de água 13 pretendida no consumo 53	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	kWh	energiadiária	segunda-feira 42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	kWh	terça-feira 42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	kWh	quarta-feira 42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	kWh	quinta-feira 42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	kWh	sexta-feira 42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	kWh	sábado 42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	kWh	domingo 42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	kWh	perfil de consumo															hora 7 (período diurno) 40%													20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6		hora 19 (período nocturno) 40%		10%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
		fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	°C																																																																																																																																																																																																							
		13	14	15	16	18	20	20	19	17	15	13	°C																																																																																																																																																																																																							
temperaturas	jan	52	52	51	50	49	49	50	51	52	52	53	°C																																																																																																																																																																																																							
	abastecimento de água 13 pretendida no consumo 53	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	kWh																																																																																																																																																																																																							
energiadiária	segunda-feira 42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	kWh																																																																																																																																																																																																							
	terça-feira 42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	kWh																																																																																																																																																																																																							
	quarta-feira 42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	kWh																																																																																																																																																																																																							
	quinta-feira 42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	kWh																																																																																																																																																																																																							
	sexta-feira 42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	kWh																																																																																																																																																																																																							
	sábado 42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	kWh																																																																																																																																																																																																							
	domingo 42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	42.3	kWh																																																																																																																																																																																																							
perfil de consumo																																																																																																																																																																																																																				
		hora 7 (período diurno) 40%																																																																																																																																																																																																																		
		20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6																																																																																																																																																																																																								
hora 19 (período nocturno) 40%		10%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.																																																																																																																																																																																																								



Direção Geral de Energia e Geologia

Relatório de simulação de desempenho de sistema solar térmico												
Sumário												
10 coletores VulcanoFKC-2S » painel com área 22.5 m <sup>2</sup> (inclinação 35° e azimute 0°) » depósito de 1040 l, modelo adequado (REH)			Necessidades de energia <u>AQSregulamenta</u> (REH) Energia útil solicitada: 15,449 kWh - satisfeitas por origem solar <b>12,319 kWh</b> 80% de fração solar - satisfeitas pelo apoio 3,130 kWh 20%				Indicadores principais (sistema solar) rendimento: 36% produtividade: 548 kWh/m <sup>2</sup> perdas: 18%					
Local e clima												
NUTS III: Grande Porto			Município: Porto			elevação: 20 m			albedo: 20%			
obstruções do horizonte												
azimute: E -85° -80° -75° -70° -65° -60° -55° -50° NE -40° -35° -30° -25° -20° -15° -10° -5° S altura angular: _____												
azimute: S 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40° NW 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° W altura angular: _____												
Configuração do sistema solar												
Sistema solar por medida, em circulação forçada, com 22.5 m <sup>2</sup> de coletores com inclinação 35° e orientação 0°, e armazenamento de água sanitária centralizado com 1040 litros, apoio de montagem ao depósito com controlo temporizado.  Circuito primário com 5 m de comprimento, sem permutador externo, tubagens de calibre 28 mm, isolamento em poliuretano com 30 mm de espessura. Bombas de 70 W, garantindo um caudal nominal de 38 l/m <sup>2</sup> por hora, fluido circulante com 25% de anticongelante.  10 coletores VulcanoFKC-2S - certificado 011-7S1612F de DINCERTCO(DE), dados inseridos por DGEV (válido até 2021-05-31). Área de abertura 2.25 m <sup>2</sup> , coeficientes de perdas térmicas a1 = 3.22 W/m <sup>2</sup> K e a2 = 0.015 W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> , rendimento óptico = 77%.  1 depósito de modelo adequado (REH), com capacidade 1040 litros, em posição vertical; coeficiente de perdas térmicas global = 12.3 W/K, paredes em INOX, temperatura máxima de operação 99°C.  Apoio energético fornecido por sistema elétrico (eletricidade) com eficiência nominal 100%.  Água quente distribuída por tubagens de calibre 15 mm isoladas por polietileno com espessura 10 mm, com 12 m entre depósito e ponto de consumo.												
Necessidades de energia												
Águas quentes sanitárias - padrão REH			Residências T0				T3					
edifício:			nº fracções desta tipologia 11				nº ocupantes por fracção 2					
			consumo diário por ocupante (litros) 40									
			fev mar abr mai jun jul ago set out nov dez				13 14 15 16 18 20 20 19 17 15 13 °C					
temperaturas			jan				52 52 51 50 49 49 50 51 52 52 53 °C					
			abastecimento de água 13 pretendida no consumo 53				fev mar abr mai jun jul ago set out nov dez					
			42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 kWh				42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 kWh					
energia diária			segunda-feira 42.3				42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 kWh					
			terça-feira 42.3				42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 kWh					
			quarta-feira 42.3				42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 kWh					
			quinta-feira 42.3				42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 kWh					
			sexta-feira 42.3				42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 kWh					
			sábado 42.3				42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 42.3 kWh					
			domingo 42.3				8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18					
			perfil de consumo				hora 7 (período diurno) 40%					
			20 21 22 23 24 1 2 3 4 5 6				10% . . . . .					
			hora 19 (período nocturno) 40%				10% . . . . .					



## **ANEXO IV – FICHAS TÉCNICAS**

PORTAS  
DE APARTAMENTO

spheris HiS



POINT FORT  
**FICHET** 



AS PORTAS DA GAMA SPHERIS FORAM OBJETO DE UMA CONCEÇÃO ECOLÓGICA, QUE INTEGRA TODAS AS FASES DO CICLO DE VIDA DO PRODUTO. SÃO SEMPRE FABRICADAS SOB MEDIDA PARA UMA ADAPTAÇÃO PERFEITA À SITUAÇÃO EXISTENTE.

## NÍVEIS DE DESEMPENHO

<b>PORTA</b>	Certificação A2P BP2 Norma europeia EN 1627 classe 4	
<b>FECHADURA</b>	Certificação A2P 3 estrelas	
<b>RESISTÊNCIA AO FOGO</b>	Elz 30	
<b>ATENUAÇÃO ACÚSTICA*</b>	Rw(C;Ctr) = 42(-1;-5) dB	
<b>ISOLAMENTO TÉRMICO DA PORTA*</b>	2,1 W/m <sup>2</sup> .°C na versão standard 1,6 W/m <sup>2</sup> .°C com a opção de isolamento térmico	

\*exceto com a opção de escova de vedação automática

## FECHADURA

- 5 pontos de fecho:
  - 4 trancas basculantes em forma de gancho **1** - duplo ponto central **2**
- Sistema antiarrombamento integrado que provoca o bloqueio da fechadura em caso de tentativa de ataque do sistema



## SISTEMA DE ROTAÇÃO

- 2 dobradiças **3** + 4 espigões encastráveis no aro impedindo a desmontagem das dobradiças **4**
- Dobradiças invisíveis integradas na estrutura



## EQUIPAMENTOS DE SÉRIE

- **Puxador de muleta, botão, puxador** de asa em acabamento cromado escovado ou latão polido. Possibilidade de combinar os acabamentos cromado e latonado no interior e no exterior
- **Visor óptico** cromado ou em latão: a condizer com o acabamento dos restantes equipamentos, tanto no interior como no exterior
- **Vedação** inferior cromada ou latonada: conforme o acabamento dos restantes equipamentos, tanto no interior como no exterior, ou escova de vedação automática
- **Contra gatinhos** semiautomático: permite manter a porta entreaberta, evitando uma intrusão forçada



**PUXADOR DE MULETA**  
Latão polido ou cromado escovado



**PUXADOR DE ASA**  
Latão polido ou cromado escovado



**BOTÃO**  
Latão polido ou cromado aveludado



**VISOR ÓPTICO**  
Cromado ou latão



**MAÇANETA** (opcional)  
PVD latão polido ou cromado aveludado

## F3D, uma inovação revolucionária!



Graças ao seu sistema tridimensional, impossível de reproduzir fora da nossa fábrica, o cilindro F3D Fichet e a sua chave de design futurista revolucionam a segurança da habitação. Oferecendo uma resistência excecional às tentativas de arrombamento, esta nova geração de cilindros é a essência da porta Fichet Spheris HiS.

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

<b>Espessura da folha</b>	66 mm
<b>Blindagem</b>	Sobreposição de chapa de aço, grelhas reforçadas e materiais isolantes
<b>Passagem livre (largura)</b>	600 a 1000 mm
<b>Altura</b>	1875 a 2 300 mm

## ACABAMENTOS

- Chapas lacadas tom RAL com ou sem molduras (molduras apenas do lado exterior)
- Chapas plastificadas tons madeira
- Painéis de madeira lisos
- Painéis de madeira com molduras
- Painéis de madeira design
- Painéis de madeira decorativos

Para mais detalhes sobre os acabamentos, consulte a brochura Point Fort Fichet, "Soluções de segurança"

## OPÇÕES

- Isolamento térmico
- Fecho de controlo: integrado na fechadura, permite impedir temporariamente o acesso a determinadas pessoas a quem confiou a chave (baby-sitter, empregada doméstica, etc.)
- Maçaneta central

**10 ANOS**  
DE TRANQUILIDADE

Os nossos produtos têm uma garantia de 10 anos. Consulte as condições no seu Point Fort Fichet ou no nosso site [www.fichet-pointfort.com](http://www.fichet-pointfort.com)



Equipamentos de Segurança, Lda.

Contatos: 939 115 115 – 217 520 960

[www.guardamor.pt](http://www.guardamor.pt)

O SEU CONSELHEIRO POINT FORT FICHET

POINT FORT  
**FICHET**

[WWW.FICHET-POINTFORT.COM](http://WWW.FICHET-POINTFORT.COM)





## HOJA TECNICA

### PLACA DE YESO LAMINADO TRANSFORMADA KNAUF POLYPLAC XTHERM 32 (EPS)

#### Datos comerciales:

Espesor de placa:	12.5 mm.
Espesor del poliestireno:	30, 40, 50 ,60 ,70, 80, 90 y 100 mm.
Ancho:	1200 mm.
Longitudes:	2600 mm.
Bordes:	Afinados
Color:	Cara aparente blanca

#### Datos técnicos:

Placa compuesta, conformada por una placa Knauf Standard de 12.5 mm. de espesor, que lleva adherida una lámina de poliestireno expandido de ultima generación de color gris. La adherencia del poliestireno a esta placa se realiza por medio de una cola blanca de Polisilicato de Vinilo.

Características	PYL Knauf	Poliestireno expandido						
	12.5 mm.	30 mm.	40 mm.	50 mm.	60 mm.	80 mm.	90 mm.	100 mm.
Densidad del material (Kg/m <sup>3</sup> )	720	Aprox. 15						
Conductividad térmica $\lambda$ (W/m.K)	0,21	0,032						
Resistencia térmica útil material $R_t$ (m <sup>2</sup> .K/W)	0,06	0.94	1.25	1.56	1.87	2.50	2.81	3.12
<b>Resistencia térmica útil del conjunto <math>R_t^*</math> (m<sup>2</sup>.K/W)</b>	-	1.00	1.30	1.60	1.90	2.55	2.85	3.15
Factor de resistencia al vapor de agua, $\mu$	Seco 10 Húmedo 4	Seco 70 Húmedo 30						
Durabilidad: sin límites, siempre que no esté en contacto con humedades.								

\*En transformados, el redondeo se hace al 0.5 inferior.

#### Campo de uso:

Trasdosados de tabiques y muros, para lograr un mayor aislamiento térmico y acústico.

#### Normativa:

UNE EN 13950

#### Calidad constatada:

La regularidad con que son sometidas a ensayo los materiales en los laboratorios de nuestra fábrica, garantiza una calidad constante desde el control de calidad de las materias primas a la vigilancia permanente de la producción. Nuestra amplia gama de productos ofrece siempre la garantía de estar todos fabricados bajo norma UNE EN 13950 y llevan el marcado CE.

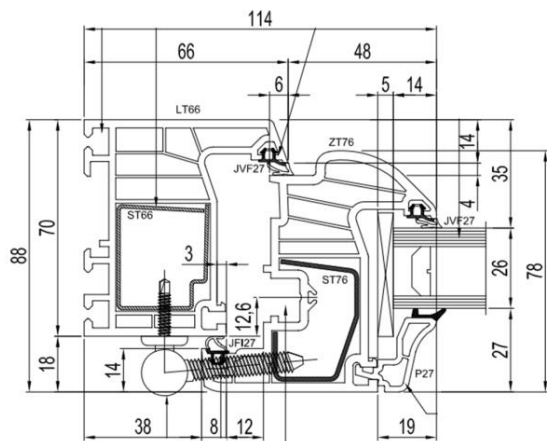


# FICHA TÉCNICA T70sc

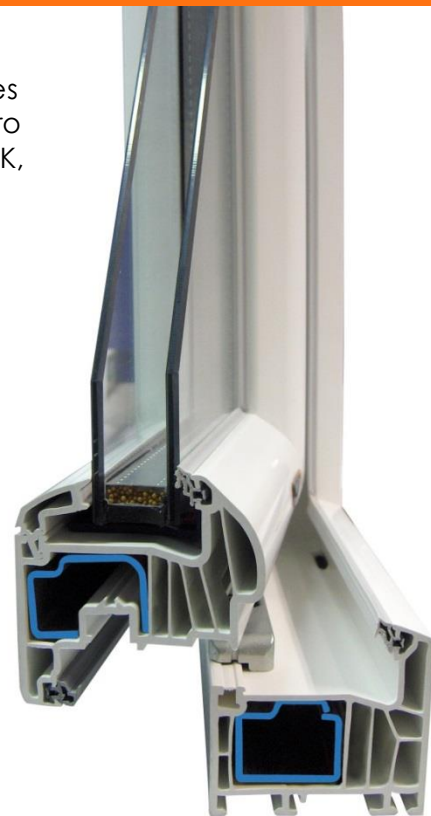
## Janela PVC

**Deleme**<sup>®</sup>  
Janelas

Caixilharia composta por perfis de PVC (conceito TRYBA), em sistema de batente. A série de 70mm de espessura tem capacidade para composições de vidro entre 28 e 42mm. Em consequência das 5 câmaras interiores no aro e das 6 na folha consegue-se obter uma transmissão térmica de 1,4 W / m<sup>2</sup>.K, sendo ideal para qualquer exposição climatérica.



Imitação de Madeira, com cor a uma e duas faces



### TIPOLOGIA



- Abertura para o interior
- 1, 2 ou mais folhas
- Compostos com bandeiras
- Aros curvados

### BANCADA DE ENSAIO (ITT)

Permeabilidade ao AR Norma EN12207	1	2	3	4						
Estanquidade à ÁGUA Norma EN12208	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	Exxx
Resistência ao VENTO Norma EN12210	C1	C2	C3	C4	C5					

Ensaio realizado numa janela 2 folhas o.b. de 1884mm x 1562mm

### DIMENSÕES MÁXIMAS

LARGURA MÁX./FOLHA 1000mm	ALTURA MÁX./FOLHA 2400mm	PESO MÁX./FOLHA 130 Kg
------------------------------	-----------------------------	---------------------------

Considerado janela de 2 folhas. Consultar a DELEME para restantes tipologias



#### Isolamento

- Isolamento térmico da janela até 1,2 W/m<sup>2</sup>.K
- Atenuação acústica da janela até 44 dB
- Perfis de PVC com 6 câmaras de isolamento (**folhas**) e 5 câmaras (**aro**)
- Perfis de 78 mm de profundidade (folha móvel) e 70 mm (aro fixo)
- Vidro duplo de 28 e 42mm com caixa de ar ou com **gás argon**



#### Estanquidade

- **Classe AEV** até A\*4 E\*9A V\*C4 ["A" permeabilidade ao Ar, "E" estanquidade à água e "V" resistência ao vento
- 2 juntas de vedante soldadas nos ângulos



#### Resistência

- Reforços em aço galvanizado, nos aros fixos e nas folhas móveis, mesmo em pequenas janelas, ou seja, em todo o perímetro
- **Dobradiças** aparafusadas aos reforços de aço nos aros fixos e nas folhas móveis



#### Segurança

- Pontos de fecho ajustáveis
- Sistema de segurança com pontos de fecho em forma de cogumelo anti arrombamento (com pé de cabra)
- **Fecho** multiponto de alavanca na segunda folha (folha passiva). Permite trancar a janela através de pontos suplementares intermédios



#### Estética

- Perfis exclusivos com "eixo" central de apenas 124 mm (visto do exterior), o que permite mais entrada de luz
- 2 tipos de bites (moldurado e recto)
- Várias cores (renolit ou lacado) - sob consulta