

## ÍNDICE

1. Introdução .....	3
1.1. Motivação.....	3
1.2. Objectivo .....	4
2. Os Novos Regulamentos RCCTE e RSECE .....	5
2.1. Noções introdutórias .....	5
2.1.1. Tratado de Quioto e os Novos Regulamentos em Portugal.....	5
2.1.2. Noção de conforto termo-higrométrico e balanço térmico .....	6
2.2. Sistema Nacional Certificação Energética e da QAI nos Edifícios – SCE.....	7
2.2.1. Organização, objectivos e funcionamento do SCE .....	9
2.2.2. Certificado energético de edifícios .....	11
2.2.3. Peritos Qualificados .....	12
2.2.4. Objectivo do RCCTE .....	12
2.2.5. Objectivo do RSECE .....	14
2.2.6. Calendarização.....	15
2.2.7. Tipos de edifícios abrangidos pelo RSECE .....	15
2.2.8. Fases para aplicação do RSECE .....	16
3. Caso de Estudo - Edifício 2 de Lagoas Park .....	19
3.1. Introdução e Método de estudo .....	19
3.1.1. Método de cálculo do IEE.....	19
3.1.2. Método e etapas do estudo energético do edifício.....	20
3.1.3. Software para realização da simulação energética.....	23
3.1.4. Dados Gerais do Edifício.....	27
3.1.5. Equipamentos técnicos de climatização do edifício .....	32
3.1.6. Sala da Gestão Técnica Centralizada (Regulação e controlo) .....	35
3.2. Abordagem simplificada e Auditoria Energética .....	35
3.2.1. Abordagem Simplificada ( $IEE_{real-facturas}$ e $IEE_{ref-exist}$ ) .....	35
3.2.2. Auditoria Energética .....	39
3.2.2.1. Análise real dos consumos energéticos .....	40
3.2.2.2. Ocupação .....	43
3.2.2.3. Iluminação .....	44
3.2.2.4. Equipamento.....	46
3.2.2.5. Ventilação .....	47
3.2.2.6. Aquecimento e Arrefecimento .....	48
3.2.2.7. AQS .....	52
3.2.2.8. Factor de Forma .....	52
3.2.2.9. IEE real resultante da Auditoria .....	53
3.2.3. Simulação Multizona .....	56
3.2.3.1. Levantamento dimensional e estudo da envolvente.....	57
3.2.3.2. Pontes térmicas lineares .....	60
3.2.3.3. Perdas pelas Paredes Exteriores e Interiores .....	60
3.2.3.4. Perdas pelas Pontes Térmicas Planas.....	61
3.2.3.5. Perdas pelas coberturas e pavimentos .....	61
3.2.3.6. Ganhos solares pela envolvente opaca.....	62
3.2.3.7. Perdas através de envidraçados exteriores e interiores.....	63
3.2.3.8. Ganhos úteis através dos vãos envidraçados .....	64
3.2.3.9. Inércia Térmica .....	73
3.3. Resultados da Simulação Energética e respectiva Classificação .....	75
3.3.1. Calibração da simulação .....	75
3.3.2. Simulação com perfis nominais .....	77
3.3.3. Classificação Energética .....	79
4. Medidas para Utilização Racional de Energia (PRE).....	83
4.1. PRE 1 – Solução de Controlo de fluxo de iluminação.....	84
4.2. PRE 2 – Substituição dos Chiller's existentes.....	89
4.3. Solução – Janela Rotativa Radiante .....	91

5. Resultados e Conclusões.....	99
6. Referências Bibliográficas.....	101

### **ANEXOS:**

Anexo I – Auditoria Energética – Análise de QE e resultados.....	103
Anexo II – Cálculo das áreas para construção do modelo de simulação.....	111
Anexo III – Cálculo das Pontes Térmicas Lineares.....	121
Anexo IV – Cálculo dos Coeficientes de Transmissão Térmica – Env. vertical.....	125
Anexo V – Cálculo das Pontes Térmicas Planas.....	131
Anexo VI – Cálculo dos Coeficientes de Transmissão Térmica – Env. horizontal.....	137
Anexo VII-A – Envidraçados – Factor de Orientação.....	141
Anexo VII-B – Envidraçados – Factor de Sombreamento do Horizonte.....	143
Anexo VII-C – Envidraçados – Factor de Sombreamento Elementos Horizontais.....	145
Anexo VII-D – Envidraçados – Factor de Sombreamento Elementos Verticais.....	147
Anexo VII-E – Envidraçados – Tabela Factores Estação de Arrefecimento.....	149
Anexo VIII – Características Materiais – Vãos envidraçados e Isolamentos .....	151
Anexo IX – Fichas Software STE.....	165

## **1. Introdução**

### **1.1. Motivação**



Figura 1.1 – Vista Geral do Empreendimento Lagoas Park em Porto Salvo

A 1 de Julho de 2007 entraram em vigor os novos regulamentos RCCTE (Regulamento do Comportamento Características Térmicas dos Edifícios) e RSECE (Regulamento de Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios), abrangendo também os edifícios existentes a partir de 1 de Janeiro 2009.

Estando actualmente a trabalhar na TDGI, uma empresa do grupo Teixeira Duarte que actua na área de gestão, condução e manutenção de imóveis, e sendo responsável pela gestão de 5 edifícios situados no empreendimento Lagoas Park em Porto Salvo, optou-se na presente dissertação por realizar o estudo e simulação energética do Edifício 2, existente no referido empreendimento, à luz dos novos regulamentos.

O objectivo do presente trabalho reside assim na apresentação das 6 etapas de estudo necessárias para determinação da classe energética de um edifício existente.

## **1.2. Objectivo**

Este estudo está dividido em 3 fases distintas, que se desenvolvem ao longo dos capítulos 2 a 4.

No capítulo 2 são apresentadas de uma forma sumária a origem dos novos regulamentos térmicos para edifícios, noções básicas de conforto térmico, é apresentado o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do ar Interior nos edifícios (SCE) e os novos Regulamentos RCCTE e RSECE Decretos-Lei 78, 79 e 80 /2006 de 4 de Abril, que poderão ser consultados respectivamente nas referências [1], [2] e [3].

No capítulo 3 faz-se uma descrição física de todo o edifício em estudo e sua envolvente, incluindo todos os equipamentos técnicos de climatização relevantes. Apresenta-se o estudo e simulação efectuados na auditoria energética do edifício (Análise simplificada e Simulação multizona), com base no RCCTE e RSECE. Este capítulo tem como resultado a determinação da Classe Energética e do Indicador de Eficiência Energética (IEE) do edifício em estudo, bem como outros parâmetros que deverão ser apresentados nas inspecções periódicas obrigatórias conforme está descrito no Decreto-Lei nº 79/2006, de 4 de Abril.

No capítulo 4 são apresentadas e analisadas medidas para utilização racional de energia no edifício e são definidos e quantificados Planos de Racionalização Energética (PRE) e sua viabilidade económica.

A tese termina com uma breve conclusão sobre o estudo efectuado, e apresentação das áreas mais influentes na classificação energética de edifícios com mais de 1000m<sup>2</sup> ou potência térmica superior a 25kW.

## **2. Os Novos Regulamentos RCCTE e RSECE**

### **2.1. Noções introdutórias**

#### **2.1.1. Tratado de Quioto e os Novos Regulamentos em Portugal**

Desde de 1999 até hoje, num contexto de pouca exigência regulamentar e com o aumento efectivo do grau de exigência de conforto pela população, os consumos de energia no sector dos serviços aumentaram a um ritmo muito superior aos restantes sectores.

Um estudo mostrou que os edifícios, que representam 40% do consumo de energia na Europa, tinham um potencial de poupança de mais de 30% com medidas que tinham viabilidade económica e seriam fáceis de implementar. Uma das razões para este aumento do consumo de energia no sector dos serviços foram os baixos preços do petróleo e a “energia” barata na década de 1990 e nos primeiros anos do século XXI.

Em 16 de Fevereiro de 2005 entrou oficialmente em vigor o tratado de Quioto. Ao assinar o tratado, cada país terá de reduzir a quantidade de gases poluentes em, pelo menos, 5,2% até 2012, em relação aos níveis de 1990. Os países signatários terão que colocar em prática planos para reduzir a emissão desses gases entre 2008 e 2012. Surge assim em Portugal neste contexto os novos Regulamentos de Comportamento das Características Térmicas dos Edifícios (RCCTE) e Regulamento de Sistemas Energéticos de Climatização de Edifícios (RSECE) cujos objectivos são:

- **Informar** os consumidores sobre a qualidade térmica dos edifícios;
- **Melhorar** o desempenho térmico dos edifícios através da implementação de medidas economicamente viáveis;
- **Promover** a reabilitação dos edifícios antigos, melhorando a sua eficiência energética;
- **Aumentar** a eficiência média do sector dos edifícios, contribuindo para o cumprimento dos objectivos de Quioto.

## **2.1.2. Noção de conforto termo-higrométrico e balanço térmico**

### **NOÇÃO DE CONFORTO TERMO-HIGROMÉTRICO**

Considera-se correntemente que um indivíduo está colocado em condições de conforto termo-higrométrico quando não sente qualquer desagrado ou irritação de modo a distraí-lo das suas actividades de momento. Assim, a condição básica para que tal se verifique é a de que o sistema termo-regulador do organismo se encontre em equilíbrio com o ambiente, isto é, que haja num dado momento equilíbrio de um conjunto de condições biofísicas sem violentação das funções orgânicas.

Dado que o organismo humano funciona em condições de saúde a uma temperatura constante ( $36 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ), a energia calorífica (metabolismo) produzida pelos seus processos vitais – circulação, respiração reacções provenientes da digestão, etc. – e actividade muscular deverá ser dissipada na medida em que é produzida, de modo a não haver acumulação ou deficit que provoquem o seu funcionamento anormal.

O ambiente interno dos edifícios deve ser “criado” de modo a que, com vestuário apropriado, os utentes possam realizar as suas actividades sem sensação de desconforto, causada nomeadamente por trocas de calor com o ambiente exageradas, ou desigualdade exagerada de temperatura entre as diversas partes do corpo. (Ex. pés em contacto com o solo excessivamente frio ou quente, a cabeça aquecida por radiação excessiva devido a lâmpadas, etc.)

Os elementos climáticos que mais directamente afectam o comportamento termo-higrométrico dos edifícios são fundamentalmente a temperatura, humidade, velocidade do ar e a radiação solar. [6]

## **NOÇÃO DE BALANÇO TÉRMICO EM EDIFÍCIOS**

Quer os valores previsíveis para o consumo de energia ao longo de toda uma estação, de aquecimento ou arrefecimento, quer a potência máxima estimada a fornecer, decorrem do balanço entre as perdas ou ganhos de calor através da envolvente (elementos de construção) e os ganhos decorrentes da energia solar e da ocupação interna. Neste balanço, desempenham papel preponderante duas características de construção: o isolamento térmico da sua envolvente e a sua inércia térmica interior.

- O isolamento térmico da envolvente da construção traduz a capacidade que aquela tem de se opor à passagem de calor (do interior para o exterior no Inverno, ou do exterior para o interior durante o Verão) entre os ambientes que separa.
- A inércia térmica dum local traduz a reacção que aquele apresenta a modificar o seu estado térmico, isto é, a maior ou menor rapidez com que “aquece” ou “arrefece”, ou seja, traduz a capacidade de armazenamento de energia. [6]

## **2.2. Sistema Nacional Certificação Energética e da QAI nos Edifícios – SCE**

**Decreto-Lei n.º 78/2006 de 4 de Abril**

O Estado assegura a melhoria do desempenho energético e da qualidade do ar interior dos edifícios através do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios implementando um sistema de certificação energética de forma a informar o cidadão sobre a qualidade térmica dos edifícios, aquando da construção, da venda ou do arrendamento dos mesmos, exigindo também que o sistema de certificação abranja igualmente todos os grandes edifícios públicos e edifícios frequentemente visitados pelo público. Nos edifícios existentes, a certificação energética destina-se a proporcionar informação sobre as medidas de melhoria de desempenho, com viabilidade económica, que o proprietário pode

implementar para reduzir as suas despesas energéticas e, simultaneamente, melhorar a eficiência energética do edifício.

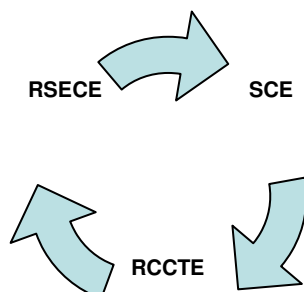


Figura 2.1 – Esquema de ligação entre os três novos decretos-lei.

O Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE) é um dos três pilares sobre os quais assenta a nova legislação relativa à qualidade térmica dos edifícios em Portugal e que se pretende venha a proporcionar economias significativas de energia para o país em geral e para os utilizadores dos edifícios, em particular. Juntamente com os diplomas que vieram rever o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 Abril, aplicável neste âmbito aos edifícios de habitação e o Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE), Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 Abril, aplicável neste âmbito aos edifícios de serviços, o SCE define regras e métodos para verificação da aplicação efectiva destes regulamentos às novas edificações, bem como, numa fase posterior, aos imóveis já construídos.

O RCCTE veio estabelecer requisitos de qualidade para os novos edifícios de habitação e de pequenos serviços sem sistemas de climatização, nomeadamente ao nível das características da envolvente (paredes, envidraçados, pavimentos e coberturas), limitando as perdas térmicas e controlando os ganhos solares excessivos. Este regulamento impõe limites aos consumos energéticos da habitação para climatização e produção de águas quentes, num claro incentivo à utilização de sistemas eficientes e de fontes energéticas com menor impacte em termos de consumo de energia primária. A nova legislação determina também a obrigatoriedade

da instalação de colectores solares e valoriza a utilização de outras fontes de energia renovável na determinação do desempenho energético do edifício.

O RSECE veio igualmente definir um conjunto de requisitos aplicáveis a edifícios de serviços e de habitação dotados sistemas de climatização, os quais, para além dos aspectos da qualidade da envolvente e da limitação dos consumos energéticos, abrangem também a eficiência e manutenção dos sistemas de climatização dos edifícios, obrigando igualmente à realização de auditorias periódicas aos edifícios de serviços. Neste regulamento, a qualidade do ar interior surge também com requisitos que abrangem as taxas de renovação do ar interior nos espaços e a concentração máxima dos principais poluentes. A aplicação destes regulamentos é verificada em várias etapas ao longo do tempo de vida de um edifício, sendo essa verificação realizada, no âmbito do SCE, por peritos devidamente qualificados para o efeito.

### **2.2.1. Organização, objectivos e funcionamento do SCE**

Como apresentado pelo organigrama da figura 2.2, **cabe ao SCE:**

- a) Assegurar a aplicação regulamentar, nomeadamente no que respeita às condições de eficiência energética, à utilização de sistemas de energias renováveis e, ainda, às condições de garantia da qualidade do ar interior, de acordo com as exigências e disposições contidas no Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) e no Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE);
- b) Certificar o desempenho energético e a qualidade do ar interior nos edifícios;
- c) Identificar as medidas correctivas ou de melhoria de desempenho aplicáveis aos edifícios e respectivos sistemas energéticos, nomeadamente caldeiras e equipamentos de ar condicionado, quer no que respeita ao desempenho energético, quer no que respeita à qualidade do ar interior.

**Cabe à Direcção-Geral de Geologia e Energia e ao Instituto do Ambiente,** respectivamente, responsabilizarem-se pela supervisão do SCE no que respeita:

- a) À certificação e eficiência energética; e
- b) À qualidade do ar interior.

**Cabe à Agência para a Energia (ADENE)** a gestão do SCE, e as suas competências são:

- a) Assegurar o funcionamento regular do sistema, no que respeita à supervisão dos peritos qualificados e dos processos de certificação e de emissão dos respectivos certificados;
- b) Aprovar o modelo dos certificados de desempenho energético e da qualidade do ar interior nos edifícios, ouvidas as entidades de supervisão e as associações sectoriais;
- c) Criar uma bolsa de peritos qualificados do SCE e manter informação actualizada sobre a mesma no seu sítio da Internet;
- d) Facultar, online, o acesso a toda a informação relativa aos processos de certificação aos peritos que os acompanham.

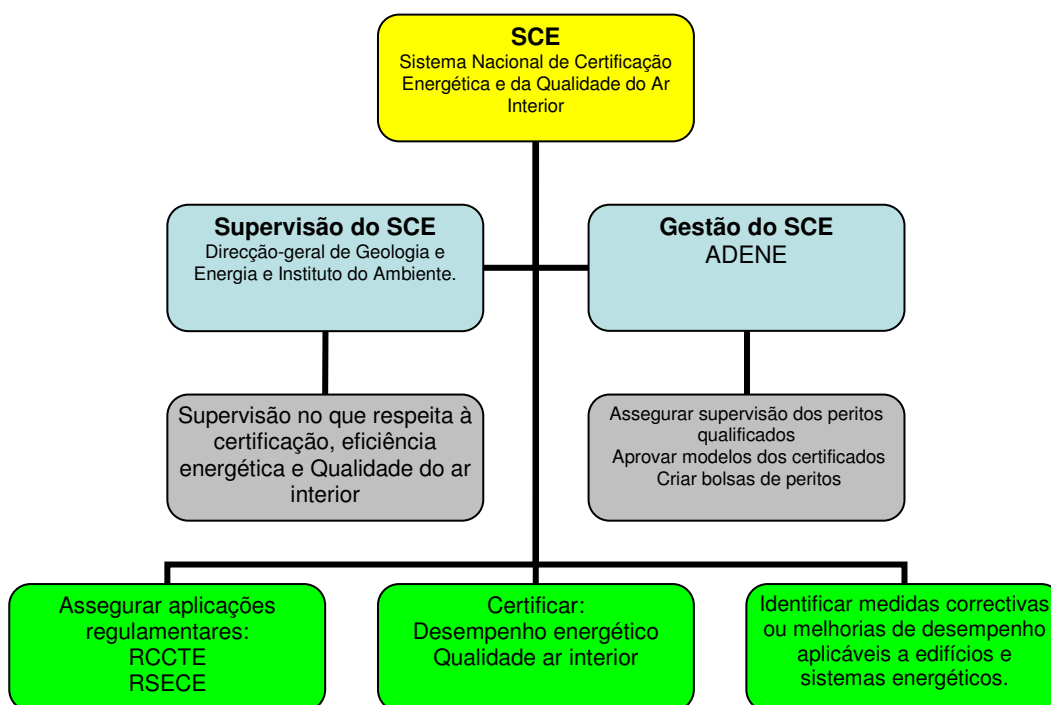


Figura. 2.2- Organograma da estrutura das entidades e suas responsabilidades

## 2.2.2. Certificado energético de edifícios

A certificação energética permite, aos utentes, comprovar a correcta aplicação da regulamentação térmica e da qualidade do ar interior em vigor para o edifício e para os seus sistemas energéticos, bem como obter informação sobre o desempenho energético em condições nominais de utilização, no caso dos novos edifícios ou, no caso de edifícios existentes, em condições reais ou aferidos para padrões de utilização típicos.

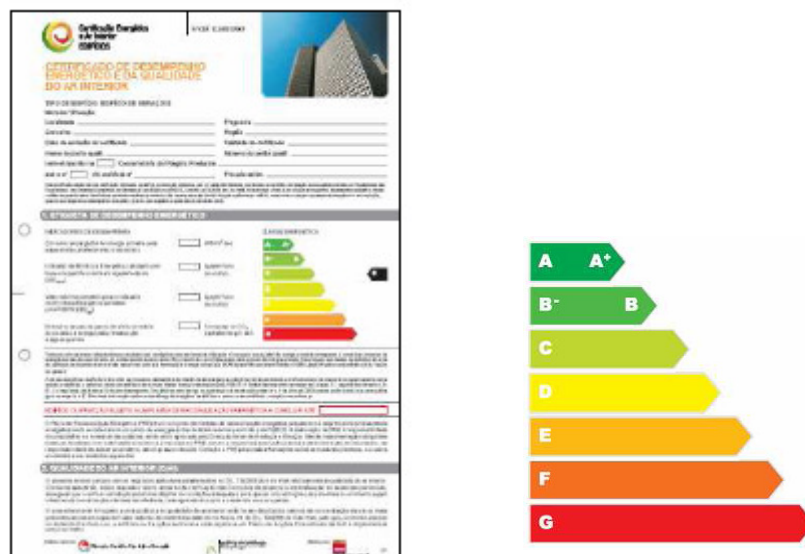


Figura 2.3 – Modelo de um Certificado Energético de um Edifício.

Desta forma, os consumos energéticos nos edifícios, em condições nominais de utilização, são um factor de comparação credível aquando da compra ou aluguer de um imóvel, permitindo aos potenciais compradores ou arrendadores aferir a qualidade do imóvel no que respeita ao desempenho energético e à qualidade do ar interior.

Nos edifícios existentes, o certificado energético proporciona informação sobre as medidas de melhoria de desempenho energético e da qualidade do ar interior, com viabilidade económica, que o proprietário pode implementar para reduzir as suas despesas energéticas, bem como para assegurar uma boa qualidade do ar interior, isento de riscos para a saúde pública e potenciador do conforto e da produtividade.

### **2.2.3. Peritos Qualificados**

Os Peritos Qualificados são individualmente responsáveis pela condução do processo de certificação dos edifícios, sendo os agentes que, no terreno, asseguram a operacionalidade do SCE. Têm como principais responsabilidades:

- Verificar a correcta aplicação dos regulamentos técnicos (RCCTE e RSECE);
- Avaliar o desempenho energético e da qualidade do ar interior;
- Propor, quando aplicável, medidas de melhoria na sequência das avaliações de desempenho que realizou;
- Emitir e registar as declarações e/ou certificados que atestem a conformidade regulamentar do edifício e o desempenho energético e da QAI do mesmo, juntamente com eventuais medidas de melhoria propostas;
- Verificar ou realizar as inspecções periódicas a caldeiras e a sistemas e equipamentos de ar condicionado, nos termos do RSECE.

O perito qualificado poderá exercer as suas competências tanto no decurso dos procedimentos de licenciamento ou autorização de construção e de utilização, como no âmbito de auditorias periódicas previstas no RSECE, para o edifício ou suas fracções autónomas.

### **2.2.4. Objectivo do RCCTE**

O presente Regulamento estabelece as regras a observar no projecto de todos os edifícios de habitação e dos edifícios de serviços sem sistemas de climatização centralizados de modo que:

- a) As exigências de conforto térmico, seja a de aquecimento ou de arrefecimento, e de ventilação para garantia de qualidade do ar no interior dos edifícios, bem como as necessidades de água quente sanitária, possam vir a ser satisfeitas sem dispêndio excessivo de energia;
- b) Sejam minimizadas as situações patológicas nos elementos de construção provocadas pela ocorrência de condensações superficiais ou internas, com potencial

impacto negativo na durabilidade dos elementos de construção e na qualidade do ar interior.

À semelhança da versão de 1990, a presente versão do Regulamento analisa em separado as estações de aquecimento e de arrefecimento, mantendo requisitos exigenciais em função de cada zona climática, tendo estas sido actualizadas com dados climáticos mais detalhados. Porém, as metodologias adoptadas para o cálculo das necessidades de aquecimento e de arrefecimento foram actualizadas, tendo como base as normas europeias referenciadas na Directiva. Passa a ter também em conta novos parâmetros, tais como o factor de forma do edifício e a permeabilidade ao ar das caixilharias e, quantifica de uma forma mais detalhada o efeito das pontes térmicas lineares e planas, tendo em vista uma melhor avaliação da qualidade térmica do edifício.

O RCCTE de 2006 torna ainda obrigatório, para todos os novos edifícios, o recurso a sistemas de colectores solares térmicos para aquecimento de água sanitária desde que os edifícios possuam uma exposição solar adequada – coberturas orientadas numa gama de azimutes de 90º entre Sudeste e Sudoeste e que não sejam sombreadas no período de maior insolação, período este que se considera ter início diariamente duas horas depois do nascer do Sol e terminar duas horas antes do pôr do sol. O RCCTE prevê ainda, em alternativa aos painéis para aquecer a água nos edifícios, o recurso a outras formas renováveis de energia com capacidade de captação equivalente numa base anual, que podem ser utilizadas para outros fins que não o do aquecimento de água se tal for mais eficiente ou conveniente.

A nova versão do RCCTE contabiliza assim a energia despendida para produção de águas quentes sanitárias e tem em conta o tipo de sistema de aquecimento e de arrefecimento bem como as fontes de energia primária utilizadas, conduzindo a diferentes requisitos em função da eficiência dos equipamentos.

### **2.2.5. Objectivo do RSECE**

Desde que a União Europeia publicou em 4 de Janeiro de 2003, a Directiva n.º 2002/91/CE, do parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro, relativa ao desempenho energético dos edifícios, que, entre outros requisitos, impõe aos Estados membros o estabelecimento e actualização periódica de regulamentos para reduzir os consumos energéticos nos edifícios novos e reabilitados, impondo, com poucas excepções, a implementação de todas as medidas pertinentes com viabilidade técnica e económica.

A directiva adopta, também, a obrigatoriedade de uma verificação periódica dos consumos reais nos edifícios de maior dimensão e a disponibilização desta informação ao público que os utilizar, mediante afixação de um certificado apropriado em local bem visível junto da entrada do edifício.

É neste enquadramento que se impõe a revisão do RSECE com um quádruplo objectivo:

- 1) Definir as condições de conforto térmico e de higiene que devem ser requeridas nos diferentes espaços dos edifícios, em consonância com as respectivas funções;
- 2) Melhorar a eficiência energética global dos edifícios, não só nos consumos para climatização mas em todos os tipos de consumos de energia que neles têm lugar, promovendo a sua limitação efectiva para padrões aceitáveis, quer nos edifícios existentes, quer nos edifícios a construir ou nas grandes intervenções de reabilitação de edifícios existentes;
- 3) Impor regras de eficiência aos sistemas de climatização que permitam melhorar o seu desempenho energético efectivo e garantir os meios para a manutenção de uma boa qualidade do ar interior, quer a nível do projecto, quer a nível da sua instalação, quer durante o seu funcionamento, através de uma manutenção adequada;
- 4) Monitorizar com regularidade as práticas da manutenção dos sistemas de climatização como condição da eficiência energética e da qualidade do ar interior dos edifícios.

### **2.2.6. Calendarização**

O SCE impõe também uma calendarização para aplicação das novas imposições regulamentares do RCCTE e RSECE, o qual está dividido em três fases:

**Desde 1 de Julho 2007** – O sistema de certificação abrange os novos edifícios destinados à habitação com área útil superior a 1000 m<sup>2</sup> e os edifícios de serviços, novos ou que sejam objecto de grandes obras de remodelação, cuja área útil seja superior aos limites mínimos de 1000 m<sup>2</sup> no caso de grandes edifícios de serviços, ou de 500 m<sup>2</sup>, tratando-se de edifícios existentes do tipo centros comerciais, supermercados, hipermercados e piscinas aquecidas cobertas, cujos pedidos de licenciamento ou autorização de edificação sejam apresentados à entidade competente.

**A partir de 1 de Julho de 2008** – Todos os edifícios novos, independentemente da sua área ou fim, cujos pedidos de licenciamento ou autorização de edificação sejam apresentados à entidade competente.

**A partir de 1 de Janeiro de 2009** – O sistema de certificação abrange todos os edifícios.

Assim, a partir de 2009, para os edifícios residenciais existentes, os proprietários terão de possuir um certificado informativo sobre os consumos energéticos esperados, para efeitos de vendas, locação e arrendamento.

O sistema de certificação energética destina-se a informar o cidadão sobre a qualidade térmica dos edifícios.

### **2.2.7. Tipos de edifícios abrangidos pelo RSECE**

Apenas determinados edifícios são abrangidos pelo RSECE, nomeadamente:

- Pequenos serviços e edifícios de habitação com sistemas de climatização e com potência instalada superior a 25 kW (novos, grandes reabilitações e existentes);

- Grandes edifícios de serviços (novos, grandes reabilitações e existentes) com área útil superior a 1000 m<sup>2</sup>, ou no caso de edifícios do tipo centros comerciais, supermercados, hipermercados e piscinas aquecidas cobertas, com área superior a 500 m<sup>2</sup>;
- Novos sistemas de climatização com mais de 25 kW de potência instalada em qualquer tipologia de edifícios (novos, grandes reabilitações e existentes).

Entende-se por grandes intervenções de remodelação ou de alteração na envolvente aquelas cujo custo seja superior a 25% do valor do edifício, sendo este último calculado com um valor de referência por metro quadrado definido anualmente em portaria conjunta ministerial.

Grandes edifícios de serviços são todos os edifícios não residenciais com mais de 1000 m<sup>2</sup> de área útil de pavimento, excepto Centros Comerciais, Hipermercados, Supermercados, Piscinas cobertas que são considerados «Grandes Edifícios» quando a área útil de pavimento for maior que 500 m<sup>2</sup>.

### **2.2.8. Fases para aplicação do RSECE**

Os regulamentos são aplicados ao longo da existência de um edifício, sendo a sua primeira aplicação logo na fase de projecto. Apresentam-se de seguida as fases de aplicação dos regulamentos na vida de um edifício:

**Na fase de Licenciamento** – Licença de construção:

- Demonstração do cumprimento do RSECE (fichas para licenciamento) e termo de responsabilidade do Projectista, e declaração de conformidade regulamentar subscrita por um Perito Qualificado no âmbito do SCE;

**Na fase de Conclusão da Obra** – Licença de Utilização/Certificação:

- Termo de responsabilidade do técnico responsável pela direcção técnica da obra declarando o cumprimento do projecto;
- Dossier demonstrativo dos ensaios de recepção;
- Entrega do plano de manutenção preventiva;
- Identificação do técnico responsável pela condução e manutenção da instalação;
- Certificado energético e da qualidade do ar interior (QAI) subscrito por um Perito Qualificado no âmbito do SCE.

**Na fase de edifício existente** – auditorias e inspecções periódicas:

- Os grandes edifícios de serviços ficam obrigados a fazer uma auditoria ao desempenho energético de 6 em 6 anos;
- Todos os edifícios de serviços, grandes e pequenos ficam obrigados a uma auditoria QAI em cada 2, 3 ou 6 anos, consoante a tipologia do edifício;
- As caldeiras, equipamentos de ar condicionado e sistemas de aquecimento, consoante a potência instalada, ficam sujeitas a inspecções periódicas.

Ficam ainda sujeitos à emissão de um certificado energético e da QAI no âmbito do RSECE, todos os edifícios, objecto de operação de venda, locação ou arrendamento, isto no caso de edifícios existentes que ainda não tenham sido objecto de certificação, ou edifícios cujo validade do certificado (6 anos) tenha expirado.

Ou seja, no caso de edifícios novos, o primeiro momento de verificação da aplicação do RSECE é durante a fase de projecto, nomeadamente antes do pedido de autorização ou licença de construção.

Ao elaborar o projecto, o projectista deve, desde logo, observar a aplicação do regulamento, efectuando os cálculos, verificando o cumprimento dos requisitos mínimos e preenchendo as fichas necessárias ao processo de licenciamento. Este trabalho deverá então ser objecto de verificação por um perito qualificado (que pode ser o próprio projectista) no âmbito do sistema de certificação energética (SCE), para atestar (ou não) o cumprimento regulamentar e para propor eventuais medidas de melhoria de desempenho do edifício, emitindo (ou não) a respectiva declaração de conformidade regulamentar. As fichas, folhas de cálculo, elementos construtivos e

declarações (incluindo a declaração de conformidade regulamentar) deverão integrar o processo entregue à entidade licenciadora.

Depois da conclusão da obra e para pedido ou autorização da licença de utilização, o edifício será novamente objecto de análise por um perito qualificado, desta feita para verificar se a obra e eventuais alterações cumprem o RCCTE. Feita a verificação da conformidade da obra com o regulamento e com projecto final, o perito emite o respectivo certificado energético, o qual deverá integrar a documentação para pedido de licença de utilização a entregar à entidade licenciadora, normalmente, a Câmara Municipal.

Após a atribuição da licença de utilização, todos os edifícios de serviços existentes, grandes ou pequenos ficam sujeitos a auditorias da QAI, de acordo com uma periodicidade de 2, 3 e 6 anos consoante a tipologia do edifício em questão. Todos os grandes edifícios de serviços ficam obrigados a auditorias ao desempenho energético obrigatórias de 6 em 6 anos. As auditorias referidas são realizadas por peritos qualificados havendo lugar à emissão de um (novo) certificado.

Por fim, quando se trate de edifícios em que o certificado tenha expirado por já terem decorrido os 6 anos de validade ou de edifícios existentes que nunca tenham tido certificado energético e que sejam vendidos, alugados ou arrendados, também haverá lugar à intervenção do perito qualificado para emissão de um certificado que retrate a situação real desse edifício ou fracção em termos de desempenho energético relativamente às exigências regulamentares.

Destaque-se a existência do livro de ocorrências, que constitui o registo de todas as alterações efectuadas nas instalações de climatização em causa e deve obrigatoriamente fazer parte dos procedimentos de manutenção do edifício.

### **3. Caso de Estudo - Edifício 2 de Lagoas Park**

#### **3.1. Introdução e Método de estudo**

##### **3.1.1. Método de cálculo do IEE**

O Indicador de Eficiência Energética (IEE) traduz o consumo de energia primária de um edifício ou fracção, por metro quadrado e por ano. O IEE é calculado a partir dos consumos nominais ou reais de energia de um edifício durante um ano, englobando a totalidade dos consumos de climatização, iluminação, equipamentos, AQS, etc, convertidos para energia primária, utilizando os factores de conversão definidos em função do mix energético nacional.

No quadro 3.1 faz-se uma descrição sumária do significado de cada um dos tipos de IEE.

O IEE é calculado consoante as tipologias existentes num edifício (escritório, restaurante, museu, etc.). Visto que existe mais do que uma tipologia no presente caso de estudo, o IEE global é calculado com base no valor médio ponderado de acordo com as áreas correspondentes a cada uma das tipologias existentes.

Procede-se no presente capítulo à determinação do IEE<sub>ref-exist</sub> e do IEE<sub>real-simulação</sub> com base nas várias tipologias existentes no edifício, sendo por fim calculado o IEE<sub>nom</sub> para classificação energética do edifício.

Quadro 3.1 – Tipos de IEE

<b>Tipo IEE</b>	<b>Designação</b>	<b>Como se determina?</b>	<b>Para que serve?</b>
IEE <sub>real-facturas</sub>	IEE real para edifícios existentes	Por análise simples das facturas energéticas (últimos 3 anos), sem correcção climática.	Verificação simplificada do cumprimento do requisito energético em edifícios existentes e da necessidade ou não de um PRE
IEE <sub>real-simulado</sub>	IEE real obtido por simulação	Por simulação dinâmica, utilizando os perfis reais ou previstos ou determinados em auditoria, com correcção climática.	- Para efeitos da primeira auditoria de edifícios novos (ao fim do 3º ano de funcionamento). - Para efeitos das auditorias periódicas aos edifícios existentes.
IEE <sub>nom</sub>	IEE nominal	Por simulação dinâmica, utilizando os perfis padrão do Anexo XV do RSECE, com a correcção climática.	- Verificação do cumprimento do requisito energético com edifícios novos. - Classificação energética do edifício (tanto novos como existentes)
IEE <sub>ref-novo</sub>	IEE de referência limite para edifícios novos.	Definido no anexo XI do RSECE	- Verificação do cumprimento do requisito energético em edifícios novos. - Referência para classificação energética.
IEE <sub>ref-exist</sub>	IEE de referência limite para edifícios existentes	Definido no anexo X do RSECE	Verificação simplificada do cumprimento do requisito energético em edifícios existentes e da necessidade ou não de um PRE.

### 3.1.2. Método e etapas do estudo energético do edifício

O edifício em estudo está abrangido pelo RSECE visto que a potência térmica utilizada para climatização é superior a 25KW e a sua área é superior a 1000 m<sup>2</sup> (ver Artigo 27º do RSECE) conforme apresentado mais à frente nos dados gerais do edifício. O estudo energético do edifício, nomeadamente a determinação do IEE, é efectuado segundo o artigo 7º do RSECE através das seguintes metodologias:

- Abordagem Simplificada – Análise de facturas energéticas
- Auditoria Energética – Simulação e análise

A Abordagem Simplificada permite determinar o  $IEE_{real}$  sem correcção climática, determinando o consumo anual global do edifício através das facturas energéticas (electricidade e combustíveis), convertidos para energia primária através dos factores de conversão definidos no regulamento. É utilizada a seguinte expressão:

$$IEE_{real} = \frac{Q_{global}}{Ap} \text{ (Kgep/m}^2\text{.ano)}$$

A Auditoria Energética é o exame detalhado das condições de utilização de energia de um edifício de modo a:

- Identificar e quantificar os fluxos de energia no edifício (electricidade, combustíveis fósseis, etc);
- Caracterizar os sistemas energéticos existentes para a conversão destas formas de energia em energia final, o seu estado de conservação, rendimentos de conversão e respectivos planos de manutenção;
- Verificar se estão satisfeitas as condições de conforto térmico pretendidas;
- Avaliar consumos energéticos específicos de cada utilização final e/ou sector do edifício (iluminação, climatização, ventilação, cozinha, etc.);
- Calcular o IEE do edifício;
- Identificar medidas de racionalização energética de forma a melhorar o desempenho energético do edifício.

Para a Auditoria Energética será necessário obter por meio de simulação dinâmica o consumo de energia total e a desagregação desses consumos por utilização final conforme Anexo VIII do RSECE. Para realizar uma correcta calibração do modelo de simulação, a diferença destes consumos não deve ter um desvio superior a 10% do facturado e do observado por auditoria energética referente à desagregação por utilização final. Será então necessário calibrar o modelo de simulação, utilizando todos os elementos característicos do edifício respeitantes às condições reais de funcionamento (ocupação, equipamentos, iluminação, etc.)

De seguida, para fazer a simulação dos consumos nominais e mantendo o edifício e os sistemas de climatização e controle caracterizados de acordo com o passo anterior, substitui-se os perfis reais (ocupação, equipamentos e iluminação) pelos perfis nominais de referência, de acordo com o Anexo XV do RSECE.

Para determinar o IEE nominal deverá ser seguido o anexo IX do RSECE, aplicando o factor de conversão para energia primária bem como o factor de correcção climática do consumo de energia para aquecimento e arrefecimento.

As **6 etapas** anteriormente descritas para certificar energeticamente um edifício e determinar a sua classe energética, são as seguintes:

- 1- Análise de consumos reais (auditoria simples) para determinação do  $IEE_{real-facturas}$ .
- 2- Verificar se o  $IEE_{real-facturas}$  é superior ao  $IEE_{ref-exist}$  (anexo IX do RSECE).
  - Se o  $IEE_{real-facturas} > IEE_{ref-exist}$  então terá que se realizar a auditoria.
  - Se  $IEE_{real-facturas} \leq IEE_{ref-exist}$  não será necessário realizar PRE e o edifício encontra-se regulamentar.
- 3- Realizar Auditoria Energética e determinar as parcelas de aquecimento, arrefecimento e outras.
- 4- Aplicar ao  $IEE_{real}$  obtido e devidamente fraccionado, o factor de correcção climática.
  - Se o  $IEE_{real-corrigido}$  for superior ao  $IEE_{ref-exist}$  terá que se simular o edifício termicamente, com os perfis nominais.
  - Se o  $IEE_{real-corrigido} \leq IEE_{ref-exist}$  então o edifício encontra-se regulamentar.
- 5- Construção do modelo de simulação detalhada, com a introdução das condições reais de funcionamento dos espaços. Cálculo do  $IEE_{real-simulado}$  e comparação com o  $IEE_{real-facturas}$  de modo a calibrar a simulação. A diferença entre estes consumos ( $IEE_{real-simulado}$  e  $IEE_{real-facturas}$ ) não deve ser superior a 10%.
- 6- Após calibração referida no ponto anterior, correr a simulação do edifício com perfis nominais e obtenção do  $IEE_{nom}$  tendo em conta os respectivos factores de correcção climática.
  - Se o  $IEE_{nom}$  for superior ao  $IEE_{ref-exist}$  é necessário implementar um Plano de Racionalização de Energia.
  - Se o  $IEE_{nom} \leq IEE_{ref-exist}$  então o edifício está regulamentar.

Caso seja necessário aplicar um PRE, após um ano deverão ser realizadas novamente as etapas apresentadas no seguinte fluxograma:

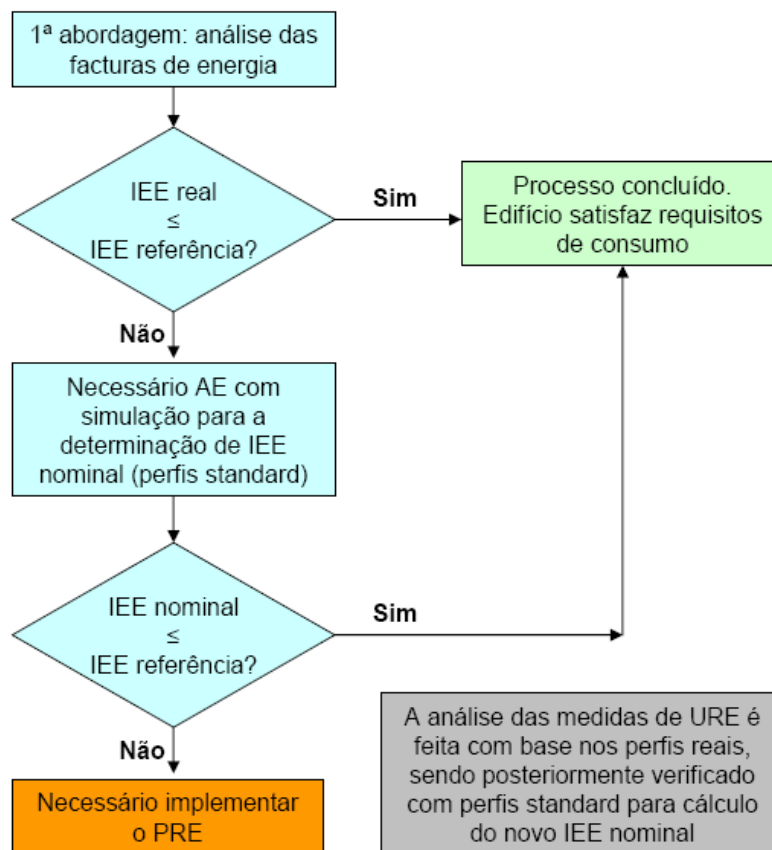


Figura 3.1 – Fluxograma de inspeção/auditorias para edifícios existentes

### 3.1.3. Software para realização da simulação energética

A metodologia a adoptar para o estudo deste edifício é uma simulação horária anual baseada no modelo monozona, implementado no programa **RCCTE - STE** (Simulação Térmica de Edifícios) distribuído pelo INETI. Este método pode também ser considerado como **simulação detalhada multizona** desde que aplicado isoladamente a cada zona distinta de um edifício e os respectivos resultados sejam adequadamente adicionados para obter o desempenho energético global do edifício, conforme referido

no anexo VIII do RSECE. A versão do software utilizada foi a **RCCTE-STE 3.6 Março 2008**.

O **RCCTE – STE** baseia-se numa simulação horária anual (Oito mil setecentas e sessenta horas) de um espaço monozona e calcula as necessidades de aquecimento e de arrefecimento necessárias para manter os espaços à temperatura de referência definida pelo RSECE, **T<sub>i</sub>**, para as estações de aquecimento e arrefecimento. Este método efectua um balanço dinâmico do espaço contabilizando, em cada hora, o balanço entre as perdas e os ganhos térmicos, pelos vãos envidraçados e pela envolvente opaca, bem como os ganhos internos.

O modelo **RCCTE - STE** tem por base um circuito de analogia reo-eléctrica (resistências e capacitâncias) de acordo com o diagrama da figura 3.2:

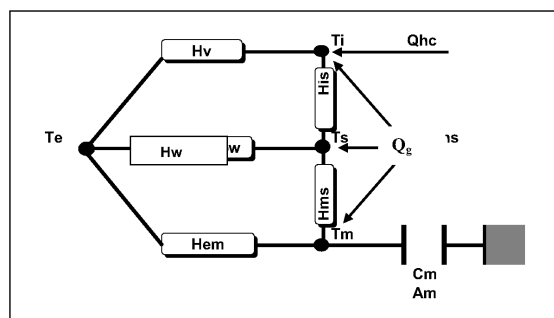


Figura 3.2 - circuito analogia reo-electrica do funcionamento do software RCCTE - STE

Os restantes nós do modelo STE-2006, representado acima, traduzem:

- **T<sub>m</sub>**, temperatura média da massa térmica dos elementos do espaço;
- **T<sub>s</sub>**, temperatura média nas superfícies interiores da envolvente;
- **T<sub>e</sub>**, temperatura exterior.

Este modelo integra uma base interna de dados climáticos para todos os concelhos de Portugal em consonância com a divisão climática do país para efeitos de aplicação do RCCTE e RSECE (Continente e Regiões Autónomas).

As diferentes resistências traduzem a transferência de calor correspondente à:

- **H<sub>v</sub>**, trocas de ar;
- **H<sub>w</sub>**, condução de calor através dos vãos envidraçados (elementos sem massa térmica);
- **H<sub>em</sub> + H<sub>ms</sub>**, transferência de calor através dos elementos com massa térmica em que **H<sub>em</sub>** traduz condução de calor através da envolvente opaca (sem ter em conta o efeito da radiação solar incidente e **H<sub>ms</sub>** a transferência de calor entre a massa de armazenamento térmica e a superfície.
- **H<sub>is</sub>** trocas radiativas e convectivas entre a as superfícies da envolvente interior

Este método contabiliza, hora a hora, o balanço dinâmico do espaço entre as perdas e os ganhos térmicos, pelos vãos envidraçados e pela envolvente opaca, bem como os ganhos internos e ventilação, e tem em conta a energia armazenada na massa térmica em cada momento, concentrada no nó **T<sub>m</sub>**:

$$Q_{hc} = Q_v + Q_w + Q_{em} + Q_g \quad (W)$$

O diagrama representa as diferentes componentes do balanço térmico, através de fluxos e resistências térmicas e os termos da expressão anterior tomam o seguinte significado:

- **Q<sub>hc</sub>**, energia necessária para climatização (aquecimento e arrefecimento resultante do balanço horário do espaço);
- **Q<sub>v</sub>**, ganhos ou perdas de calor correspondentes à renovação do ar, calculada a partir da taxa de renovação nominal aplicável e admitindo-se regime permanente (resistência H<sub>v</sub>);
- **Q<sub>w</sub>** ganho ou perda de calor correspondente às trocas de calor por condução através dos vãos envidraçados, calculada conforme o modelo do RCCTE - Anexos IV e V, admitindo-se regime permanente (resistência H<sub>w</sub>);

- $Q_{em}$  ganho ou perda de calor correspondente às trocas de calor por condução através da envolvente opaca, sem ter em conta o efeito da radiação solar incidente, admitindo-se regime permanente (resistência Hem);
- $Q_g$  ganhos internos totais instantâneos (ocupação, equipamentos e da iluminação), ganhos solares através dos envidraçados, e ganhos solares através da envolvente opaca, tendo em conta o efeito da inércia térmica do espaço. Os ganhos através da envolvente opaca exterior resultam do efeito combinado da temperatura do ar exterior e da radiação solar incidente tendo sido aplicado o conceito de temperatura ar-sol correspondente a cada uma das orientações da envolvente exterior (paredes e coberturas). Relativamente aos ganhos internos, o regulamento, estabelece padrões de referência para cada uma das tipologias no que diz respeito aos ocupantes, iluminação e equipamentos (RSECE, Anexo XV).

O STE-2005 foi a ferramenta utilizada para realizar o estudo energético do Edifício 2 de Lagoas Park. Foi aplicado isoladamente a cada zona distinta do edifício para a obtenção do  $IEE_{nom}$  de cada zona. No final, os valores do  $IEE_{nom}$  obtidos para cada zona foram ponderados em função da área para obter o  $IEE_{nom}$  do edifício.

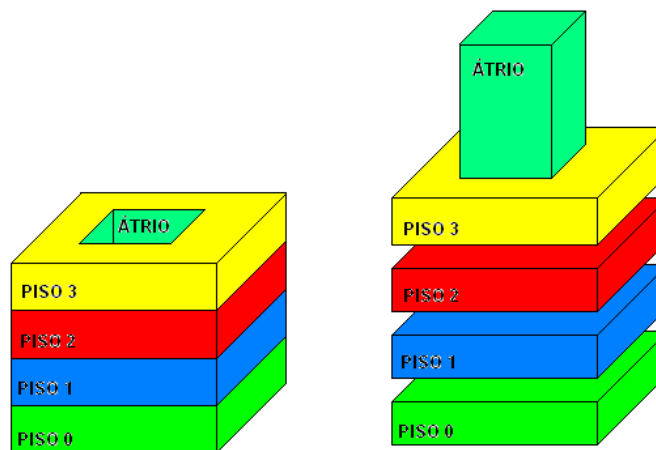


Figura 3.3 – Esquema das diferentes zonas de estudo do edifício.

Comparando com a utilização de um software de simulação energética detalhado o programa **RCCTE - STE** apresenta algumas desvantagens, no que diz respeito a:

- Aos sistemas de climatização: Utilizando o **RCCTE - STE** não possibilita contabilizar o *free-cooling*, recuperação de calor e outro tipo de sistemas com velocidade variável (ex. ventiladores).
- Aos tarifários de energia: Também não é possível através do programa realizar análises de viabilidade económica.
- À Simulação de edifícios existentes que não cumpram com os requisitos de RCCTE para edifícios novos.

No entanto, visto que se trata de uma simulação de um edifício existente em que a base serão os consumos reais do edifício, esta desvantagem do **RCCTE - STE** não tem o mesmo impacto que se tivéssemos a realizar o estudo de um edifício novo.

#### **3.1.4. Dados Gerais do Edifício**

Tal como referido na introdução, o estudo recai sobre um edifício de escritórios, o Edifício 2 existente no empreendimento Lagoas Park em Porto Salvo. O edifício, com uma área de construção aproximada de 8.775m<sup>2</sup> abaixo do solo e 6.960m<sup>2</sup> acima do solo, num total de 15.735m<sup>2</sup>, faz parte de um condomínio de edifícios de serviços com uma área total de implantação de aproximadamente 10ha.

É um edifício de escritórios composto por 3 pisos abaixo do solo (garagens, arrecadações e salas técnicas) e 4 pisos cobertos acima do solo (pisos 0, 1, 2 e 3). O acesso aos diferentes pisos é feito através de duas baterias duplex de elevadores ou pelos dois vãos de escadas existentes.

Da figura 3.5 á figura 3.7 apresenta-se uma vista de elementos do edifício:



Figura 3.4 – Vista da fachada nascente e sul do edifício.

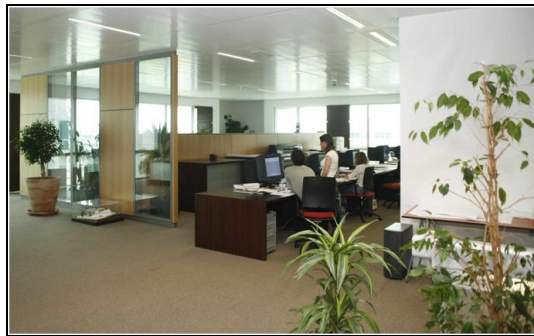


Figura 3.5 – Átrio de entrada do edifício 2 e Open space escritórios

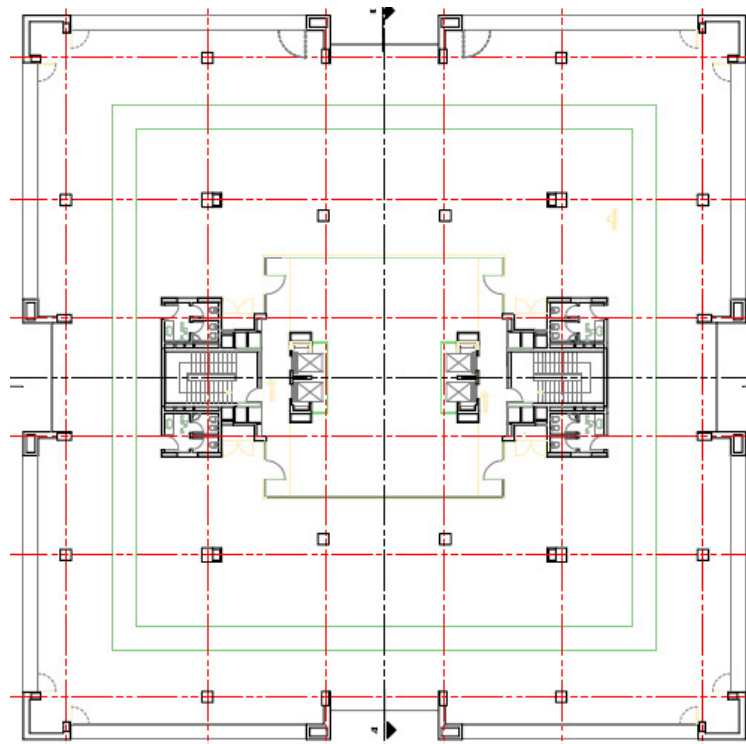


Figura 3.6 – Planta do piso 2 do Edifício em estudo

## DADOS GERAIS DO EDIFÍCIO 2

- Conselho: Oeiras
- Localização: Perímetro urbano. Parque empresarial de escritórios.
- Cor da Envolvente: clara (prateada).
- Zona abrangida por gás.
- Tipologias: Edifício de 4 pisos de escritórios e 3 pisos negativos de estacionamento e com 3 salas técnicas com climatização dedicada (central telefónica, Sala IT).
- Ventilação Natural – Cumpre com NP 1037-1.
- Encerrado: Um dia por semana.
- Potência térmica disponível de arrefecimento: 287 kW (12/7°C) + 287 kW (12/7°C) + 177 kW (12/7°C).
- Potência térmica disponível de aquecimento: 250,5 kW (40/45°C) + 164,2 kW (40/45°C).
- Chiller's COP=1,7 (heat) e EER =1,06 (cooling).
  
- Espaços com características especiais: Central telefónica e sala IT.
  - Central telefónica → Split Siesta - cooling capacity 2,64 kW
  - Sala IT → Split Daikin - cooling capacity 3,45kW
  
- Área Útil de Pavimento<sup>1</sup>:
  - Zona A – Escritório piso 0: 1550,15m<sup>2</sup>
  - Zona B – Escritório piso 1: 1536,43m<sup>2</sup>
  - Zona C – Escritório piso 2: 1637,37m<sup>2</sup>
  - Zona D – Escritório piso 3: 1618,08 m<sup>2</sup>
  - Zona E – Átrio de entrada: 236,43m<sup>2</sup>
  - Zona F – Central telefónica (piso -1): 11,30 m<sup>2</sup>
  - Zona G – Sala IT (piso 2): 12,00 m<sup>2</sup>
  - **TOTAL AREA UTIL PAVIMENTO → 6601,76 m<sup>2</sup>**

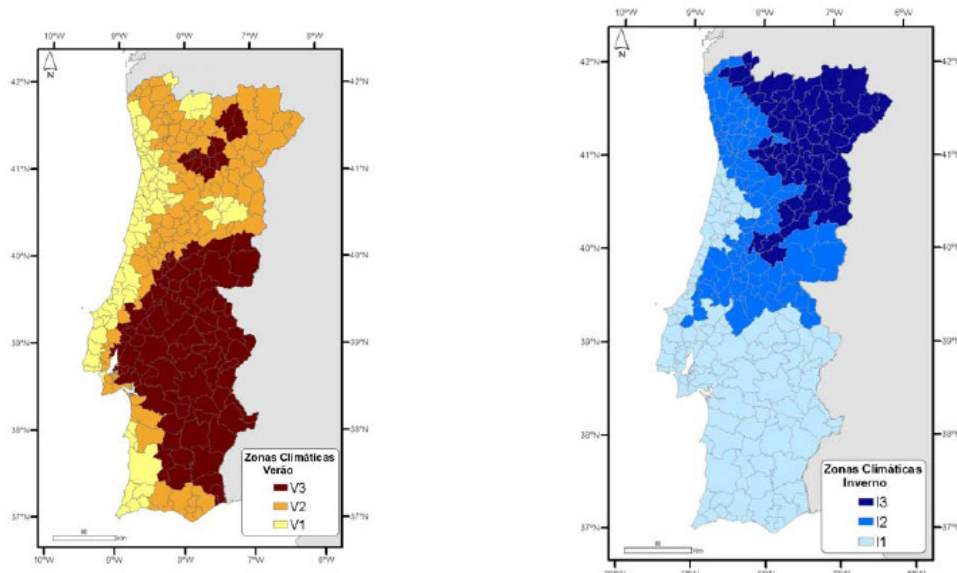
---

<sup>1</sup> Na alínea g) do Anexo II do D.L. n.º 80/2006 d Na alínea g) do Anexo II do D.L. n.º 80/2006 define-se Área Útil de pavimento como sendo a soma das áreas, medidas em planta pelo perímetro interior das paredes, de todos os compartimentos de uma fracção autónoma de um edifício, incluindo vestíbulos, circulações internas, instalações sanitárias, arrumos interiores e outros compartimentos de função similar e armários nas paredes. Considera-se que as divisórias de delimitação de espaços no interior das fracções não são paredes, pelo que a sua área não é descontada à fracção autónoma.

- Pé direito:
  - Pé direito médio do Átrio de Entrada 17,31m.  
(225,00 m<sup>2</sup> com um pé direito de 17,82 m e 11,43 m<sup>2</sup> com um pé direito de 7,33 m)
  - Pé direito pisos escritórios → 3,6m.
  - Pé direito pisos negativos → 2,4m.

Zonas Climáticas:

Como se pode verificar na figura 3.856876, o edifício está inserido na zona I<sub>1</sub>-V<sub>1</sub> de acordo com o anexo III 1.1 e quadro III.1 do RCCTE, D.L. nº 80/2006.



Portugal Continental. Zonas climáticas de Verão. Portugal Continental. Zonas climáticas de Inverno.

Fig 3.7 – Zonas climáticas de Portugal Continental (Inverno e Verão)

Quadro 3.2 – Características da zona climática onde se insere o edifício

Conselho	Zona climática de Inverno	Numero de graus-dias (GD) (°C.dias)	Duração da estação de aquecimento (meses)	Zona climática de Verão	Temperatura externa do projecto (°C)	Amplitude térmica (°C)
Oeiras	I <sub>1</sub>	1230	6	V <sub>1</sub>	30	10

## SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS DO EDIFÍCIO 2

As soluções construtivas a aplicar, estão definidas nos anexos sobre folhas de cálculo demonstrativas das características térmicas das mesmas, sendo de seguida realizada uma descrição sumária:

- Paredes exteriores: Paredes duplas de alvenaria 11+11cm de espessura, com correcção dupla, 9cm de caixa-de-ar e 2cm de isolamento térmico do tipo Wallmate entre panos. Esta parede possuirá ainda um revestimento exterior em painéis de alumínio tipo “Alucobond – silvermetálic”.

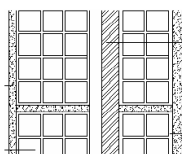


Figura 3.8 – Esquema da Parede dupla

- Envidraçados exteriores: Vidro duplo incolor ARIPLAK AN62, vidro exterior verde de 8mm, câmara-de-ar de 12mm e vidro interior laminado incolor de 4mm + 4mm. Estes envidraçados possuem ainda protecções interiores do tipo estores de lâminas cor clara. Para o referido cálculo do comportamento térmico foram ainda consideradas as áreas dos envidraçados afectos pelas protecções exteriores do tipo pala existentes no edifício.



Figura 3.9 – Esquema do vidro duplo

- Coberturas exteriores: Cobertura do tipo terraço “invertida” em laje tipo “coco”, com 42,5cm de espessura sendo 10cm dos quais em laje maciça. A cobertura possuirá isolamento térmico fixado pelo exterior do tipo Roofmate com 4cm de espessura.

- Envidraçados exteriores horizontais das coberturas: Vidro Exterior Duglass, Incolor de 8mm, ARIPLAK DAG-66, 30% serigrafia pontos brancos #2, Câmara-de-ar 12mm, 100% Ar, Vidro Interior Laminado Incolor 4+Incolor 4 (2 PVB incolor).
- Paredes interiores: Paredes simples de alvenaria 15cm de espessura, com correcção dupla e sem isolamento térmico.
- Pavimentos interiores: Pavimento em laje tipo “coco”, com 40cm de espessura sendo 10cm dos quais em laje maciça. Este pavimento encontra-se interiormente associado a chão falso com acabamento em vinílico.

### **3.1.5. Equipamentos técnicos de climatização do edifício**

De forma a manter a temperatura no interior do edifício dentro dos limites de conforto, temos de fornecer / retirar uma quantidade de calor que será igual àquela que se está a “perder” ou “ganhar” entre o interior e o exterior pela envolvente de construção. Assim, o isolamento térmico da envolvente da construção traduz a capacidade que aquela tem de se opor à passagem de calor (do interior para o exterior no Inverno, ou do exterior para o interior durante o Verão<sup>2</sup>). Entende-se portanto que as necessidades de aquecimento e arrefecimento, ambas expressas em kWh/m<sup>2</sup>.ano, indicam o consumo anual de energia útil, por metro quadrado da fracção autónoma em estudo, que seria necessário para manter o espaço nos níveis de conforto definidos no regulamento (20°C no Inverno e 25°C e 50% de humidade relativa no Verão), durante o tempo previsto para toda a duração da estação de aquecimento e de arrefecimento.

---

<sup>2</sup> A passagem de calor dá-se do ambiente “mais quente” para o “mais frio” e com conservação de energia, isto é, a quantidade de calor cedida pelo ambiente “quente” é igual à recebida pelo ambiente “frio”.



Figura 3.10 Fotografias de equipamentos da central térmica existente na cobertura.

### EQUIPAMENTOS DE CLIMATIZAÇÃO DO EDIFÍCIO 2

Na figura 3.11 apresenta-se a planta da zona técnica da cobertura, nomeadamente todos os equipamentos que compõem a central térmica de climatização:



Figura 3.11 - Planta da zona técnica – cobertura do edifício – central térmica

As áreas climatizadas do edifício, são os espaços de escritórios e o átrio de entrada do edifício, e esta climatização é assegurada pelos seguintes equipamentos comuns:

- Dois Chiller's / Bomba de calor, a gás natural que asseguram a água refrigerada / água quente no sistema de 4 tubos.
- Um Chiller que assegura também água refrigerada ao sistema de 4 tubos.
- Bombas de circulação de água do referido circuito hidráulico.
- Equipamento diverso associado aos circuitos hidráulicos tais como os vasos de expansão, depósitos de inércia, sistema de tratamento de água, válvularia de controlo de caudal e electroválvulas de três vias, etc.

Zona de escritórios é climatizada pelos seguintes equipamentos:

- Duas UTAN (Unidade de Tratamento de Ar Novo) que insuflam através dos diversos difusores, ar novo aquecido ou arrefecido respectivamente às alas Norte e Sul do edifício.
- Dois VEX (Ventiladores de Extracção) existentes na cobertura que extraem através das diversas grelhas de extracção o ar insuflado pelas UTAN's com um caudal ligeiramente inferior ao que é insuflado de modo a colocar o edifício pressurizado.
- Diversos Ventilo-Convectores estrategicamente colocados no interior dos espaços de forma a aquecer ou arrefecer o ar da sala onde se encontram, mediante necessidades térmicas.

Átrio de entrada é climatizado por:

- Uma UTA (Unidade de Tratamento de Ar) existente na cobertura que insufla através dos difusores, ar novo aquecido ou arrefecido respectivamente ao átrio de entrada do edifício.
- Dois VEX (Ventiladores de Extracção) existentes na cobertura que extraem através das diversas grelhas de extracção, o ar insuflado pela UTA com um caudal ligeiramente inferior ao que é insuflado de modo a colocar o átrio pressurizado.

Sala IT e a Central Telefónica são climatizadas por:

- Unidades Split

### **3.1.6. Sala da Gestão Técnica Centralizada (Regulação e controlo)**

A gestão, regulação e controlo do sistema de climatização e das instalações eléctricas do edifício é assegurada por um software de gestão e controlo das instalações, existente na sala da gestão técnica no piso 0.

Este software, através dos diversos módulos de comando associados a contactores e das diversas sondas de temperatura colocadas em locais estratégicos de controlo (Quadros eléctricos, cobertura do edifício, nos espaços de escritórios, dentro das condutas de AVAC, etc) permite controlar e regular limites de temperatura de conforto máxima e mínima em espaços, fecho ou regulação automática da climatização em períodos de não ocupação, definir horários de funcionamento dos equipamentos incluindo iluminação, etc., conforme exigido pelo Artigo 15.º e 16.º do Decreto-lei n.º 79/2006 de 4 de Abril (RSECE).

## **3.2. Abordagem simplificada e Auditoria Energética**

### **3.2.1. Abordagem Simplificada ( $IEE_{real-facturas}$ e $IEE_{ref-exist}$ )**

Conforme explicado em 3.1.1, esta análise simplificada permite determinar o  $IEE_{real-facturas}$  sem correcção climática.

A determinação do IEE aproximado do edifício, é realizada através da seguinte expressão:

$$IEE_{real-facturas} = \frac{Q_{global}}{Ap} \text{ (Kgep/m}^2\text{.ano)}$$

Recorrendo às facturas dos consumos do edifício, nomeadamente facturas de gás e electricidade, foi calculada a média dos consumos dos últimos três anos. Nas figuras 3.12 e 3.13 apresentam-se os consumos ao longo do ano, relativos a electricidade e gás verificados entre 2005 e 2007:

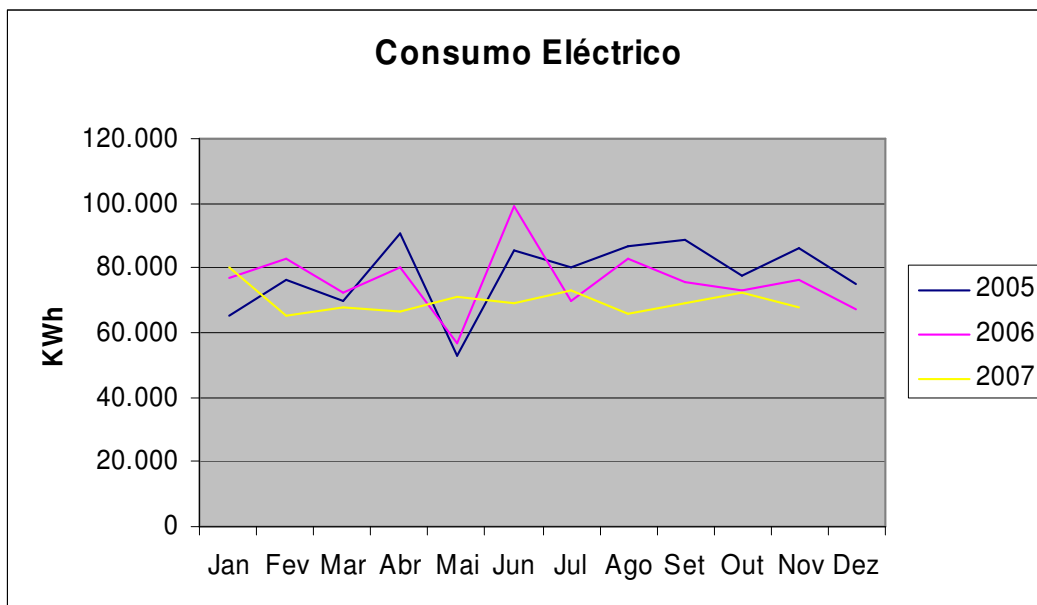


Figura 3.12 – Consumos reais de electricidade do edifício, segundo facturas.

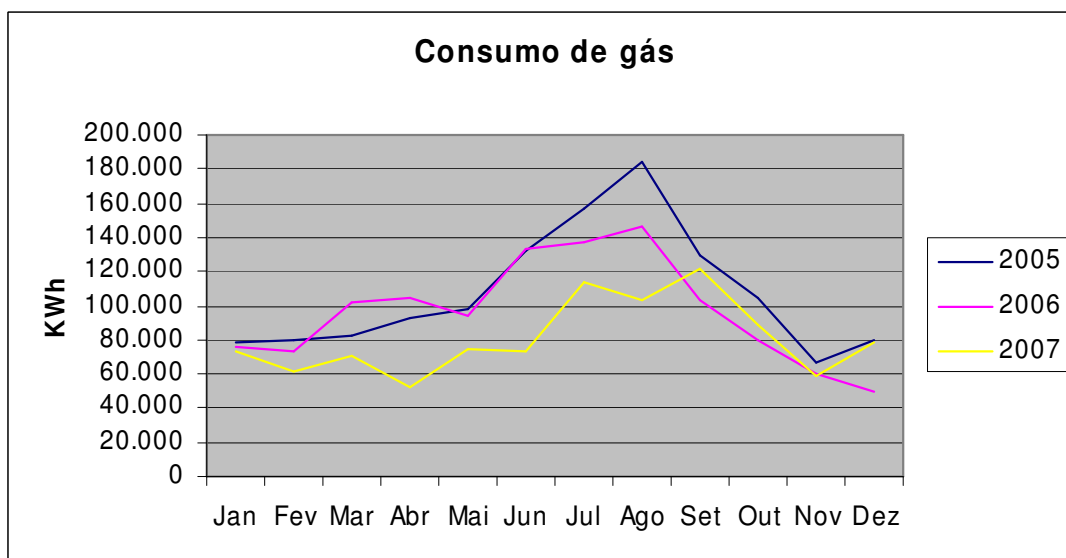


Figura 3.13 – Consumos reais de gás do edifício, segundo facturas.

No quadro 3.3 apresentam-se os valores médios anuais relativos ao consumo médio anual dos 3 anos analisados.

Quadro 3.3 – Valores médios anuais dos últimos 3 anos (2005 a 2007)

Consumos anuais (KWh/ano)	2005	2006	2007	Média 2006/2007
<b>Electricidade</b>	935.282,00	914.905,00	839.253,00	877.079,00
<b>Gás Natural</b>	1.287.302,53	1.158.645,58	968.996,18	1.063.820,88

De forma a poder comparar energia proveniente de diferentes fontes (ex. gás e electricidade), o regulamento utiliza os factores de conversão apresentados no quadro 3.4, para converter a energia utilizada em energia primária. A unidade de energia primária é o kgep (Quilograma equivalente de petróleo). Os factores de conversão contabilizam não só a energia consumida pelo utilizador final, como também a energia consumida desde a sua transformação/refinação e o seu transporte até ao utilizador final. Daí, compreende-se a penalização da utilização de energia eléctrica à luz destes regulamentos.

Aplicando os factores de conversão do quadro 3.4, é então possível converter os 2 tipos de energia (gás e electricidade) para a mesma unidade de energia primária kgep.

Quadro 3.4 – Factores de conversão para converter em energia primária.

FONTE DE ENERGIA	FACTOR DE CONVERSÃO – F <sub>pu</sub> ( kgep/kWh )
Electricidade	0,290
Combustíveis, sólidos, líquidos e gasosos	0,086

Assim:

Electricidade:  $877.079,00 \times 0,29 = 254.352,91$  Kgep/ano

Gás Natural:  $1.063.820,88 \times 0,086 = 91.488,60$  Kgep/ano

Consumo Global simplificado  $\rightarrow 254.352,91 + 91.488,60 = 345.841,51$  Kgep/ano

Sabendo que a área útil de pavimento é **6601,76 m<sup>2</sup>** é possível determinar o IEE<sub>real-facturas</sub> = Consumo Global / Área Útil

<b>IEE<sub>real-facturas</sub> = 52,38 Kgep/m<sup>2</sup>.ano</b>
---

Note-se que no consumo global acima representado, estão contemplados os consumos das garagens e arrecadações. Assim, a área útil de pavimento deveria ser somada a área de arrecadações e estacionamentos. No entanto, visto que o consumo destas áreas (estacionamentos e arrecadações) é simbólico comparando com o consumo global, nesta etapa do estudo não irei considerar estes espaços, considerando-os apenas na simulação multizona do edifício.

Com a utilização do  $IEE_{real-facturas}$  o edifício poderá estar regulamentar ou não caso:

$$IEE_{real-facturas} < IEE_{ref-exist}$$

Esta abordagem simplificada é uma aproximação que não tem correcção climática e serve também para validar o modelo de simulação utilizado posteriormente para cálculo do  $IEE_{nom}$ .

No Anexo X do RSECE, são apresentados os valores limites dos consumos globais específicos dos edifícios de serviços existentes ( $IEE_{ref-exist}$ ). Visto que o edifício em estudo tem mais do que uma tipologia, o  $IEE_{ref-exist}$  global é calculado com base no valor médio ponderado de acordo com as áreas correspondentes a cada uma das tipologias existentes. Vem então, como se apresenta no quadro 3.5:

Quadro 3.5 – IEE referência das diferentes tipologias

Zona	Tipo de actividade	Tipologia	$IEE_{ref-exist}$
Escritório piso 0	Serviços	Escritórios	40
Escritório piso 1	Serviços	Escritórios	40
Escritório piso 2	Serviços	Escritórios	40
Escritório piso 3	Serviços	Escritórios	40
Átrio de entrada	Serviços	Escritórios	40
Central telefónica	Serviços	Comunicações	40
Sala IT	Serviços	Comunicações	40

$$IEE_{ref-exist} = \frac{(1550,15 + 1536,43 + 1637,37 + 1618,08 + 236,43) \times 40 + (11,30 + 12) \times 40}{6601,76}$$

$IEE_{ref-exist} = 40,00 \text{ (Kgep/m}^2 \cdot \text{ano)}$

Verifica-se que o  $IEE_{\text{real-facturas}}$  calculado com base na análise das facturas energéticas do edifício, é superior ao valor máximo regulamentar.

### **3.2.2. Auditoria Energética**

A Auditoria Energética é normalmente associada sobretudo ao trabalho de campo destinado a caracterizar consumos e o estado de funcionamento das instalações técnicas. A auditoria energética permite “fotografar” os consumos do edifício durante o período de funcionamento. Tem então como principais finalidades:

- Identificar e quantificar os fluxos de energia no edifício (electricidade, combustíveis fósseis, etc.)
- Caracterizar os sistemas energéticos existentes para a conversão destas formas de energia em energia final, o seu estado de conservação, rendimentos de conversão e respectivos planos de manutenção;
- Verificar se estão satisfeitas as condições de conforto térmico pretendidas;
- Avaliar consumos energéticos específicos de cada utilização final e/ou sector do edifício (iluminação, climatização, ventilação, cozinha, etc.);
- Calcular o IEE do edifício utilizando os factores de correcção climática para as parcelas relacionadas com climatização;
- Identificar medidas de racionalização energética de forma a melhorar o desempenho energético do edifício;

No nosso caso específico, a Auditoria Energética vai ser orientada, tomando como objectivos principais a identificação e quantificação dos fluxos de energia do edifício e os perfis de utilização do edifício, para que se possa avançar correctamente com a simulação energética através do STE. A informação anterior servirá então de *input* ao modelo de simulação dinâmica, por forma a efectuar a análise energética nas condições reais, nominais e a análise económica das eventuais medidas de Utilização Racional de Energia a identificar.

Conforme referido anteriormente, a diferença entre a energia final anual calculada pelo modelo e o consumo efectivamente registado não pode ser superior a 10% devendo, se possível atingir-se os 5%.

Visto de se tratar de um edifício existente, a simulação será efectuada com valores não nominais (valores reais) de acordo com as especificidades do perfil (horários, densidades de ocupação, iluminação...) do edifício em estudo, de forma a calibrar um modelo de simulação que, em condições nominais, permita respeitar o valor limite do IEE.

A auditoria foi realizada durante o mês de Setembro e focou-se nos parâmetros necessários para a construção do modelo de simulação

### **3.2.2.1. Análise real dos consumos energéticos**

De forma a fazer o levantamento real dos consumos energéticos do edifício, uma das etapas da auditoria foi colocar analisadores de rede nos diversos circuitos em 17 Quadros Eléctricos do edifício para quantificar a energia real dispendida pelos circuitos de iluminação, climatização e outros.

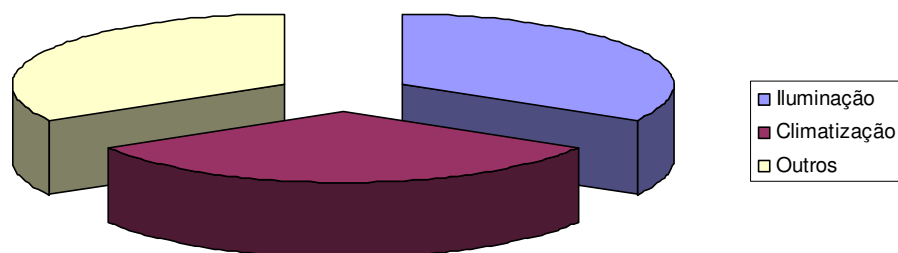


Figura 3.14 – Esquema das 3 áreas a analisar nos Quadros Eléctricos

Os circuitos eléctricos do edifício estão divididos em 3 tipos distintos:

- Circuitos Normal Emergência (Iluminação escritórios, Ventiladores, tomadas, etc.)
- Circuitos Serviços Comuns (zonas comuns, elevadores, etc)
- Circuitos Serviços Socorridos (Permanentemente alimentados - EDP ou Grupo Gerador ou UPS)

Em esquema simplificado, os quadros analisados foram os apresentados nas figuras 3.15 e 3.16:

### QUADROS ELECTRICOS ANALISADOS NOS DIFERENTES PISOS

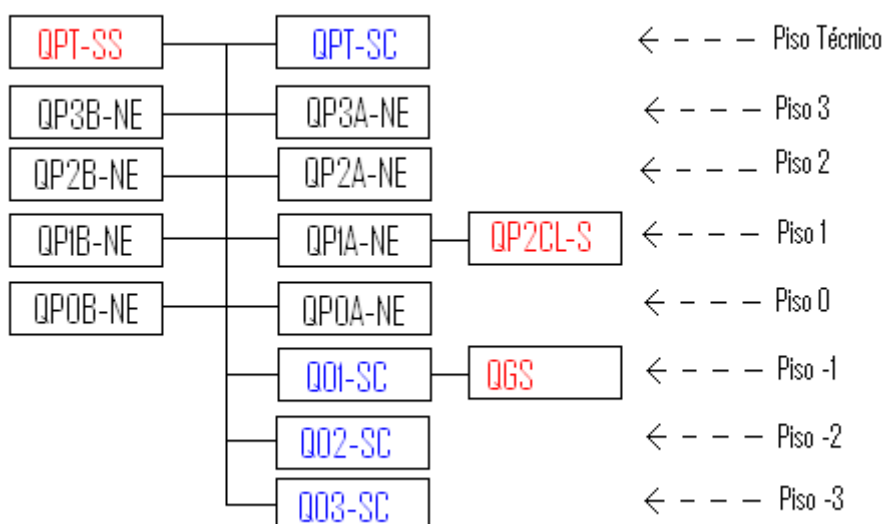


Figura 3.15 – Esquema de todos os Quadros Eléctricos do Edifício

### Quadro Geral de Energia QGE

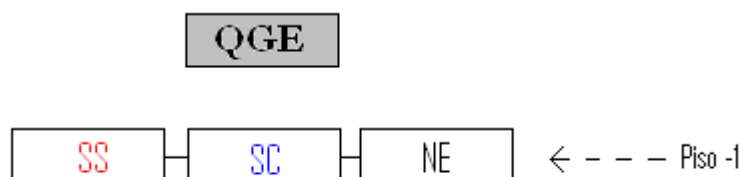


Figura 3.16 – Esquema dos 3 quadros principais do Quadro Geral de Energia

Os resultados obtidos apresentam-se no Anexo 1 e no quadro resumo seguinte:

Quadro 3.6 – Quadro resumo dos consumos analisados nos diversos QE.

<b>Piso</b>	<b>Q. Eléctrico</b>	<b>Iluminação</b>	<b>VC's</b>	<b>Outros</b>
Piso 0	QP0A-NE	66%	17%	17%
	QP0B-NE			
Piso 1	QP1A-NE	53%	12%	35%
	QP1B-NE			
Piso 2	QP2A-NE	57%	13%	31%
	QP2B-NE			
Piso 3	QP3A-NE	68%	20%	12%
	QP3B-NE			
<b>Piso</b>	<b>Q. Eléctrico</b>	<b>Chiller's</b>	<b>Bombas, VIS</b>	<b>UTAN's,VEX's</b>
Cobertura	QPT-SC e SS	25%	27%	48%

Como já seria de esperar, nos 4 pisos de escritórios (Pisos 0, 1, 2 e 3) o maior consumo de energia eléctrica está associado à iluminação. Em todos os pisos verificou-se consumos do circuito eléctrico de iluminação superiores a 50% do consumo total do Quadro eléctrico analisado. As restantes parcelas estão associadas à alimentação dos motores eléctricos dos ventilo-convectores e às diversas tomadas eléctricas existentes nos espaços de escritórios que alimentam essencialmente computadores e restantes equipamentos de apoio a espaços de escritórios (Fax's, fotocopiadoras, scanners, etc.).

Colocam-se automaticamente algumas questões perante os valores apresentados:

- Será necessário consumir tanta energia eléctrica para iluminação? Visto não existir qualquer tipo de regulação de fluxo de intensidade luminosa, o projectista terá desenhado a instalação considerando a iluminação para a pior situação, durante a noite.
- Verificou-se que a grande maioria dos computadores não são do tipo portáteis. Segundo informações dos utilizadores, a grande maioria dos utentes não desliga o computador quando pára de trabalhar. Quais seriam as vantagens ao nível do consumo energético se se utilizassem computadores portáteis que se desligam automaticamente ao fim de determinado tempo?

### 3.2.2.2. Ocupação

No quadro 3.7 apresentam-se os valores da densidade de ocupação determinados através da análise realizada ao sistema de controlo de acesso aos pisos do edifício.

Quadro 3.7 – Densidade de ocupação nos diferentes pisos.

Zona e Área	Nº de ocupantes	Densidade de ocupação (m <sup>2</sup> / ocupante)	Actividade (W / ocupante)
A – Escritório piso 0: 1550,15m <sup>2</sup>	124	12,5 m <sup>2</sup> / ocupante	120
B – Escritório piso 1: 1536,43m <sup>2</sup>	88	17,45 m <sup>2</sup> / ocupante	120
C – Escritório piso 2: 1637,37m <sup>2</sup>	102	16,05 m <sup>2</sup> / ocupante	120
D – Escritório piso 3: 1618,08 m <sup>2</sup>	70	23,12 m <sup>2</sup> / ocupante	120
E – Átrio de entrada: 236,43m <sup>2</sup>	2	118,22 m <sup>2</sup> / ocupante	120
F – Central telefónica: 11,30 m <sup>2</sup>	0	-----	-----
G – Sala IT: 12,00 m <sup>2</sup>	0	-----	-----
<b>TOTAL</b>	<b>386</b>		

O regulamento RSECE refere que em perfis nominais, a ocupação dos escritórios deverá ter densidade de ocupação de 15 m<sup>2</sup> / ocupante. Pelo quadro acima, preenchido após análise dos dados fornecidos pelo sistema de controlo de acessos aos diversos espaços, verificamos que os valores estão muito perto do regulamentado, pelo que se verifica que o regulamento está actualizado ou o projectista do edifício calculou com eficácia a ocupação do mesmo.

Quanto à ocupação do átrio de entrada, visto existirem apenas 2 postos de trabalho, a densidade de ocupação apresenta um valor discrepante. No entanto, não existe no regulamento nenhuma tipologia com densidade tão baixa (nem mesmo os museus) pelo que assumo este valor tal como é na realidade.

No quadro 3.8 apresenta-se a percentagem de ocupação determinada através da análise do sistema de controlo de acessos existente no edifício:

Quadro 3.8 – Padrão Real de Ocupação do Edifício.

Horas	% de Ocupação		
	Segunda a Sexta	Sábados	Domingos e feriados
0h às 1h	0	0	0
1h às 2h	0	0	0
2h às 3h	0	0	0
3h às 4h	0	0	0
4h às 5h	0	0	0
5h às 6h	0	0	0
6h às 7h	0	0	0
7h às 8h	50	0	0
8h às 9h	80	0	0
9h às 10h	100	50	0
10h às 11h	100	50	0
11h às 12h	100	50	0
12h às 13h	100	50	0
13h às 14h	50	50	0
14h às 15h	100	50	0
15h às 16h	100	50	0
16h às 17h	100	50	0
17h às 18h	100	50	0
18h às 19h	100	0	0
19h às 20h	100	0	0
20h às 21h	50	0	0
21h às 22h	0	0	0
22h às 23h	0	0	0
23h às 24h	0	0	0

### 3.2.2.3. Iluminação

No quadro seguinte apresenta-se a densidade de iluminação de cada um dos pisos do edifício. Esta densidade é calculada após o resultado da auditoria realizada a cada um dos quadros eléctricos, de forma a se saber a potência de iluminação real dedicada a cada um dos pisos/circuitos.

Quadro 3.9 – Densidade de iluminação nos diversos pisos.

Zona e Área	Numero de ocupantes	Densidade de iluminação (W / m <sup>2</sup> )
A – Escritório piso 0: 1550,15m <sup>2</sup>	124	$(5427 + 8885) / 1550,15 = 9,2$
B – Escritório piso 1: 1536,43m <sup>2</sup>	88	$(4625 + 3343) / 1536,43 = 5,18$
C – Escritório piso 2: 1637,37m <sup>2</sup>	102	$(6288 + 8816) / 1637,37 = 9,22$
D – Escritório piso 3: 1618,08 m <sup>2</sup>	70	$(7282 + 5428) / 1618,08 = 7,85$
E – Átrio de entrada: 236,43m <sup>2</sup>	2	1,79
F – Central telefónica: 11,30 m <sup>2</sup>	0	-----
G – Sala IT: 12,00 m <sup>2</sup>	0	

Conforme a programação definida no Sistema de Gestão Técnica do Edifício, é possível saber com exactidão o horário de iluminação dos espaços. Assim, apresenta-se no quadro 3.10 o padrão de iluminação em percentagem:

Quadro 3.10 – Padrão de iluminação do edifício.

Horas	% de Iluminação escritórios		
	Segunda a Sexta	Sábados	Domingos e feriados
0h às 1h	0	0	0
1h às 2h	0	0	0
2h às 3h	0	0	0
3h às 4h	0	0	0
4h às 5h	0	0	0
5h às 6h	0	0	0
6h às 7h	100	100	0
7h às 8h	100	100	0
8h às 9h	100	100	0
9h às 10h	100	100	0
10h às 11h	100	100	0
11h às 12h	100	100	0
12h às 13h	100	100	0
13h às 14h	100	100	0
14h às 15h	100	100	0
15h às 16h	100	100	0
16h às 17h	100	100	0
17h às 18h	100	100	0
18h às 19h	100	100	0
19h às 20h	100	100	0
20h às 21h	100	100	0
21h às 22h	100	100	0
22h às 23h	100	100	0
23h às 24h	0	0	0

### 3.2.2.4. Equipamento

No quadro seguinte apresenta-se a densidade de equipamento de cada um dos pisos do edifício. Esta densidade é também calculada após o resultado da auditoria realizada a cada um dos quadros eléctricos, de forma a se saber a potência consumida pelos equipamentos, dedicada a cada um dos pisos/circuitos.

Quadro 3.11 – Densidade dos equipamentos nos diversos pisos.

<b>Zona e Área</b>	<b>Nº de ocupantes</b>	<b>Densidade de equipamento (W / m<sup>2</sup>)</b>
A – Escritório piso 0: 1550,15m <sup>2</sup>	124	$3682,78 / 1550,15 = 2,3$
B – Escritório piso 1: 1536,43m <sup>2</sup>	88	$5257,84 / 1536,43 = 3,4$
C – Escritório piso 2: 1637,37m <sup>2</sup>	102	$8227,74 / 1637,37 = 5,0$
D – Escritório piso 3: 1618,08 m <sup>2</sup>	70	$2047,26 / 1618,08 = 1,2$
E – Átrio de entrada: 236,43m <sup>2</sup>	2	0,07
F – Central telefónica: 11,30 m <sup>2</sup>	0	$916 / 11,3 = 81,06$
G – Sala IT: 12,00 m <sup>2</sup>	0	$2290 / 12 = 190,83$

Através da auditoria aos Quadros Eléctricos, é possível determinar um padrão de funcionamento dos equipamentos (computadores, fax's, fotocopiadoras, etc), ao longo de 24h. Apresenta-se no quadro 3.12 o padrão de equipamentos:

Quadro 3.12 – Padrão de equipamentos do edifício.

Horas	% de Equipamento		
	Segunda a Sexta	Sábados	Domingos e feriados
0h às 1h	20	20	20
1h às 2h	20	20	20
2h às 3h	20	20	20
3h às 4h	20	20	20
4h às 5h	20	20	20
5h às 6h	20	20	20
6h às 7h	20	20	20
7h às 8h	20	20	20
8h às 9h	50	50	20
9h às 10h	100	90	20
10h às 11h	100	90	20
11h às 12h	100	90	20
12h às 13h	100	90	20
13h às 14h	100	90	20
14h às 15h	100	90	20
15h às 16h	100	90	20
16h às 17h	100	90	20
17h às 18h	100	90	20
18h às 19h	100	90	20
19h às 20h	100	90	20
20h às 21h	50	50	20
21h às 22h	20	20	20
22h às 23h	20	20	20
23h às 24h	20	20	20

### 3.2.2.5. Ventilação

No Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização de Edifícios é apresentada uma tabela com os caudais mínimos obrigatórios para determinada tipologia de edifício. Visto que no caso em estudo se trata de um edifício existente, os caudais verificados nas telas finais e apresentados no Quadro 3.13 serviram apenas para a correcta construção do modelo de simulação.

Quadro 3.13 – Caudais de ar nos diferentes pisos.

<b>Zona e Área</b>	<b>Caudal mínimo de ar novo (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Infiltração de ar nos períodos sem ocupação (m<sup>3</sup>/h)</b>
A – Escritório piso 0: 1550,15m <sup>2</sup>	1790+1710+2070+2030= <b>7600</b>	Calculado no software de simulação
B – Escritório piso 1: 1536,43m <sup>2</sup>	1900+2175+2175+1595= <b>7845</b>	Calculado no software de simulação
C – Escritório piso 2: 1637,37m <sup>2</sup>	1985+1835+1875+2090= <b>7785</b>	Calculado no software de simulação
D – Escritório piso 3: 1618,08 m <sup>2</sup>	1950+1635+1625+1700= <b>6910</b>	Calculado no software de simulação
E – Átrio de entrada: 236,43m <sup>2</sup>	-----	-----
F – Central telefónica: 11,30 m <sup>2</sup>	-----	-----
G – Sala IT: 12,00 m <sup>2</sup>	-----	-----

### 3.2.2.6. Aquecimento e Arrefecimento

Durante a auditoria verificou-se que os valores de temperatura no interior dos diversos espaços estavam compreendidos entre os 20°C e os 24°C. Através do histórico existente na Gestão Técnica do Edifício, verificou-se que a temperatura média na estação de aquecimento verificada nos espaços climatizados do edifício ronda a temperatura de referência:

Temperatura de referência no interior (°C) → 20 °C

Ao longo do dia surgem algumas variações visto que o sistema de climatização não consegue “compensar” a subida ou descida de temperatura no momento imediatamente após esta variação.

Através do histórico existente na Gestão Técnica do Edifício, verificou-se também que a temperatura média na estação de arrefecimento verificada nos espaços climatizados do edifício ronda também a temperatura de referência:

Temperatura de referência (°C) → 25 °C

Sabemos que 6 meses são de arrefecimento e 6 meses são de aquecimento segundo auditoria.

Na auditoria realizada foram avaliados os consumos dedicados à parcela de climatização que foi separada e estudada individualmente dos restantes consumos do edifício. No entanto, para fazermos o estudo exclusivo da parcela de aquecimento e arrefecimento do edifício, teve de se “desenhar” este consumo baseado no gráfico dos consumos do ano de 2008. Vem então:

## **GÁS**

Sabendo o consumo de gás durante o mês de Setembro e sabendo o “percurso” dos consumos médios ao longo dos últimos 3 anos, consegue-se simular/prever o consumo de energia para aquecimento e arrefecimento (gás) de um ano.

Consumo medido em auditoria no mês de Setembro:

- Gás para alimentação dos Chiller's = 109.729 KWh

De forma a estimar os consumos de gás nos meses seguintes à auditoria de uma forma credível, foi necessário traçar, conforme representado na figura 3.17, uma média dos consumos dos anos anteriores. Os valores mensais estimados são os apresentados no quadro 3.14 que foram determinados tendo como base o percurso apresentado na figura referida. Consegue-se assim separar a energia proveniente do gás, que é dedicada exclusivamente à climatização do edifício, e saber a energia dispendida para aquecimento e arrefecimento.

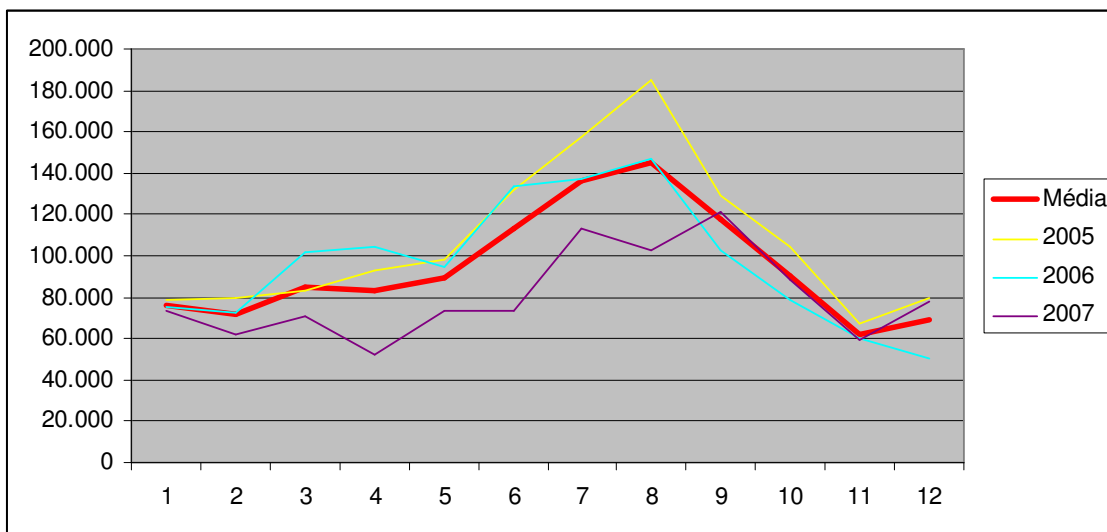


Figura 3.17 – Traçado do consumo de gás nos diferentes anos e respectiva média

Quadro 3.14 – Consumo estimado de gás para aquecimento e arrefecimento após auditoria.

GAS KWh	2008 estimado
Jan	76.108,66
Fev	71.486,33
Mar	84.957,65
Abr	83.248,99
Mai	88.977,33
Jun	113.139,00
Jul	135.864,00
Ago	144.787,82
Set	<b>109.729,00</b>
Out	90.527,96
Nov	62.308,26
Dez	69.079,54
<b>TOTAL</b>	<b>1.130.214,54</b>

RESUMINDO:

- Consumo gás **aquecimento**:  $447.189,43 \times 0,086 = 38.458,30$  Kgep/ano
- Consumo gás **arrefecimento**:  $683.025,11 \times 0,086 = 58.740,20$  Kgep/ano

## **ELECTRICIDADE**

De forma a determinar a parcela de energia eléctrica dedicada à climatização, fez-se durante a auditoria realizada no mês de Setembro uma separação/quantificação dos circuitos eléctricos dedicados a esta área. Os consumos eléctricos, conforme já foi demonstrado na Figura 3.12, mantêm-se estáveis ao longo do ano, ao contrário do consumo de gás. Assim, foi possível estimar o consumo de energia eléctrica dedicada à climatização durante o ano de 2008. Com os dados verificados na auditoria, foram obtidos os seguintes valores:

- Energia eléctrica total durante o mês da Auditoria (Setembro) = 72.782 KWh
- Energia eléctrica relacionada com o quadro QGE-NE =  $64\% \times 72.782 = 46.580,48$  KWh
- Energia eléctrica relacionada com circuitos de VC's =  $15\% \times 46.580,48 = 6.987,00$  KWh
- Energia eléctrica relacionada com UTAN's, Bombas, Chiller's e VEX's = 1.395,28 KWh
  
- Energia eléctrica associada á parcela de aquecimento e arrefecimento durante o mês de Setembro = 8.382,28 KWh (verificou-se que 11% da energia eléctrica total é dedicada à climatização)
  - Consumo eléctrico semestral (parcela climatização) =  $6 \text{ meses} \times 8.382,28 \text{ KWh} = 50.293,72 \text{ KWh/ano}$

### **RESUMINDO:**

Visto que 6 meses são de aquecimento e seis meses de arrefecimento segundo informação do histórico do edifício, chegou-se aos seguintes resultados:

- Consumo eléctrico **aquecimento**  $50.293,72 \times 0,29 = 14.585,20$  Kgep/ano
- Consumo eléctrico **arrefecimento**  $50.293,72 \times 0,29 = 14.585,20$  Kgep/ano

### **3.2.2.7. AQS**

Durante a auditoria realizada ao edifício, estudou-se e quantificou-se as variáveis relacionadas com o Aquecimento de Aguas Sanitárias de forma a ser possível construir o modelo de simulação térmica.

- Consumo médio diário (litros / dia. ocupante) → 0,5 l
- Aumento de temperatura → 25°C
- Numero médio de ocupantes, nos dias de ocupação → (dependente da Zona em estudo; ver ponto 3.2.2.2)
- Numero de dias com ocupação → 365 – 52 = 313 dias
- Sistema Convencional → Termoacumulador eléctrico (menos de 50mm de isolamento térmico)
- Eficiência → 0,9
- Factor de conversão (Kgep / kWh) → 0,29
- Colectores Solares → 0
- Outras formas de energias renováveis → 0

### **3.2.2.8. Factor de Forma**

O factor de forma define-se como o quociente entre o somatório das superfícies da envolvente exterior  $A_{ext}$  e da envolvente interior não útil  $A_{int}$  através das quais se verificam as trocas de calor e volume útil interior. Este factor é portanto um factor a considerar nas necessidades de aquecimento e arrefecimento de um edifício.

$$FF = \frac{\sum A_{ext} + \sum (\tau \cdot A_{int})}{V}$$

Assim, o Factor de forma do nosso caso de estudo é:

- Área exterior total = 4800,00 m<sup>2</sup>
- Área interior total (pavimento em contacto com garagem)= 1600,00 m<sup>2</sup>

- $T_{\text{escadas}} = 0$  (3)
- $T_{\text{garagem}} = 0,7$
- Volume = 34.425,00 m<sup>3</sup>

FF = 0,172 que, segundo a pag 2474 do RCCTE, corresponde a:

$$Ni = 4,5 + 0,0395 \times GD$$

### 3.2.2.9. IEE real resultante da Auditoria

O IEE real calculado após valores medidos na auditoria difere do IEE real das facturas visto que as parcelas associadas à climatização são afectadas pelo **factor de correcção climática**. Este factor de correcção climática pretende afectar os consumos dedicados à climatização consoante a zona em que o edifício se situa pois um edifício em Bragança tem consumos diferentes de um edifício situado em Faro.

$$IEE = IEE_I + IEE_V + \frac{Q_{out}}{Ap}$$

Em que:

IEE<sub>I</sub> = Indicador de Eficiência Energética de Aquecimento

IEE<sub>V</sub> = Indicador de Eficiência Energética de Arrefecimento

Q<sub>out</sub> = Consumo de energia não ligada ao aquecimento e arrefecimento (Kgep/ano)

Ap = Área útil de pavimento m<sup>2</sup>

---

<sup>3</sup> Cálculo do Tau determinado no ponto 3.2.3.1 – Levantamento dimensional e estudo da envolvente

Por sua vez:

$$IEE_I = \frac{Q_{aq}}{A_p} \times FCI$$

$$IEE_V = \frac{Q_{arr}}{A_p} \times FCV$$

Em que:

Q<sub>aq</sub> = Consumo de Energia Aquecimento (Kgep/ano)

FCI = Factor de correcção do consumo de energia de aquecimento

Q<sub>arr</sub> = Consumo de Energia de Arrefecimento (Kgep/ano)

FCV = Factor de correcção do consumo de energia de arrefecimento

Para o cálculo dos factores de correcção do consumo de energia de aquecimento e de arrefecimento (FCI e FCV) adopta-se, como região climática de referência, a região I1-V1 Norte, 1000 Graus-dia de aquecimento e 160 dias de duração da estação de aquecimento.

$$FCI = N_{I1} / N_{II}$$

N<sub>I1</sub> → Necessidades máximas de Aquecimento permitidas pelo RCCTE, para o edifício na zona I1 (KWh/m<sup>2</sup>.ano)

N<sub>II</sub> → Necessidades máximas de Aquecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício na zona onde está localizado (KWh/m<sup>2</sup>.ano)

$$FCV = N_{V1} / N_{VI}$$

N<sub>V1</sub> → Necessidades máximas de Arrefecimento permitidas pelo RCCTE, para o edifício na zona V1 (KWh/m<sup>2</sup>.ano)

N<sub>VI</sub> → Necessidades máximas de Arrefecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício na zona onde está localizado (KWh/m<sup>2</sup>.ano)

### Cálculo do FCI

$$N_{i1} = 4,5 + 0,0395 \text{ GD} = 4,5 + 0,0395 \times 1000 = 44,00 \text{ KWh/m}^2 \cdot \text{ano}$$

$$N_{i2} = 4,5 + 0,0395 \text{ GD} = 4,5 + 0,0395 \times 1230 = 53,08 \text{ KWh/m}^2 \cdot \text{ano}$$

$$\text{FCI} = 44/53,08 = \mathbf{0,83}$$

### Cálculo do FCV

$$N_{v1} = 16 \text{ KWh/m}^2 \cdot \text{ano}$$

$$N_{v2} = 22 \text{ KWh/m}^2 \cdot \text{ano} \text{ (Oeiras é considerado região sul segundo RCCTE)}$$

$$\text{FCV} = 16/22 = \mathbf{0,73}$$

$$\boxed{IEE_i = \frac{Q_{aq}}{A_p} \times FCI} = ((38458,30 + 19446,9)/6601,76) \times 0,83 = 7,28 \text{ Kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$$

$$\boxed{IEE_v = \frac{Q_{arr}}{A_p} \times FCV} = ((58740,2 + 9723,45)/6601,76) \times 0,73 = 7,57 \text{ Kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$$

$$Q_{out} = 224.111,00 \text{ Kgep/ano}$$

$$\boxed{IEE = IEE_i + IEE_v + \frac{Q_{out}}{A_p}} = 7,28 + 7,57 + (224111,00/6601,76) = 48,79 \text{ Kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$$

$$\boxed{\text{IEE}_{\text{real-auditoria}} = 48,79 \text{ Kgep/m}^2 \cdot \text{ano}}$$

Conclui-se com este resultado que o IEE, apesar das correcções climáticas, continua acima dos valores regulamentares, continuando não regulamentar.

Da auditoria concluem-se resultados interessantes tais como:

- 11% da energia eléctrica total do edifício é dedicada à climatização.
- 39% da energia eléctrica total do edifício é dedicada à iluminação dos escritórios.
- 35,68% da energia total do edifício é dedicada à climatização.
- 0,5% da energia total do edifício é dedicada às garagens e arrecadações.
- 27,73% da energia total do edifício provem do gás.
- 72,27% da energia total do edifício provem da electricidade.

### **3.2.3. Simulação Multizona**

Prosseguiu-se, conforme as etapas de estudo definidas, para o ponto seguinte: a construção do modelo de simulação multizona. Conforme foi referido no ponto **3.1.3 Software para realização da simulação energética**, o STE-2005 foi a ferramenta para se realizar o estudo energético do edifício 2 de Lagoas Park, e foi aplicado isoladamente a cada zona distinta do edifício para a obtenção do  $IEE_{nom}$  de cada zona e no final ponderar em função da área os valores de  $IEE_{nom}$  obtidos, com o intuito de calcular o  $IEE_{nom}$  do edifício.

Visto ter-se estudado cada uma das zonas individualmente, as zonas adjacentes a cada uma foram consideradas espaço não útil, tendo-se recorrido à tabela IV.1 do RCCTE (valores do coeficiente  $\tau$ ) e considerados os coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos, descritos no quadro IX.1 do RCCTE.

### **3.2.3.1. Levantamento dimensional e estudo da envolvente**

#### CONSIDERAÇÕES:

De acordo com as alíneas c), d), e) e f) do anexo II do D.L. n.º 80/2006, consideram-se os seguintes pressupostos:

- «**Área de cobertura**» é a área, medida pelo interior, dos elementos opacos da envolvente horizontais ou com inclinação inferior a 60° que separam superiormente o espaço útil do exterior ou de espaços não úteis adjacentes.
- «**Área de paredes**» é a área, medida pelo interior, dos elementos opacos da envolvente verticais ou com inclinação superior a 60° que separam o espaço útil do exterior, de outros edifícios, ou de espaços não úteis adjacentes.
- «**Área de pavimento**» é a área, medida pelo interior, dos elementos da envolvente que separam inferiormente o espaço útil do exterior ou de espaços não úteis adjacentes.
- «**Área de vãos envidraçados**» é a área, medida pelo interior, das zonas não opacas da envolvente de um edifício (ou fracção autónoma), incluindo os respectivos caixilhos.

Existem dois tipos de envolvente, a exterior e a interior. Segundo as definições, a “Envolvente exterior” é o conjunto dos elementos do edifício ou da fracção autónoma que estabelecem a fronteira entre o espaço interior e o ambiente exterior e a “Envolvente interior” é a fronteira que separa a fracção autónoma de ambientes normalmente não climatizados (espaços anexos “não úteis”), tais como garagens ou armazéns, bem como de outras fracções autónomas adjacentes em edifícios vizinhos.

Em relação a espaços, a definição refere que “Espaço não útil” é o conjunto dos locais fechados, fortemente ventilados ou não, que não se encontram englobados na definição de área útil de pavimento e que não se destinam à ocupação humana em termos permanentes e, portanto, em regra, não são climatizados. Incluem-se aqui armazéns, garagens, sótãos e caves não habitados, circulações comuns a outras

fracções autónomas do mesmo edifício, etc. Consideram-se ainda como espaços não úteis as lojas não climatizadas com porta aberta ao público.

Visto que o estudo será realizado considerando cada zona como um só edifício, as zonas em contacto com a zona em estudo serão consideradas como espaços não úteis. Os elementos da envolvente serão então considerados elementos em contacto com espaço não útil.

Por sua vez, o “Espaço útil” é o espaço correspondente à área útil de pavimento.

No que diz respeito à Envolvente Exterior, temos as quatro fachadas (Norte, Sul, Este e Oeste) e a cobertura para o caso da última zona do piso 3, já que são estes os elementos das fracções que estão directamente em contacto com o exterior.

No que respeita à Envolvente Interior, separação entre espaços úteis, uma vez que as zonas em estudo se encontram umas por cima das outras, temos o Pavimento e cobertura (de todas as zonas em estudo à excepção do piso 3), as paredes interiores em contacto com o átrio de entrada, e as paredes, pavimento e cobertura das 2 salas “especiais”.

De modo a simplificar o estudo, todos os vãos envidraçados de cada orientação e de cada zona, foram considerados como um único vão envidraçado. Caso não se fizesse esta simplificação, seria necessário estudar cada vidro (sombreamentos, factores de obstrução, etc) totalizando aproximadamente 100 vãos envidraçados por zona. Esta simplificação admite-se visto que existe apenas uma caixilharia em alumínio para união dos vidros.

Paredes Interiores não úteis são paredes em contacto com espaços não úteis ou edifícios adjacentes (nosso caso, zonas adjacentes visto se considerar cada zona como um edifício).

Quanto ao resultado do levantamento dimensional para construção do modelo de simulação, no Anexo II encontram-se as tabelas resumo com todas as áreas medidas nas telas finais do edifício.

Antes de fazer qualquer tipo de levantamento, foi necessário identificar os locais não úteis pois, conforme os regulamentos, este tipo de espaços podem ter requisitos

diferentes. Calculou-se o coeficiente de redução das perdas térmicas – Locais não aquecidos ( $\tau$ ). No nosso caso, é necessário verificar que tipo de espaço não útil são os dois núcleos de comunicação vertical, cada um constituído por uma escada de serviço, e qual a relação entre as áreas dos elementos que separam.

A determinação do valor de  $\tau$  foi obtido a partir da Tabela IV.1 do DL. Nº 80/2006, em função do tipo de espaço não-útil e da relação entre as áreas dos elementos que separam os dois espaços e a dos elementos que separam o espaço não-útil do exterior.

Espaços não úteis:

- Escadas de serviço

$A_i$  = Área do elemento que separa o espaço útil interior do espaço não útil.

$A_u$  = Área do elemento que separa o espaço não útil do ambiente exterior.

$A_i / A_u$  = Após análise do projecto, considero que certamente é superior a 10 porque a área da sua envolvente em contacto com o exterior é mínima em relação á área da envolvente em contacto com espaços climatizados. Assim, segundo a referida tabela, o valor de  $\tau$  é **Circulação comum sem abertura directa para o exterior**  $\rightarrow \tau_{escada} = 0$ .  
Perante este valor calculado, não existirão elementos interiores com características de elementos exteriores.

- Garagens piso -1

$A_i$  = Área do elemento que separa o espaço útil interior do espaço não útil =  
 $236,43 + 1550 = 1786,43 \text{ m}^2$

$A_u$  = Área do elemento que separa o espaço não útil do ambiente exterior =  $(3296,7 - 2001,95) + 12 = 1306,75 \text{ m}^2$

$A_i / A_u = 1,33$

Assim, segundo a referida tabela, o valor de  $\tau$  é **Garagem Colectiva**  $\rightarrow \tau_{garagem} = 0,7$   
Visto que,  $\tau = 0,7$  ao elemento que separa o espaço útil do espaço não útil serão aplicados os requisitos mínimos definidos no anexo IX para elementos interiores.

### **3.2.3.2. Pontes térmicas lineares**

Uma ponte térmica linear corresponde à ligação de dois elementos construtivos exteriores e é uma singularidade da envolvente em que o fluxo térmico é bi ou tridimensional assimilada a uma perda térmica por unidade de comprimento (Psi). A ponte térmica é quantificada multiplicando o valor do coeficiente de transmissão térmica linear ( $\psi$ ) pelo respectivo desenvolvimento.

A medição corresponde a todo o desenvolvimento perimetral do vão envidraçado, ou seja, à ligação de todo o caixilho com a parede. No caso de uma janela de sacada o comprimento do perfil inferior da janela (ligação do caixilho com o pavimento) deve ser incluído.

Estão descritas as Pontes Térmicas Lineares existentes, no anexo III.

### **3.2.3.3. Perdas pelas Paredes Exteriores e Interiores**

Na alínea h) do Anexo II, do RCCTE, D.L. n.º 80/2006, define-se Coeficiente de Transmissão Térmica de um elemento da envolvente, como sendo 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 ele separa. Calculando temos:

$$\text{Coeficiente de transmissão térmica: } U = \frac{1}{R_{si} + \sum R_j + R_{se}} \text{ (W/m}^2\text{.}^\circ\text{C)}$$

Os cálculos dos vários Coeficientes de Transmissão Térmica para os vários tipos de envolvente opaca encontram-se no anexo IV e foram calculados com base no ITE50 [5].

### 3.2.3.4. Perdas pelas Pontes Térmicas Planas

Na alínea tt) do Anexo II, do RCCTE, D.L. n.º 80/2006, define-se Ponte Térmica Plana, como sendo uma heterogeneidade inserida em zona corrente da envolvente exterior ou da envolvente interior em contacto com espaços não úteis, tais como pilares, talões de viga e caixas de estore, por onde se considera uma perda térmica unidimensional por unidade de área de superfície. A ponte térmica plana é quantificada multiplicando o valor de U pela respectiva área. Obtemos assim:

#### Pontes térmicas das Vigas e Pilares

Sabendo já as áreas destes elementos e sabendo que o coeficiente de transmissão

térmica é  $U = \frac{1}{R_{si} + \sum R_j + R_{se}}$  (W/m<sup>2</sup>.°C), encontram-se no anexo V os cálculos das

pontes térmicas planas. Os coeficientes foram calculados com base no ITE50 [5].

### 3.2.3.5. Perdas pelas coberturas e pavimentos

Na alínea c) do Anexo II, do RCCTE, D.L. n.º 80/2006, define-se área da cobertura, como sendo uma área, medida pela interior, dos elementos opacos da envolvente horizontais ou com inclinação inferior a 60º que separam superiormente o espaço útil do exterior ou de espaços não úteis adjacentes.

Na alínea e) do mesmo anexo refere também que a área de pavimento é a área, medida pelo interior, dos elementos da envolvente que separam inferiormente o espaço útil do exterior ou de espaços não úteis adjacentes.

Não existem perdas lineares visto que não existem pavimentos em contacto com o solo.

Coberturas exteriores: Cobertura do tipo terraço “invertida” em laje tipo “côco”, com 42,5cm de espessura sendo 10cm dos quais em laje maciça. A cobertura possui isolamento térmico fixado pelo exterior do tipo Roofmate com 40 mm de espessura.

Pavimentos interiores: Pavimento em laje tipo “côco”, com 40cm de espessura sendo 10cm dos quais em laje maciça. Este pavimento encontra-se interiormente associado a chão falso com acabamento em alcatifa.

Os respectivos cálculos encontram-se no anexo VI, e foram calculados com base no ITE50 [5].

### 3.2.3.6. Ganhos solares pela envolvente opaca

Para o cálculo dos ganhos solares pela envolvente opaca das diversas envolventes exteriores, é necessário realizar o cálculo do ganho para cada uma das fachadas segundo a sua orientação, tendo em conta os seguintes factores:

- Intensidade de radiação solar na estação de arrefecimento

Esta intensidade é retirada do quadro III.9 do RCCTE, para cada uma das orientações.

- Coeficiente de absorção

Este coeficiente está relacionado com a cor da envolvente. No nosso caso, a cor da envolvente é clara (painéis de *alucobond silvermetallic*). Do quadro V.5 do RCCTE, verifica-se:

Cor clara → Coeficiente de absorção = 0,4

Os ganhos através da envolvente opaca são então dados por:

$$Q_{opaco} = U.A.(\theta_{atm} - \theta_i) + U.A \frac{\alpha.G}{h_e} \quad (W)$$

### **3.2.3.7. Perdas através de envidraçados exteriores e interiores**

Tal como nas paredes exteriores, existem perdas associadas aos vãos envidraçados. Estas perdas têm em conta a área vidrada exterior e o coeficiente de transmissão térmica dos elementos (neste caso vidro duplo). Segundo os dados gerais a solução dos vidros exteriores verticais é Vidro duplo incolor ARIPLAK AN62, vidro exterior verde de 8mm, câmara-de-ar de 12mm e vidro interior laminado incolor de 4mm + 4mm. Estes envidraçados possuem ainda protecções interiores do tipo estores de lâminas cor clara.

As características dos vidros exteriores estão apresentadas em anexo, no entanto apresenta-se abaixo as principais particularidades:

#### **VÃOS ENVIDRAÇADOS VERTICAIS**

- Coeficiente de transmissão térmica →  $U = 1,6 \text{ W/m}^2\text{K} = 1,6\text{W/ m}^2\text{°C}$
- Factor Solar → 26%
  
- Reflexão energética → 10%
- Absorção → 71%
- Transmissão Energética directa → 19%

#### **VÃOS ENVIDRAÇADOS HORIZONTAIS**

- Coeficiente de transmissão térmica →  $U = 1,6 \text{ W/m}^2\text{K} = 1,6\text{W/ m}^2\text{°C}$
- Factor Solar → 32%
  
- Reflexão energética → 23%
- Absorção → 52%
- Transmissão Energética directa → 25%

Quanto aos vidros interiores, vidros duplos incolores, as características são as seguintes:

- Coeficiente de transmissão térmica →  $U = 3,9 \text{ W/m}^2\text{°C}$  (ITE50 pag III.4)
- Factor solar → 78% (Tabela IV.4 do RCCTE)

### **3.2.3.8. Ganhos úteis através dos vãos envidraçados**

O estudo dos ganhos através dos envidraçados é realizado de forma distinta para as duas estações climáticas consideradas no regulamento, nomeadamente estação de aquecimento e de arrefecimento.

#### **ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO**

Para se calcular as áreas colectoras, deverão ser considerados diversos parâmetros tal como apresentado na seguinte fórmula:

$A_s = A \times F_s \times F_g \times F_w \times g^\perp$  em que:

$A$  → área total do vão envidraçado (área da janela incluindo caixilho)

$F_s$  → factor de obstrução

$F_g$  → fracção envidraçada (traduz a redução da transmissão de energia solar associada à caixilharia)

$F_w$  → Factor de correcção devido à variação das propriedades do vidro com o ângulo de incidência.

$g^\perp$  → Factor solar do vão envidraçado que tem em conta eventuais dispositivos de protecção solar.

Para o nosso caso consideram-se para além das áreas já mencionadas no ponto **3.2.3.1 Levantamento dimensional e estudo da envolvente**, os seguintes valores:

- **X (Factor de orientação)**

Este factor é retirado do quadro IV.4 do regulamento, variando consoante a orientação.

Os cálculos encontram-se no Anexo VII-A

- **g (Factor Solar do vidro)**

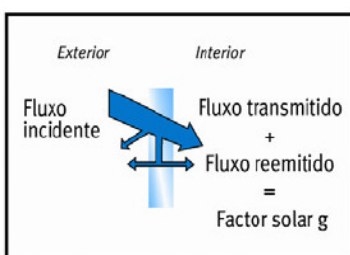


Figura 3.18 – Esquema do significado de Factor Solar

Este factor pode ser retirado do quadro V.4 do RCCTE ou directamente das características do fabricante, sabendo que a solução é vidro duplo incolor ARIPLAK AN62, vidro exterior verde de 8mm, câmara-de-ar de 12mm e vidro interior laminado incolor de 4mm + 4mm. Estes envidraçados possuem ainda protecções interiores do tipo estores de lâminas cor clara.

**Factor  $g_{\perp}^{\text{protecção}} = 0,47$**

Das características do vidro apresentadas pelo fornecedor, retiramos também a seguinte característica:

**Factor  $g_{\perp v} = 0,26$**

Como no nosso caso é um vidro especial, temos de corrigir este factor conforme descrito no RCCTE<sup>4</sup>:

**Factor  $g_{\perp}^{\text{protecção}} = (0,47 \times 0,26) / 0,75 = 0,16$**

- **Fg (Fracção envidraçada)**

Este factor é retirado do quadro IV.5 do RCCTE, e traduz a redução da transmissão da energia solar associada à existência da caixilharia, sendo dada pela relação entre a área envidraçada e a área total do vão envidraçado.

Assim, para janelas de alumínio ou aço e com caixilho sem quadrícula, vem:

Fg para áreas vidradas do edifício → **Fg = 0,70**

- **Fw (Factor de incidência)**

Este factor traduz a redução dos ganhos solares causada pela variação das propriedades do vidro com o ângulo de incidência da radiação solar directa. Fw toma o valor de 0,9 para os vidros correntes simples e duplos conforme referido no RCCTE:

Fw = 0,9

- **Fs (Factor de obstrução)**

Este factor representa a redução de radiação solar que incide no vão envidraçado devido ao sombreamento permanente causado por diferentes obstáculos, sejam eles outros edifícios, vegetação, ou obstruções criadas por elementos do edifício tais como palas, varandas, etc.

Assim,  $F_s = F_h \times F_o \times F_f$  em que

Fh → Factor de sombreamento do horizonte por obstruções longínquas.

Fo → Factor de sombreamento por elementos horizontais (palas, varandas).

Ff → factor de sombreamento por elementos verticais adjacentes (palas verticais, etc.)

O **factor Fh** foi calculado tendo em conta a tabela IV.5 do RCCTE, consoante a orientação de cada vão. Sabemos também que, segundo o RCCTE, “caso não exista informação disponível que permita o cálculo do ângulo de horizonte, deve ser calculado por defeito adoptando um ângulo de horizonte de 45° em ambiente

---

<sup>4</sup> Pagina 2504 “Caso sejam aplicados vidros especiais diferentes dos incolores correntes, o factor solar dos vãos envidraçados...é obtido pelas equações 1 e 2...”

urbano...”. Consideremos então 45° para as fachadas viradas a Este e Oeste. A Fachada Norte e Sul recebem sombreamento dos edifícios vizinhos que estão a uma distância entre fachadas de 21,20m cada um deles.

Os resultados encontram-se no Anexo VII-B

O **factor Fo** foi calculado segundo a tabela IV.6 do RCCTE, interpolando todos os ângulos obtidos, e tendo como base os desenhos em anexo. De modo a simplificar, considerou-se que os vidros existentes no meio das fachadas também têm sombreamento, o que não é verdade apesar de ser uma pequena área vidrada comparando com os 30m de comprimento de área vidrada por fachada. Os resultados encontram-se no Anexo VII-C

O **factor Ff** foi calculado segundo a tabela IV.7 do RCCTE, interpolando todos os ângulos obtidos. Simplificou-se a obtenção dos ângulos, medindo o sombreamento causado apenas num lance de 15m.

Os resultados encontram-se no Anexo VII-D

Note-se que em nenhum caso o produto  $X \times F_h \times F_o \times F_f$  deve ser menor que 0,27. Ao fazer esta verificação no quadro 3.15, verificou-se que alguns vãos envidraçados não cumprem este requisito. Caso este estudo fosse em fase de projecto, possivelmente os vãos deveriam ser alterados.

Quadro 3.15 – Verificação do produto  $X \times F_h \times F_o \times F_f$ .

Vão	$X \times F_h \times F_o \times F_f$
JE_N0	0,27
JE_S0	0,29
JE_E0	0,20
JE_O0	0,20
JE_N1	0,27
JE_S1	0,35
JE_E1	0,20
JE_O1	0,20
JE_N2	0,27
JE_S2	0,46
JE_E2	0,21
JE_O2	0,21
JE_N3	0,27
JE_S3	0,54
JE_E3	0,23
JE_O3	0,23
C_AE	-----
JE_N_AE	-----
JE_S_AE	-----
JE_E_AE	-----
JE_O_AE	0,20

Resumindo:

Quadro 3.16 – Área envidraçada efectiva

Envidraçado	(S/D)	A [m <sup>2</sup> ]	X	g <sup>⊥</sup>	Fs	Fg	Fw	Aef [m <sup>2</sup> ]
JE_N0	D	99,63 m <sup>2</sup>	0,27	0,16	1	0,7	0,9	2,71
JE_S0	D	99,63 m <sup>2</sup>	1	0,16	0,29	0,7	0,9	2,91
JE_E0	D	99,63 m <sup>2</sup>	0,56	0,16	0,36	0,7	0,9	2,02
JE_O0	D	81,00 m <sup>2</sup>	0,56	0,16	0,36	0,7	0,9	1,65
JE_N1	D	99,63 m <sup>2</sup>	0,27	0,16	1,00	0,7	0,9	2,71
JE_S1	D	99,63 m <sup>2</sup>	1	0,16	0,35	0,7	0,9	3,51
JE_E1	D	99,63 m <sup>2</sup>	0,56	0,16	0,36	0,7	0,9	2,02
JE_O1	D	81,00 m <sup>2</sup>	0,56	0,16	0,36	0,7	0,9	1,65
JE_N2	D	99,63 m <sup>2</sup>	0,27	0,16	1,00	0,7	0,9	2,71
JE_S2	D	99,63 m <sup>2</sup>	1	0,16	0,46	0,7	0,9	4,62
JE_E2	D	99,63 m <sup>2</sup>	0,56	0,16	0,38	0,7	0,9	2,14
JE_O2	D	99,63 m <sup>2</sup>	0,56	0,16	0,38	0,7	0,9	2,14
JE_N3	D	72,59 m <sup>2</sup>	0,27	0,16	1,00	0,7	0,9	1,98
JE_S3	D	72,59 m <sup>2</sup>	1	0,16	0,54	0,7	0,9	3,95
JE_E3	D	72,59 m <sup>2</sup>	0,56	0,16	0,41	0,7	0,9	1,68
JE_O3	D	72,59 m <sup>2</sup>	0,56	0,16	0,41	0,7	0,9	1,68
C_AE	D	161,85 m <sup>2</sup>	0,89	0,16	-----	0,7	0,9	14,52
JE_N_AE	D	-----	-----	-----	-----	-----	0,9	-----
JE_S_AE	D	-----	-----	-----	-----	-----	0,9	-----
JE_E_AE	D	-----	-----	-----	-----	-----	0,9	-----
JE_O_AE	D	37,61 m <sup>2</sup>	0,56	0,16	0,36	0,7	0,9	0,76

Na estação de aquecimento os ganhos são calculados pela equação seguinte:

$$Q_s = G_{sul} \sum \left[ X_j \sum_n A_{snj} \right] \cdot M$$

Em que:

G → Valor médio mensal de energia solar média incidente numa superfície vertical orientada a sul. (pag 2484)

Xj → Factor de orientação para as diferentes exposições.

Asnj → Área efectiva colectora da radiação solar da superfície n

j → índice que corresponde a cada uma das orientações.

n → Índice que corresponde a cada uma das superfícies com a orientação j.

M → Duração da estação de aquecimento em meses (Ver anexo III do regulamento)

Área Efectiva Total equivalente na orientação SUL	A [m <sup>2</sup> ]	55,37
		x
Radiação Incidente num envidraçado a SUL (G <sub>sul</sub> ) na Zona <input type="text" value="I1"/>	[KWh/m <sup>2</sup> .mês]	108,00
		x
Duração da Estação de Aquecimento	meses	6
		=
<b>Ganhos Solares Brutos</b>	[KWh/ano]	<b>35.878,47</b>

## ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

Para a estação de arrefecimento, o cálculo dos ganhos solares pelos envidraçados exteriores é baseado noutras tabelas devido à diferença que existe no ângulo que o sol faz com a terra nas diferentes estações.

- $g_{\perp}^{\text{verão}}$  (**Factor Solar do vidro**)

Este factor é calculado da seguinte forma:

Quadro V.4 do RCCTE → Estores de lâminas  $g_{\perp}' = 0,47$

Quadro IV.4 do RCCTE → Vidro duplo  $g_{\perp v} = 0,26$

$$g_{\perp} = 0,7 \times g_{\perp}' + 0,3 \times g_{\perp v} = 0,41$$

- **Fg (Fracção envidraçada)**

Este factor é igual ao da situação de Inverno, segundo quadro IV.5 do RCCTE.

**Fg= 0,70**

- **Fw (Factor de incidência)**

Este factor traduz a redução dos ganhos solares causada pela variação das propriedades do vidro com o ângulo de incidência da radiação solar directa. Para a estação de arrefecimento, este factor toma os valores da tabela V.3 do RCCTE, conforme orientação do vão.

Quadro 3.17 – Valores do Factor de incidência

Vão	Fw
JE_N0	0,80
JE_S0	0,75
JE_E0	0,85
JE_O0	0,85
JE_N1	0,80
JE_S1	0,75
JE_E1	0,85
JE_O1	0,85
JE_N2	0,80
JE_S2	0,75
JE_E2	0,85
JE_O2	0,85
JE_N3	0,80
JE_S3	0,75
JE_E3	0,85
JE_O3	0,85
C_AE	-----
JE_N_AE	-----
JE_S_AE	-----
JE_E_AE	-----
JE_O_AE	0,85

- **Fs (Factor de obstrução)**

Para a estação de arrefecimento, os valores interpolados de Fo e Ff na estação de Inverno terão de ser recalculados para a estação de verão, através das tabelas do RCTTE que correspondem aos valores para a situação de verão. Obtivemos assim os seguintes valores que se apresentam no Anexo VII-E.

Os ganhos solares pelos envidraçados exteriores calculam-se fazendo o somatório da multiplicação dos factores calculados com a área efectiva, conforme quadro 3.18, para cada um dos vãos:

Quadro 3.18 – Ganhos solares dos vãos envidraçados

Envidraçado	(S/D)	A [m <sup>2</sup> ]	g ⊥	Fs	Fg	Fw	Aef (m <sup>2</sup> )	Rad. solar (KWh/m <sup>2</sup> )	Rad. solar (KWh)
JE_NO	D	99,63 m <sup>2</sup>	0,41	0,94	0,70	0,8	21,50	200	4300,51
JE_S0	D	99,63 m <sup>2</sup>	0,41	0,50	0,70	0,75	10,82	380	4110,47
JE_E0	D	99,63 m <sup>2</sup>	0,41	0,54	0,70	0,85	13,10	420	5502,11
JE_O0	D	81,00 m <sup>2</sup>	0,41	0,54	0,70	0,85	10,65	430	4579,76
JE_N1	D	99,63 m <sup>2</sup>	0,41	0,94	0,70	0,8	21,50	200	4300,51
JE_S1	D	99,63 m <sup>2</sup>	0,41	0,50	0,70	0,75	10,82	380	4110,47
JE_E1	D	99,63 m <sup>2</sup>	0,41	0,54	0,70	0,85	13,10	420	5502,11
JE_O1	D	81,00 m <sup>2</sup>	0,41	0,54	0,70	0,85	10,65	430	4579,76
JE_N2	D	99,63 m <sup>2</sup>	0,41	0,95	0,70	0,8	21,73	200	4346,26
JE_S2	D	99,63 m <sup>2</sup>	0,41	0,51	0,70	0,75	11,03	380	4189,52
JE_E2	D	99,63 m <sup>2</sup>	0,41	0,58	0,70	0,85	14,05	420	5902,26
JE_O2	D	99,63 m <sup>2</sup>	0,41	0,58	0,70	0,85	14,05	430	6042,79
JE_N3	D	72,59 m <sup>2</sup>	0,41	0,97	0,70	0,8	16,17	200	3233,33
JE_S3	D	72,59 m <sup>2</sup>	0,41	0,53	0,70	0,75	8,34	380	3167,66
JE_E3	D	72,59 m <sup>2</sup>	0,41	0,62	0,70	0,85	10,93	420	4591,91
JE_O3	D	72,59 m <sup>2</sup>	0,41	0,62	0,70	0,85	10,93	430	4701,24
C_AE	D	161,85 m <sup>2</sup>	0,41	-----	0,70	-----	46,45	760	35302,72
JE_N_AE	D	-----	-----	-----	0,70	-----	-----	-----	-----
JE_S_AE	D	-----	-----	-----	0,70	-----	-----	-----	-----
JE_E_AE	D	-----	-----	-----	0,70	-----	-----	-----	-----
JE_O_AE	D	37,61 m <sup>2</sup>	0,41	0,70	0,70	0,85	6,39	430	2748,25

Assim, os ganhos totais solares pelos envidraçados exteriores, na estação de verão (arrefecimento) equivalem a 111.211,65 KWh.

### 3.2.3.9. Inércia Térmica

A inércia térmica interior de uma fracção autónoma ( $I_t$ ) é definida em função da capacidade térmica (capacidade de armazenamento e restituição de calor) do local e depende da massa superficial útil de cada um dos elementos de construção interior e exterior (paredes, pavimentos e coberturas) dessa fracção, tudo isto por unidade de área útil de pavimento.

No nosso caso, à excepção do tipo de estudo que se está a fazer considerando cada piso como um edifício, a inércia térmica será estudada com o edifício como um todo.

A inércia térmica influencia o cálculo de:

- Valor de  $N_{ic}$  do edifício: quanto maior for a inércia térmica, maiores são os ganhos úteis e menor é o valor de  $N_{ic}$  do edifício ou fracção autónoma;
- Valor de  $N_{vc}$  do edifício: quanto maior for a inércia térmica, menores são as cargas térmicas (solares e internas) e menor é o valor de  $N_{vc}$  do edifício ou fracção autónoma;
- Factores solares mínimos admissíveis dos vãos envidraçados (um dos requisitos mínimos de qualidade térmica para a envolvente dos edifícios). Quanto maior for a inércia, maiores são os factores mínimos admissíveis.

Quadro 3.19 – Classe de inércia de um edifício e respectiva massa superficial

<b>Classe de Inércia</b>	<b>Massa superficial útil por m<sup>2</sup> da área útil de pavimento, <math>I_t</math> (kg/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Fraca</b>	<b><math>I_t &lt; 150</math></b>
<b>Média</b>	<b><math>150 \leq I_t \leq 400</math></b>
<b>Forte</b>	<b><math>I_t &gt; 400</math></b>

Segundo o RCCTE, existem 3 tipos de elementos, nomeadamente EL1, EL2 e EL3.

$$I = \frac{\sum M_{si} \times S_i \times r}{A_p}$$

Em que:

$M_{si}$  = Massa superficial útil do elemento  $i$

$S_i$  = Área de superfície interior do elemento  $i$

$A_p$  = Área útil de pavimento

$R$  = Factor de correcção em função da resistência térmica do revestimento (slide 21 módulos ISQ)

**EL1** – elemento da envolvente exterior, elemento de construção em contacto com outra fracção autónoma ou com espaços não-úteis.

Como o isolamento das paredes tem  $\lambda = 0,037$ , e  $R=0,54 \text{ W/m}^2\text{c}$ , segundo o regulamento considera-se somente a massa situada do lado interior do isolamento térmico  $m_i$ . Os valores de  $M_{si}$  nunca podem ser superiores a  $150 \text{ Kg/m}^2$

Quadro 3.20 – Massa total de elementos da envolvente

ELEMENTO DA ENVOLVENTE	$m_i$ (Kg/m <sup>2</sup> )	$M_{si}$ (Kg/m <sup>2</sup> )	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$r$	$M_{si} \times r \times S_i$
Parede Exterior	280	140	683,00	1	95.620
Parede Interior em contacto com espaço não útil	500	150	93,6	1	14.040
Pavimento em contacto com Espaço Não Útil	230	115	1795,52	1	206.485
Cobertura	500	115	1518,17	1	174.590

**EL2** – Elementos em contacto com o solo.

Elementos em contacto com o solo. Os valores de  $M_{si}$  nunca podem ser superiores a  $150 \text{ Kg/m}^2$ . O edifício não tem envolvente útil em contacto com o solo.

**EL3** – Elementos interiores da fracção autónoma em estudo (paredes e pavimentos interiores)

Elementos interiores de compartimentação. Os valores de  $M_{si}$  nunca podem ser superiores a  $300 \text{ Kg/m}^2$ .

Quadro 3.21 – Massa total de elementos da envolvente

ELEMENTO DA ENVOLVENTE	$m_i$ (Kg/m <sup>2</sup> )	$M_{si}$ (Kg/m <sup>2</sup> )	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	r	$M_{si} \times r \times S_i$
Parede Interior não útil	180	90	716,70	1	64.503
Pavimento interior	230	115	4800,37	0,3	165.613

Todos estes elementos serão considerados na simulação multizona e a classe de inércia do edifício é automaticamente calculada.

### 3.3. Resultados da Simulação Energética e respectiva Classificação

#### 3.3.1. Calibração da simulação

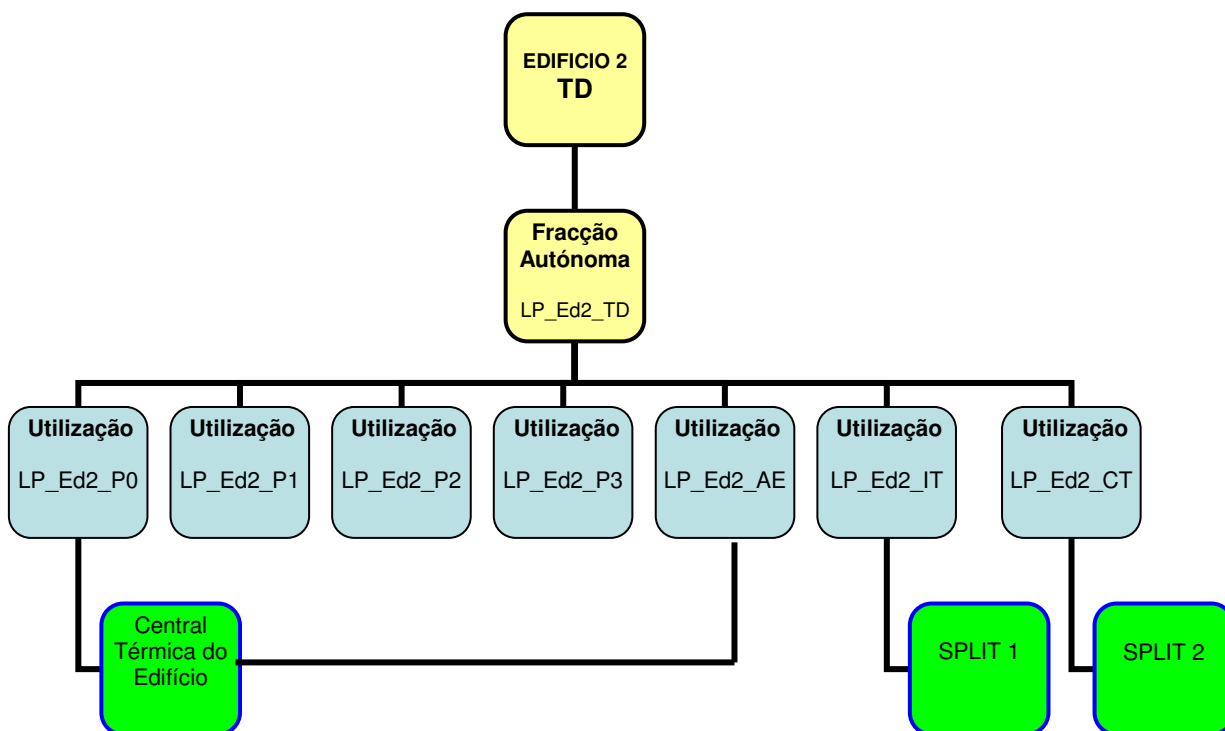


Figura 3.19 – Esquema de construção do modelo de simulação.

Conforme esquema apresentado na figura 3.19, o edifício foi criado no software de simulação tendo em conta os três diferentes sistemas de climatização.

- Sistema Centralizado – Central térmica do Edifício
- Split 1 para climatização da sala IT
- Split 2 para climatização da Central Telefónica

Cada uma das zonas de utilização (código de utilização) foi criado considerando todo o levantamento efectuado sobre a envolvente do edifício, os perfis verificados na auditoria energética e restantes considerações.

Conforme definido no ponto **3.1.2. – Método e Etapas do Estudo Energético**, é necessário:

- Construção do modelo de simulação detalhada, com a introdução das condições reais de funcionamento dos espaços. Cálculo do  $IEE_{real-simulado}$  e comparação com o  $IEE_{real-facturas}$  de modo a calibrar a simulação. A diferença entre estes consumos ( $IEE_{real-simulado}$  e  $IEE_{real-factura}$ ) não deve ser superior a 10%.
- Após calibração referida no ponto anterior, correr a simulação do edifício com perfis nominais e obtenção do  $IEE_{nom}$  tendo em conta os respectivos factores de correcção climática.

Se o  $IEE_{nom}$  for superior ao  $IEE_{ref-exist}$  é necessário implementar um Plano de Racionalização de Energia.

Se o  $IEE_{nom} \leq IEE_{ref-exist}$  então o edifício está regulamentar.

Correu-se assim a simulação com os perfis reais de funcionamento e, após ajuste e respectivas ponderações, foi possível calcular um  $IEE_{real-simulado}$  não considerando as garagens e arrecadações, que se apresenta no quadro 3.2.2:

Quadro 3.2.2 – Indicador de Eficiência Energética real-simulado dos vários pisos

Zona	IEE real-simulado Kgep/m <sup>2</sup> .ano	Área m <sup>2</sup>
Átrio Entrada	205,8	236,43
Piso 0	41,4	1550,15
Piso 1	36,8	1536,43
Piso 2	44	1637,37
Piso 3	37,6	1618,08
Sala IT	530	12,00
Central Telefónica	206,9	11,30

**IEE<sub>real-simulado</sub> = 47,10 (Kgep/m<sup>2</sup>.ano)**

Este IEE<sub>real-simulado</sub> comparado com o IEE<sub>real-facturas</sub> determinado no ponto **3.2.1 – Abordagem Simplificada**, tem uma diferença de 10%. Esta diferença admite-se visto que os consumos do edifício, no decorrer dos anos, têm sido optimizados. Não esquecer que a média real dos consumos facturados teve em conta o ano 2006 e 2007, cujo primeiro ano penalizou esta média. Sabemos também que no ano 2008 têm-se verificado consumos inferiores à média.

A simulação está assim pronta a ser efectuada com os perfis nominais.

### 3.3.2. Simulação com perfis nominais

Conforme fichas em anexo, os resultados da simulação com os perfis nominais, considerando agora as garagens e arrecadações, foram os seguintes apresentados no quadro 3.2.3:

Quadro 3.2.3 – Indicador de Eficiência Energética real-simulado dos vários pisos

Zona	IEE nom Kgep/m <sup>2</sup> .ano	Área m <sup>2</sup>
Átrio Entrada	214,4	236,43
Piso 0	47,1	1550,15
Piso 1	44,1	1536,43
Piso 2	45,8	1637,37
Piso 3	45,3	1618,08
Sala IT	13,4	12
Central Telefónica	13,1	11,3
Estacionamento	12,3	7614,37
Arrecadações	9,9	841,96

**IEE<sub>nominal</sub> = 29,36 (Kgep/m<sup>2</sup>.ano)**

O IEE<sub>ref-exist</sub> é apresentado no quadro 3.2.4, considerando as garagens e arrecadações. Note-se que o IEE<sub>ref-exist</sub> já tinha sido calculado, excluindo as garagens e arrecadações visto que o mesmo foi utilizado apenas para calibração da simulação energética.

Quadro 3.2.4 – Indicador de Eficiência Energética referência-existente dos vários pisos

Zona	Tipo de actividade	Tipologia	IEE <sub>ref-exist</sub>
Escritório piso 0	Serviços	Escritórios	40
Escritório piso 1	Serviços	Escritórios	40
Escritório piso 2	Serviços	Escritórios	40
Escritório piso 3	Serviços	Escritórios	40
Átrio de entrada	Serviços	Escritórios	40
Central telefónica	Serviços	Comunicações	40
Sala IT	Serviços	Comunicações	40
Pisos negativos	Espaços Complementares	Estacionamento	19
	Espaços Complementares	Armazéns	15

No regulamento não estão apresentados os valores do IEE referência para os espaços complementares no caso de edifícios existentes. Assim, considera-se para estas zonas os valores do IEE referência dos edifícios novos.

$$IEE_{ref-exist} = \frac{(1550,15 + 1536,43 + 1637,37 + 1616,08 + 236,43) \times 40 + (11,30 + 12) \times 40 + (7614,37) * 19 + (841,96) * 15}{6601,76 + 7614,37 + 841,96}$$

<b>IEE<sub>ref-exist</sub> = 27,97 (Kgep/m<sup>2</sup>.ano)</b>
---

Visto que o IEE<sub>nom</sub> é superior ao IEE<sub>ref-exist</sub> é necessário implementar um **Plano de Racionalização de Energia**.

### 3.3.3. Classificação Energética

Conforme definido no despacho n.º 10250/2008 a classe energética para edifícios ou fracções autónomas de edifícios, tanto novos como existentes no âmbito do SCE, que sejam objecto de DCR ou CE do tipo B (Grandes edifícios de serviços), é determinada com base nas seguintes variáveis:

- Valor do IEE obtido na base dos padrões nominais de utilização definidos no anexo XV do RSECE.
- Valor do **IEE de referência** para edifícios novos conforme definido no anexo XI do RSECE.
- Valor do **parâmetro S** conforme definido no anexo IV do referido despacho.

Para determinar o **IEE referência** para edifícios novos foi necessário realizar nova ponderação, tendo em conta o quadro 3.2.5:

Quadro 3.2.5 – Indicador de Eficiência Energética referência-novos das tipologias

Zona	Tipo de actividade	Tipologia	IEE <sub>ref-exist</sub>
Escritório piso 0	Serviços	Escritórios	35
Escritório piso 1	Serviços	Escritórios	35
Escritório piso 2	Serviços	Escritórios	35
Escritório piso 3	Serviços	Escritórios	35
Átrio de entrada	Serviços	Escritórios	35
Central telefónica	Serviços	Comunicações	30
Sala IT	Serviços	Comunicações	30
Pisos negativos	Espaços Complementares	Estacionamento	19
	Espaços Complementares	Armazéns	15

$$IEE_{ref-novos} = \frac{(1550 + 1536 + 1637 + 1618 + 236,43) \times 35 + (11,30 + 12) \times 30 + (7614,37) * 19 + (841,96) * 15}{6601,76 + 7614,37 + 841,96}$$

**IEE<sub>ref-novos</sub> = 25,77 (Kgep/m<sup>2</sup>.ano)**

Para determinar o **parâmetro S** para o nosso estudo e segundo o anexo IV do despacho n.º 10250/2008 foi realizada nova ponderação, consoante a tipologia:

- Perfil Dinâmico → Escritórios: S=15
- Perfil Dinâmico → Comunicações: S=16
- Perfil Estático → Estacionamento: S=6
- Perfil Estático → Armazém: S=5

$$S = \frac{(1550 + 1536 + 1637 + 1618 + 236,43) \times 15 + (11,30 + 12) \times 16 + (7614,37) * 6 + (841,96) * 5}{6601,76 + 7614,37 + 841,96}$$

**S = 9,88**

Segundo tabela do ponto 6, artigo 3º do referido despacho (quadro 3.2.6 deste estudo) e substituindo as três variáveis calculadas, foi possível determinar a classe do edifício, onde apenas uma das condições é verdadeira:

Quadro 3.2.6 – Tabela utilizada para determinação da classe energética do edifício

<b>A +</b>	<b><math>IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,75xS</math></b>	<b>A A+</b>
<b>A</b>	<b><math>IEE_{ref} - 0,75xS &lt; IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,5xS</math></b>	<b>B B</b>
<b>B</b>	<b><math>IEE_{ref} - 0,5xS &lt; IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,25xS</math></b>	<b>C</b>
<b>B -</b>	<b><math>IEE_{ref} - 0,25xS &lt; IEE_{nom} \leq IEE_{ref}</math></b>	<b>D</b>
<b>C</b>	<b><math>IEE_{ref} &lt; IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 0,5xS</math></b>	<b>E</b>
<b>D</b>	<b><math>IEE_{ref} + 0,5xS &lt; IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + S</math></b>	<b>F</b>
<b>E</b>	<b><math>IEE_{ref} + S &lt; IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 1,5xS</math></b>	<b>G</b>
<b>F</b>	<b><math>IEE_{ref} + 1,5xS &lt; IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 2xS</math></b>	
<b>G</b>	<b><math>IEE_{ref} + 2xS &lt; IEE_{nom}</math></b>	

**$IEE_{ref-novos} < IEE_{nom} < IEE_{ref-novos} + 0,5xS$**

**$25,77 < 29,36 < 30,71 \rightarrow$  Verifica**

**Classe C**



## **4. Medidas para Utilização Racional de Energia (PRE)**

Conforme se verificou no ponto **3.3.2 – Simulação com perfis nominais**, o  $IEE_{nom}$  é superior ao  $IEE_{ref-exist}$  sendo assim necessário implementar um Plano de Racionalização de Energia conforme descrito no Artigo 31.º do RSECE.

Segundo o Artigo 32.º do mesmo regulamento, são de implementação obrigatória todas as **medidas de eficiência energética** que tenham um período de retorno simples, calculado segundo a metodologia especificada no anexo XIII do regulamento, de oito anos ou menos, incluindo como custos elegíveis para o cálculo do período de retorno os correspondentes a um eventual financiamento bancário da execução das medidas. Estão também descritas neste regulamento as medidas prioritárias obrigatórias para grandes reabilitações, mas não deverão ser consideradas neste estudo visto não se tratar de uma grande reabilitação.

A **viabilidade económica** das medidas de eficiência energética, para efeitos do RSECE, foi calculada através do parâmetro “Período de Retorno Simples” (PRS), cuja definição é a seguinte:

$$PRS = C_a / P$$

em que:

$C_a$  → é o custo adicional de investimento, calculado pela diferença entre o custo inicial da solução base, isto é, sem a alternativa de maior eficiência energética, e o da solução mais eficiente, estimada aquando da construção do sistema, com base na melhor informação técnica e orçamental ao dispor do projectista.

$P$  → é a poupança anual resultante da aplicação da alternativa mais eficiente, estimada com base em simulações anuais, detalhadas ou simplificadas do funcionamento do edifício e seus sistemas energéticos, conforme aplicável em função da tipologia e área útil do edifício, nos termos do presente regulamento, da situação base e da situação com a solução mais eficiente.

Estas medidas, para além de serem obrigatórias a nível do regulamento, poderão ter vantagens para o proprietário conforme foi verificado neste estudo.

#### **4.1.PRE 1 – Solução de Controlo de fluxo de iluminação**

A primeira solução a ser estudada teve a ver com a possibilidade de alteração do sistema de iluminação existente, por um sistema de controlo de fluxo de iluminação na área de escritórios.

Conforme conclusões da auditoria energética, verificou-se que 39% da energia eléctrica total do edifício está associada à iluminação dos espaços de escritórios. Sabe-se também que a grande maioria dos espaços são em *open-space* conforme figura 4.1 e a envolvente exterior tem uma grande área vidrada. Esta solução apresentou bons resultados quer a nível económico (redução dos valores de consumos energéticos), como também a nível da classificação energética do edifício e possibilidade, por exemplo, de baixar o valor do arrendamento do espaço tornando o proprietário mais competitivo em relação à concorrência.

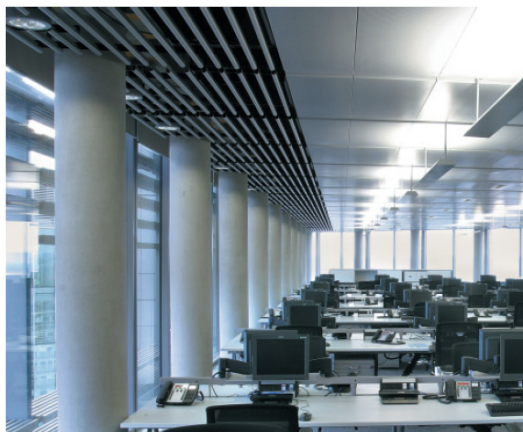


Figura 4.1 – Fotografia de uma das áreas *open-space* dos escritórios.

A solução existente é constituída por:

- Armaduras para lâmpadas fluorescentes TL5 com balastro electrónico classe B.
- Sistema sem regulação de fluxo, os seja, On / Off.

Em média, a energia eléctrica dispendida mensalmente para iluminação dos escritórios, no cenário actual, equivale a  $73.089,92 \text{ KWh} \times 0,39\% = \mathbf{28.505,01 \text{ KWh}} \rightarrow \mathbf{2.593,14 \text{ €}}$

A solução em estudo prevê o controlo de intensidade luminosa das armaduras por zona/grupos, conforme figura 4.2, consoante a luminosidade real existente nas zonas de trabalho. Os postos de trabalho junto aos vãos envidraçados recebem naturalmente maior intensidade luminosa “natural” do que os postos de trabalho mais afastados destes vãos.

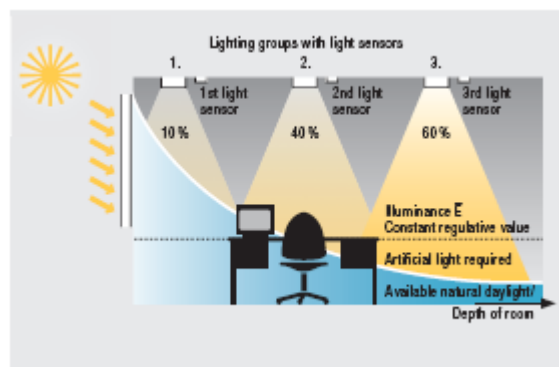


Figura 4.2 – Exemplo de armaduras com controlo de intensidade luminosa.

A solução em estudo considera as seguintes alterações, também esquematicamente representadas na figura 4.3:

- Reaproveitamento das armaduras e lâmpadas actuais.
- Substituição dos balastros electrónicos actuais por balastros electrónicos QTI Dali.
- Aplicação de sensor de presença e luminosidade OSRAM LSIPD CI MULTI3 em zonas a definir.
- Aplicação de unidade de controlo DALI MULTI3 para controlo de cada uma das zonas.
- Aplicação/adaptação de cabo eléctrico, botões de pressão e restantes acessórios.

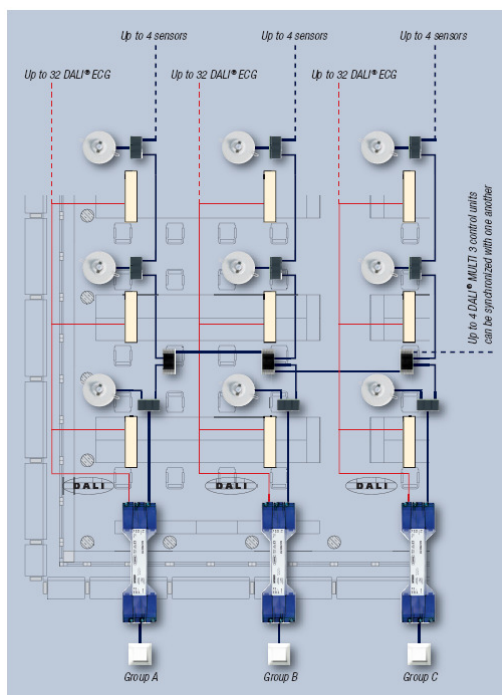


Figura 4.3 – Esquema eléctrico de ligações para solução de iluminação com controlo de fluxo.

Segundo informações do fornecedor e do software de simulação que apresentam no sentido de demonstrar a rentabilidade do sistema, o cliente pode ter uma redução nos consumos dos circuitos de iluminação na ordem dos **70%**, conforme se representa na figura 4.4.

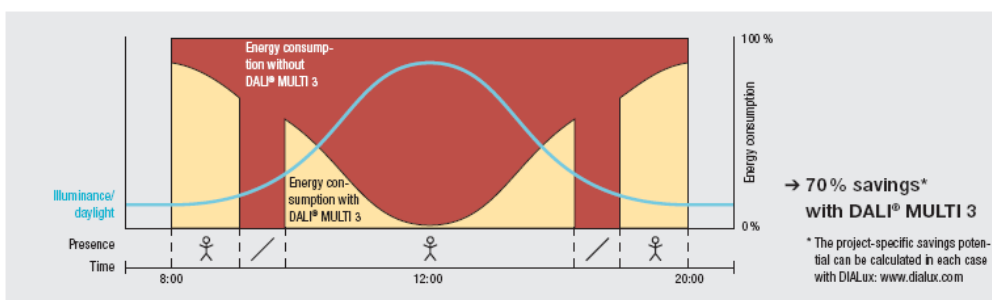


Figura 4.4 – Figura indicativa dos consumos de iluminação ao longo de um dia.

Criando um cenário mais realista, foi considerado neste estudo uma otimização nos consumos eléctricos dedicados à iluminação dos escritórios da seguinte forma:

- Estação de arrefecimento → 50% otimização (Maior exposição solar)
- Estação de aquecimento → 40% otimização
  - **Otimização Média Anual → 45%**

## **VIABILIDADE ECONÓMICA**

- Proposta para Sistema de Controlo de Fluxo de Iluminação
- PRS → Período de Retorno Simples =  $C_a / P$ 
  - $C_a$  → Custo adicional aproximado → 56.000,00€
  - Consumo eléctrico anual solução base →  $2.593,14 \text{ €} \times 12 = 31.117,68 \text{ €}$
  - Consumo eléctrico anual solução em estudo → 18.670,61 €
  - $P$  → Poupança Anual → **12.447,07 €**
- PRS = 4,5 anos

Para além das vantagens acima descritas, interessa considerar também as seguintes melhorias resultantes:

- Menor aquecimento da temperatura ambiente;
- Maior tempo de vida das lâmpadas devido à utilização de um balastro com classe superior;
- Maior conforto para os utilizadores do espaço.

## **CLASSE ENERGÉTICA DO EDIFÍCIO APÓS MEDIDA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA**

Para determinar a classe energética do edifício, foi utilizada a simulação térmica já criada, considerando o sistema de controlo de fluxo de iluminação, de modo a obter um novo  $IEE_{nom}$ .

Na simulação térmica, a parcela relativa à potência de iluminação por  $m^2$ , foi definida tendo em conta esta nova solução. Obteve-se os seguintes resultados apresentados no quadro 4.1:

Quadro 4.1 – Indicador de Eficiência Energética nominal após solução controlo fluxo iluminação

Zona	IEE nom Kgep/m <sup>2</sup> .ano	Área m <sup>2</sup>
Átrio Entrada	214,4	236,43
Piso 0	43,1	1550,15
Piso 1	41,7	1536,43
Piso 2	41,8	1637,37
Piso 3	42,2	1618,08
Sala IT	13,4	12
Central Telefónica	13,1	11,3
Estacionamento	12,3	7614,37
Arrecadações	9,9	841,96

**IEE<sub>nominal</sub> = 27,90 (Kgep/m<sup>2</sup>.ano)**

Visto que o IEE<sub>nom</sub> é inferior ao IEE<sub>ref-exist</sub> concluiu-se que esta alteração é suficiente para tornar o **edifício regulamentar**. Caso o proprietário do edifício pretenda adoptar esta solução, o edifício cuja classe era **C**, passa a ter a seguinte classe energética:

$$\text{IEE}_{\text{ref-novos}} < \text{IEE}_{\text{nom}} < \text{IEE}_{\text{ref-novos}} + 0,5 \times S$$

$$25,77 < 27,90 < 30,71 \rightarrow \text{Verifica}$$

**Classe C**

Conclui-se que, apesar da optimização de consumos e do PRE ser válido visto tornar o edifício regulamentar, a solução não é suficiente para subir a classe energética do edifício.

## **4.2. PRE 2 – Substituição dos Chiller's existentes**

Pretendeu-se com esta segunda solução, 2º PRE, simular o edifício considerando a substituição dos chiller's existentes que, segundo o proprietário, estão a chegar ao fim de vida. Como tal, não é necessário, segundo regulamento, considerar o Plano Retorno de Investimento.

A solução a considerar foi a substituição dos chiller's a gás existentes por chiller's eléctricos.

Através do software de simulação, com o edifício já “desenhado” e simulado, foi possível saber a potência térmica dos equipamentos para correcta climatização do edifício:

- Potência térmica de aquecimento – Potência nominal de simulação → 206,45 KW
  - Potência máxima a instalar → 289,03 KW
  - Potência instalada → 414,70 KW
  
- Potência térmica de arrefecimento – Potência nominal de simulação → 254,40 KW
  - Potência máxima a instalar → 356,16 KW
  - Potência instalada → 751 KW

Quer a potência de aquecimento quer a de arrefecimento dos chiller's existentes no edifício, são o dobro da potência necessária para a climatização do edifício. Esta necessidade tem a ver com decisão do proprietário de ter, ou não, redundância de chiller's. Devido à pouca fiabilidade dos equipamentos instalados, verifica-se que o projectista e o proprietário tomaram a decisão correcta aquando do projecto do edifício. Os chiller's eléctricos têm maior fiabilidade, portanto poderá ser considerada uma menor potência térmica para os equipamentos.

## SUBSTITUIÇÃO POR CHILLER'S ELÉTRICOS

Considerou-se então os seguintes chiller's apresentados recentemente ao mercado:

Marca – LENNOX

Modelo – NEOSYS

Capacidade de Arrefecimento (Chiller) – 350,00 KW

EER – 2,9

Capacidade de Aquecimento (Bomba de Calor) – 280,00 KW

COP – 3,2

## CLASSE ENERGÉTICA DO EDIFÍCIO APÓS MEDIDA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Para determinar a classe energética do edifício, foi novamente utilizada a simulação térmica já criada, considerando os novos chiller's eléctricos, de modo a obter um novo  $IEE_{nom}$ .

Na simulação térmica, a parcela relativa aos dados gerais (SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO), foi definida tendo em conta esta nova solução. Obteve-se os seguintes resultados apresentados no quadro 4.2:

Quadro 4.2 – Indicador de Eficiência Energética nominal após solução substituição chiller's

Zona	IEE nom Kgep/m <sup>2</sup> .ano	Área m <sup>2</sup>
Átrio Entrada	216,1	236,43
Piso 0	47,9	1550,15
Piso 1	45,0	1536,43
Piso 2	46,5	1637,37
Piso 3	46,2	1618,08
Sala IT	13,4	12
Central Telefónica	13,1	11,3
Estacionamento	12,3	7614,37
Arrecadações	9,9	841,96

**IEE nominal = 29,70 (Kgep/m<sup>2</sup>.ano)**

O IEE nominal para a situação actual do edifício é 29,36 Kgep/m<sup>2</sup>.ano.

Comparando este IEE nominal com o IEE resultante obtido pelo PRE2, conclui-se que se pretendermos substituir os chiller's a gás actualmente existentes por chiller's eléctricos, apesar do regulamento penalizar a utilização de equipamentos eléctricos e beneficiar a utilização de equipamentos a combustíveis líquidos, sólidos e gasosos (factores de conversão entre energia útil e energia primária), a eficiência dos equipamentos eléctricos compensa esta penalização por serem equipamentos eléctricos. No entanto, não é suficiente para tornar o edifício regulamentar visto que o IEE calculado é superior ao IEE ref-exist.

A solução deverá ser no entanto equacionada devido á fiabilidade que os equipamentos apresentam (menor manutenção correctiva)

### **4.3. Solução – Janela Rotativa Radiante**

Pretendeu-se com esta solução criar uma forma de aquecimento gratuito e eficaz através dos vãos envidraçados, sem afectar o interior dos espaços na estação de arrefecimento. Esta solução apenas seria válida para este caso de estudo se o edifício estivesse em fase de projecto, visto que se torna inviável substituir todos os vãos envidraçados existentes.

#### **PORQUÊ ESTA SOLUÇÃO?**

- Elevada área de vãos envidraçados neste tipo de edifícios;
- Existem no mercado vãos envidraçados que são simultaneamente painéis solares fotovoltaicos. Porque não considerar os vãos envidraçados como “painéis solares térmicos”?
- Apesar das soluções de envidraçados existentes no mercado serem sempre concebidas de forma a minimizar os ganhos através dos vãos envidraçados, porque não tentar aproveitar estes ganhos gratuitos quando necessário.

Conforme referido no ponto **3.1.4 – Dados Gerais do Edifício**, o vidro aplicado no edifício é vidro duplo incolor ARIPLAK AN62, cujo vidro exterior é verde de 8mm, câmara-de-ar de 12mm e vidro interior laminado incolor de 4mm + 4mm.

Os 3 principais objectivos de um vão envidraçado comum são:

- Diminuição dos ganhos solares (factor solar g o mais baixo possível);
- Diminuição da transferência de calor do exterior para o interior; (coeficiente U mínimo);
- Garantia duma boa transmissão luminosa (transmissão luminosa elevada).

Os vidros silico-sodo-cálcicos utilizados em construção (ditos “comuns”) integram na sua composição:

- Um corpo vitrificante, a sílica, introduzida na forma de areia (70 a 72 %);
- Um fundente, a soda, na forma de carbonato e sulfato (cerca de 14 %);
- Um estabilizante, a cal, na forma de calcário (cerca de 10 %);
- Diversos outros óxidos por exemplo de Alumina ou de Magnésio, melhoradores das propriedades físicas do vidro, em particular a resistência aos agentes atmosféricos;
- Alguns tipos de vidro ainda incorporam óxidos metálicos que conferem coloração à Massa.

## **QUAL O POSSIVEL MODO DE FUNCIONAMENTO?**

### **EMISSIVIDADE**

Durante a estação de arrefecimento, o objectivo do vidro é minimizar os ganhos solares através dos vãos envidraçados. Quanto mais baixa for a emissividade, menor é a transferência de calor por radiação. Daí, o vidro exterior ter uma emissividade menor que a do vidro interior. A emissividade típica  $\epsilon_n$  do vidro é de 0,89. Alguns vidros são cobertos com uma capa de baixa emissividade com uma  $\epsilon_n$  que pode ser inferior a 0,04.

## **EFEITO ESTUFA**

A energia solar que entra num local através do vidro é absorvida pelos objectos e pelas paredes interiores que aquecem reemitindo um raio térmico situado primordialmente na gama do infravermelho remoto (superior a 5  $\mu\text{m}$ ). Os vidros, mesmo os mais claros, são praticamente opacos às radiações com um comprimento de onda superior a 5  $\mu\text{m}$ . A energia solar que entra pelos vidros fica assim retida no local que tem tendência a aquecer: é este o “efeito de estufa” que constatamos, por exemplo, numa viatura estacionada ao sol, com os vidros fechados.

## **RADIAÇÃO**

Quando uma radiação incide sobre um vidro, uma parte é reflectida, outra é absorvida através da espessura do vidro e uma terceira é transmitida. A relação entre cada uma destas 3 partes e o fluxo incidente definem o factor de reflexão, o factor de absorção e o factor de transmissão do vidro. Os vestígios destas três relações sobre o conjunto dos comprimentos de onda constitui as curvas espectrais do vidro. Para uma dada reflexão incidente, estas relações dependem da cor do vidro, da sua espessura e, no caso do vidro com capa, da natureza desta última.

Sendo assim, verificou-se no vidro em estudo que, ao estar colocado ao contrário, a caixa-de-ar funcionou como estufa, elevando a temperatura do vidro interior. Veja-se o seguinte esquema da figura 4.5:

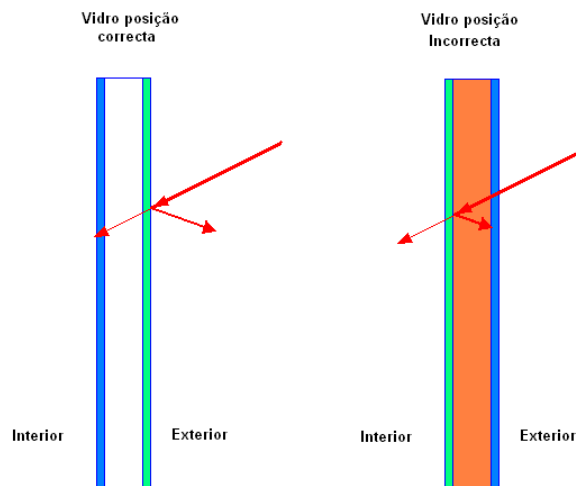


Figura 4.5 – Esquema do efeito da radiação nas duas situações distintas.

Se pretendermos “aproveitar” as duas situações apresentadas no esquema acima, ou seja, reflectir a radiação solar na estação de arrefecimento e aproveitar o aquecimento devido ao efeito de estufa na estação de aquecimento, a solução a adoptar poderá passar por introduzir um sistema no vão envidraçado, que permita invertê-lo conforme representado na figura 4.6:

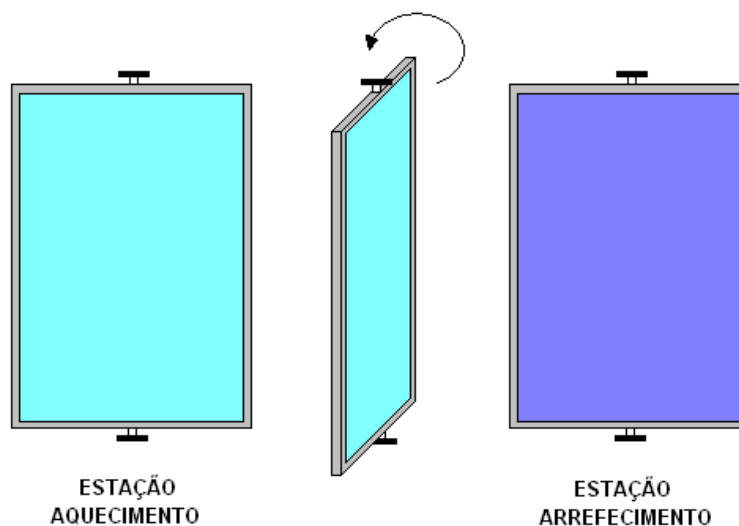


Figura 4.6 – Princípio de funcionamento para um vão envidraçado rotativo.

## QUANTIFICAÇÃO DOS GANHOS:

### FACTOR SOLAR

O factor solar  $g$  dum vidro é, como já foi referido no ponto **3.2.3.8 – Ganhos Úteis através dos vãos envidraçados**, a relação entre a energia total que passa através desse vidro e a energia solar incidente. Esta energia total é, conforme representado na figura 4.7, o somatório da energia solar que entra por transmissão directa e a energia que o vidro confere ao ambiente interior devido ao **seu aquecimento intrínseco por absorção energética**.

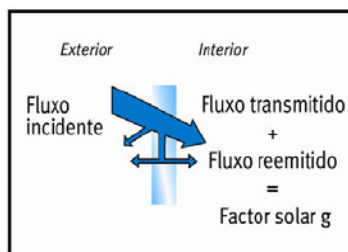


Figura 4.7 – Esquema sobre Factor Solar de um vão envidraçado.

No referido ponto, já foram calculados os ganhos pelos vãos envidraçados na estação de aquecimento e arrefecimento:

- Ganhos solares brutos estação de Aquecimento → 35.878,47 KWh/ano
- Ganhos solares brutos estação de Arrefecimento → 111.211,65 KWh/ano

Estuda-se de seguida os ganhos solares brutos para a estação de aquecimento, aplicando a solução proposta de rotação do vão envidraçado. Será determinado de seguida o novo factor solar  $g$  considerando o vidro colocado com a película reflectora do lado interior.

O factor solar tem sempre em conta quer o factor da protecção (estores, cortinas, etc), como também o factor do vidro. No caso de estudo:

**Factor  $g^{\perp}_{\text{protecção}} = 0,47$**

Das características do vidro apresentadas pelo fornecedor, retira-se também a seguinte característica:

**Factor  $g_{\perp v} = 0,26$**

Colocando o vidro com a película reflectora do lado interior, facilmente se percebe que o factor solar do vidro aumenta devido á temperatura que o vidro interior atinge. A radiação solar, ao atingir o vidro interior e a respectiva película, faz aumentar a temperatura do vidro interior que, devido à caixa-de-ar, tem maior resistência em dissipar a sua temperatura. Assim, transfere maior calor por condução para o espaço interior a climatizar. A radiação solar que atravessa o vidro é a mesma.

Com esta solução de colocar o vidro de forma inversa pode-se considerar um aumento de temperatura do vidro interior na ordem dos 37%. Este valor foi registado num caso real em que um dos vãos envidraçados de um edifício “gémeo” do edifício em estudo, foi colocado ao contrário.

- Temperatura registada no ar exterior: 16°C
- Temperatura registada no vão envidraçado interior: 29°C
- Temperatura registada no vão envidraçado interior com película: 51°C
  - $((29 - 16) / (51 - 16)) \times 100 = 37\%$

Sendo assim, para esta situação foi necessário calcular o novo factor solar.

**Factor  $g_{\perp v} = X + Y$ , em que:**

**X** → energia solar transmissão directa.

**Y** → energia que vidro confere ao ambiente interior devido ao seu aquecimento intrínseco por absorção energética.

A parcela Y deverá ser recalculada considerando a figura 4.7 e o aumento de temperatura registado no próprio vidro 37%. A parcela X mantém-se.

Sendo assim, podemos considerar que o factor g do vidro, caso o vidro seja colocado com o vidro reflectante do lado interior na estação de aquecimento, tem os seguintes valores:

**Factor  $g_{\perp v} = 0,38$**

Como no nosso caso é um vidro especial, temos de corrigir este factor conforme descrito na pag. 2504 do RCCTE considerando também a protecção:

**Factor  $g_{\perp \text{ protecção}} = (0,47 \times 0,38) / 0,75 = 0,23$**

Se assim for, os ganhos solares brutos na estação de aquecimento são os apresentados no quadro:

Quadro 4.3 – Área efectiva total dos vãos envidraçados.

Envidraçado	(S/D)	A [m2]	X	g ?	Fs	Fg	Fw	Aef [m2]
JE_N0	D	99,63	0,27	0,23	1	0,7	0,9	3,90
JE_S0	D	99,63	1	0,23	0,29	0,7	0,9	4,19
JE_E0	D	99,63	0,56	0,23	0,36	0,7	0,9	2,91
JE_O0	D	81	0,56	0,23	0,36	0,7	0,9	2,37
JE_N1	D	99,63	0,27	0,23	1	0,7	0,9	3,90
JE_S1	D	99,63	1	0,23	0,35	0,7	0,9	5,05
JE_E1	D	99,63	0,56	0,23	0,36	0,7	0,9	2,91
JE_O1	D	81	0,56	0,23	0,36	0,7	0,9	2,37
JE_N2	D	99,63	0,27	0,23	1	0,7	0,9	3,90
JE_S2	D	99,63	1	0,23	0,46	0,7	0,9	6,64
JE_E2	D	99,63	0,56	0,23	0,38	0,7	0,9	3,07
JE_O2	D	99,63	0,56	0,23	0,38	0,7	0,9	3,07
JE_N3	D	72,59	0,27	0,23	1	0,7	0,9	2,84
JE_S3	D	72,59	1	0,23	0,54	0,7	0,9	5,68
JE_E3	D	72,59	0,56	0,23	0,41	0,7	0,9	2,41
JE_O3	D	72,59	0,56	0,23	0,41	0,7	0,9	2,41
C_AE	D	161,85	0,89	0,23	-----	0,7	0,9	20,87
JE_N_AE	D	-----	-----	-----	-----	-----	0,9	-----
JE_S_AE	D	-----	-----	-----	-----	-----	0,9	-----
JE_E_AE	D	-----	-----	-----	-----	-----	0,9	-----
JE_O_AE	D	37,61	0,56	0,23	0,36	0,7	0,9	1,10

Área Efectiva Total equivalente na orientação SUL	A [m <sup>2</sup> ]	79,59
Radiação Incidente num envidraçado a SUL (G <sub>sol</sub> ) na Zona	[KWh/m <sup>2</sup> .mês]	108,00
Duração da Estação de Aquecimento	meses	6
<b>Ganhos Solares Brutos</b>	[KWh/ano]	<b>51.575,30</b>

Resumindo, os ganhos solares brutos na estação de aquecimento são:

- Com película reflectasol no exterior) → 35.878,47 KWh/ano
- Com película reflectasol no interior) → 51.575,30 KWh/ano

A solução proposta apresenta assim um aumento dos ganhos solares na ordem dos **44%**. Isto equivale a uma redução significativa na energia necessária para aquecer a temperatura no interior dos espaços de escritórios.

Conforme referido, esta solução não é viável para o edifício em estudo por se tratar de um edifício existente. No entanto poderá ser uma solução a considerar num edifício em fase de projecto, e quantificar as mais valias da solução. A simulação do edifício com esta solução não poderá ser realizada com o programa STE visto que o mesmo não está preparado para características diferentes de vidros, g vidro, nas duas estações (aquecimento e arrefecimento).

## **5. Resultados e Conclusões**

Com o estudo que se realizou no edifício quer em termos de auditoria energética, como também na simulação energética multizona do edifício, foi possível verificar/quantificar duas áreas de enorme importância em termos energéticos, as quais foram objecto de um estudo dedicado:

- Iluminação de espaços de escritórios (39% do consumo de energia eléctrica);
- Climatização dos espaços de escritórios (35,68% de energia total do edifício);

Com a primeira solução, existente no mercado, quantificaram-se e mediram-se as respectivas mais valias, quer em termos energéticos/económicos, como também o seu impacto à luz dos novos regulamentos (classe energética).

Com a segunda solução, demonstrou-se que apesar do regulamento penalizar a utilização de energia eléctrica nos equipamentos de climatização e beneficiar a utilização de energia líquidas, sólidas ou gasosas, os equipamentos eléctricos apresentam melhores COP's e EER, compensando assim esta desvantagem. No entanto, não são suficientes para baixar os valores de IEE.

Com a solução da Janela Rotativa Radiante, não existente no mercado, projectou-se e estudou-se uma possibilidade de reaproveitamento de energia gratuita, considerando também os seus resultados à luz dos novos regulamentos.

O estudo realizado e as diversas etapas fazem parte do trabalho que será obrigatoriamente realizado em todos os edifícios existentes a partir de 1 de Janeiro de 2009, segundo os novos regulamentos. Demonstrou-se com este caso de estudo as áreas mais relevantes para obtenção de melhores classes energéticas dos edifícios, tendo como base o estudo do edifício existente de Lagoas Park.

Se um edifício não consumir energia para iluminação do espaço e não consumir energia para climatizar o ambiente interior, esse edifício é da classe A+.

## **RESUMO DE ALGUMAS CONCLUSÕES:**

No edifício em estudo:

- 11% da energia eléctrica total do edifício é dedicada à climatização.
- 39% da energia eléctrica total do edifício é dedicada à iluminação dos escritórios.
  
- 35,68% da energia total do edifício é dedicada à climatização.
- 0,5% da energia total do edifício é dedicada às garagens e arrecadações.
- 27,73% da energia total do edifício provem do gás.
- 72,27% da energia total do edifício provem da electricidade.
  
- Um sistema de controlo de fluxo na iluminação de edifícios de escritórios pode ter optimizações energéticas no circuito de iluminação na ordem dos 70%.
  
- Substituição de chiller's a gás por chiller's eléctricos com boas eficiências, podem não prejudicar a classe energética de um edifício.
  
- Criar-se a possibilidade de inverter a posição de um vão envidraçado duplo, em que um dos vidros é "reflectasol", para cada uma das estações (aquecimento e arrefecimento) poderá trazer grandes mais valias gratuitas, podendo mesmo melhorar a classe energética de um edifício.

## **6. Referências Bibliográficas**

[1] Decreto-Lei n.º 78/2006, de 4 de Abril,

[2] Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de Abril

[3] Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de Abril

[4] Portaria n.º 461/2007, dos Ministérios da Administração Interna, do Ambiente, do Ordenamento do território e do Desenvolvimento Regional; da Economia e da Inovação e das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, publicada na Parte C do DR IIª Série n.º 108, de 5 de Junho.

[5] Carlos A. Pina dos Santos e Luis Matias “ITE 50 – Coeficientes de transmissão Térmica de elementos da envolvente dos Edifícios – Laboratório Nacional de Engenharia Civil”. Versão actualizada 2006.

[6] A. Canha da Piedade, A. Moret Rodrigues e Luis F. Roriz “CLIMATIZAÇÃO EM EDIFÍCIOS – Envolvente e Comportamento Térmico”. 2ª Edição, Edições ORION.

[7] Peixoto de Freitas, Vasco; “Metodologia e aplicação do novo RCCTE e implicações construtivas”; FEUP;2007

[8] V.A. “Energia e alterações climáticas”; Ministério da Economia e Inovação; 2007.

[9] Ferreira, João Jesus; “Reflexões sobre o passado - a política energética portuguesa no âmbito da utilização racional da energia”; 2002.

[10] V.A.; “Cenários de evolução da procura de energia 1990-2010 – Plano Energético Nacional, Documentos parte II”; Secretaria de Estado da Energia; 1990

[11] V.A.; “Programa Energia”; CNS, Companhia Nacional de Serviços; 2005.

[12] Salvado, Andreia de Sousa; Almeida, Cláudia S. R.; “Análise das medidas do Programa de Actuação para reduzir a dependência de Portugal face ao Petróleo”; FCT; 2005

[13] Maldonado, Eduardo (Ed.); Gonçalves, Hélder (Ed.); “Manual de apoio à aplicação do RCCTE”; INETI; 2006.

[14] Maldonado, Eduardo (Ed.); “Manual de aplicação do RSECE”; Ordem dos engenheiros; 2001.

[15] Gonçalves, Alexandre; “Utilização de programas informáticos de simulação” in “Climatização: concepção, instalação e condução de sistemas”; Edições Orion; 2006.

[16] V.A.; “DOE 2 Engineers Manual”; Technical information Center USA.

[17] Crawley, Drurey B.; Hand, Jon W.; Kummert, Michael; Griphith, Brent T.; “Contrasting the capabilities of building energy performance simulation programs”; 2005.

[18] Karashima, Thiago Machado; “Avaliação de diferentes ferramentas para o cálculo da carga térmica e sua aplicação na análise energética de edifícios”; 2006.

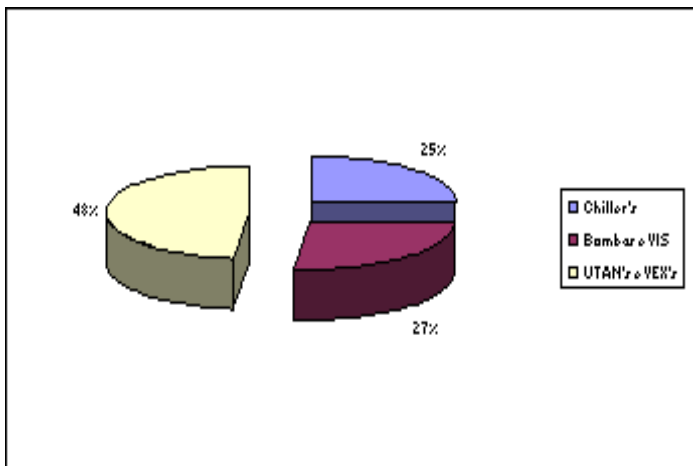
## **ANEXO I**

### **Auditoria Energética – Análise de QE e resultados**



### PISO TÉCNICO

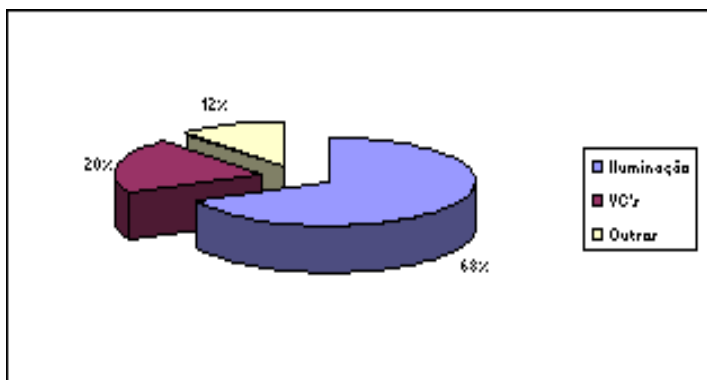
QE	Circuito	Corrente medida nas 3 fases (A)	Tensão medida (V)	Potência total (W)
QPT SC	Chiller's	CH1 I1=11,2; I2=11,8; I3=11,0	229	12892,7
		CH3 I1=7,3; I2=7,1; I3=7,9	229	
	Bombas e VIS	I1=27,4; I2=30,5; I3=30,3	229	14007,3
	Total	I1=45,9; I2=49,4; I3=49,2	229	26900,0
QPT SS	UTAN's e VEX	I1=35,8; I2=37,4; I3=35,0	230	24777,8



Chiller's	25%
Bombas e VIS	27%
UTAN's e VEX's	48%

### TERCEIRO PISO

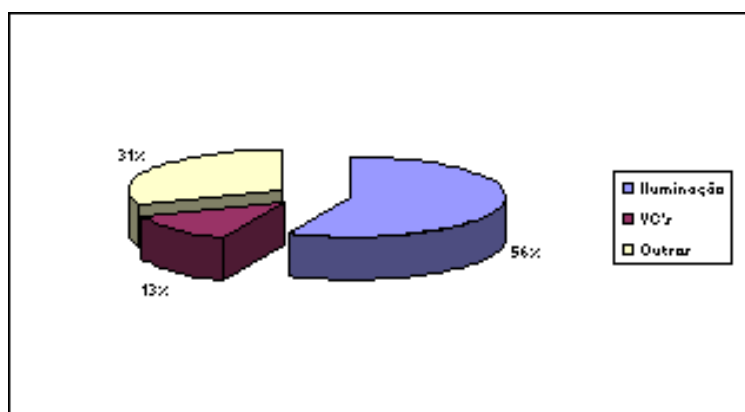
QE	Circuito	Corrente medida nas 3 fases (A)	Tensão medida (V)	Potência total (W)
QP3A-NE	Iluminação	I1=7,2; I2=14,3; I3=10,3	229	7282,2
	VC's	I1=1,6; I2=1,7; I3=5,3	229	1969,4
	Total	I1= 12,6; I2= 16,8; I3=13,1	229	9732,5
QP3B-NE	Iluminação	I1=5,3; I2=4,2; I3=9,4	229	4328,1
	VC's	I1=1,7; I2=0,2; I3=4,7	229	1511,4
	Total	I1=10,8; I2=11,1; I3=10,1	229	7328



Iluminação	68%
VC's	20%
Outros	12%

## SEGUNDO PISO

QE	Circuito	Corrente medida nas 3 fases (A)	Tensão medida (V)	Potência total (W)
QP2A-NE	Iluminação	I1=4,6; I2=17,9; I3=4,7	229	6228,8
	VC's	I1=1,6; I2=1,3; I3=3,2	229	1396,9
	Total	I1= 14,2; I2= 12,4; I3=29,9	229	12938,5
QP2B-NE	Iluminação	I1=8,4; I2=10,8; I3=19,3	229	8816,5
	VC's	I1=2,6; I2=3,0; I3=2,9	229	1946,5
	Total	I1=27,4; I2=10,8; I3=21,2	229	13602,6



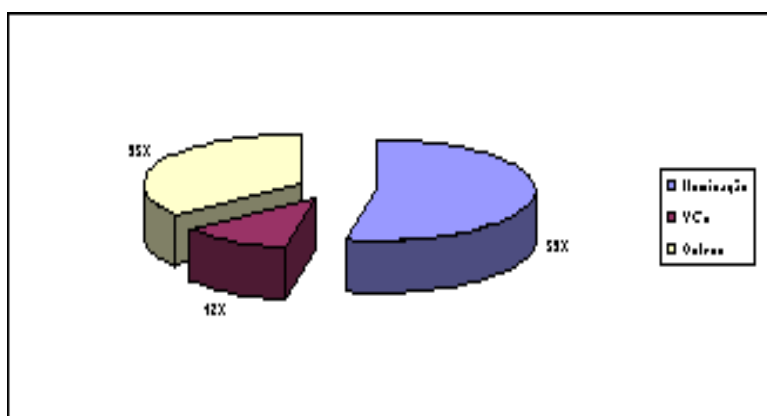
Iluminação	57%
VC's	13%
Outros	31%

## SALA IT

Piso / QE	Circuito	Corrente medida nas 3 fases (A)	Tensão medida (V)	Potência total (W)
Piso 2 / QP2CL-S	Sala IT	I1=3,5; I2=4,0; I3=2,5	229	2290

### PRIMEIRO PISO

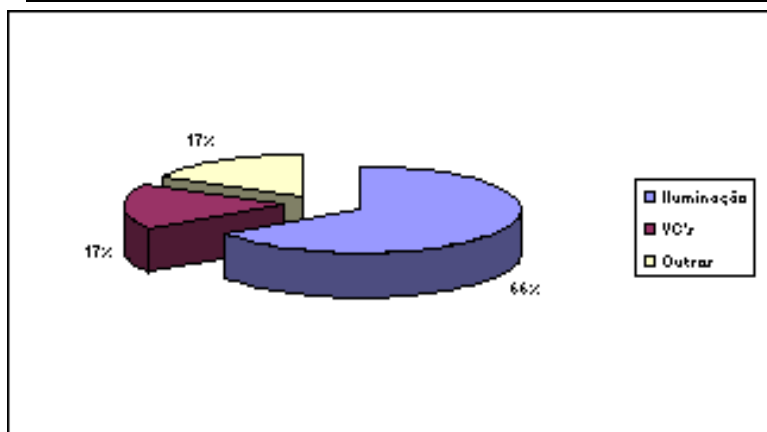
QE	Circuito	Corrente medida nas 3 fases (A)	Tensão medida (V)	Potência total (W)
QP1A-NE	Iluminação	I1=4,0; I2=4,2; I3=12,0	229	4625,8
	VC's	I1=0,9; I2=0,8; I3=0,7	229	549,6
	Total	I1= 6,1; I2= 13,1; I3=6,9	229	5976,9
QP1B-NE	Iluminação	I1=3,0; I2=4,5; I3=7,1	229	3343,4
	VC's	I1=1,6; I2=2,4; I3=1,3	229	1213,7
	Total	I1=14,1; I2=13,7; I3=11,7	229	9045,5



Iluminação	53%
VC's	12%
Outros	35%

### PISO ZERO

QE	Circuito	Corrente medida nas 3 fases (A)	Tensão medida (V)	Potência total (W)
QPOA-NE	Iluminação	I1=5,0; I2=5,5; I3=13,2	229	5427,3
	VC's	I1=3,6; I2=1,6; I3=1,5	229	1534,3
	Total	I1= 20,1; I2= 7,6; I3=9,1	229	8427,2
QPOB-NE	Iluminação	I1=6,3; I2=17,1; I3=15,4	229	8885,2
	VC's	I1=2,4; I2=2,7; I3=4,4	229	2175,5
	Total	I1=23,9; I2=22,6; I3=11,3	229	13236,2



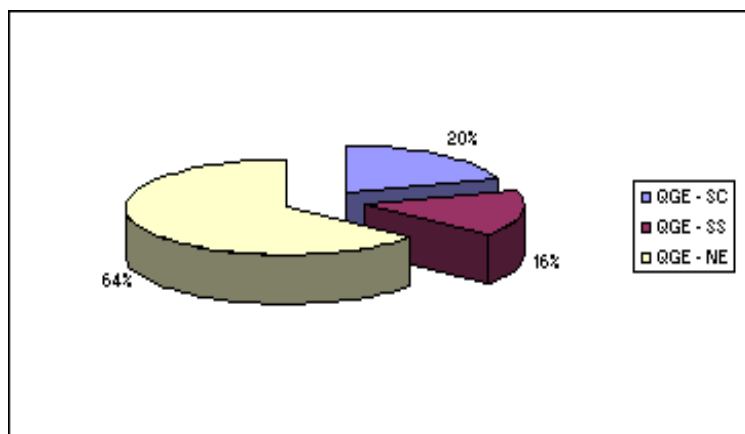
Iluminação	66%
VC's	17%
Outros	17%

## GARAGENS PISO -1

### QUADRO DE PISO E CENTRAL TELEFÓNICA

QE	Circuito	Corrente medida nas 3 fases (A)	Tensão medida (V)	Potência total (W)
QP01-SC	Iluminação	I1=6,8; I2=0,3; I3=0,6	229	1763,3
QGS	Central telefónica	I1=1,8; I2=0,3; I3=1,9	229	916,0

QE	Circuito	Corrente medida nas 3 fases (A)	Tensão medida (V)	Potência total (W)
QGE	QGE - SC (elev, ilum)	I1=58,0; I2=67,4; I3=69,1	229	34800,0
	QGE - SS	I1=57,8; I2=59,0; I3=43,7	229	28900,0
	QGE - NE	I1=152; I2=186; I3=185	229	113000,0



QGE - SC	20%
QGE - SS	16%
QGE - NE	64%

### GARAGENS PISO -2

<b>QE</b>	<b>Circuito</b>	<b>Corrente medida nas 3 fases (A)</b>	<b>Tensão medida (V)</b>	<b>Potência total (W)</b>
QP02-SC	Iluminação	I1=3,1; I2=0,3; I3=0,2	229	824,4

### GARAGENS PISO -3

<b>QE</b>	<b>Circuito</b>	<b>Corrente medida nas 3 fases (A)</b>	<b>Tensão medida (V)</b>	<b>Potência total (W)</b>
QP03-SC	Iluminação	I1=0,8; I2=0,2; I3=0,3	229	297,7



## **ANEXO II**

### **Cálculo das áreas para construção do modelo de simulação**



**Zona A – Escritório piso 0**

TIPO	ID	ÁREA (m <sup>2</sup> )
Pavimento	PAV_0	1550,15m <sup>2</sup>
Cobertura	LT_0	1550,15m <sup>2</sup>
Vãos Envidraçados Exterior Norte	JE_NO	$2,70 \times (15,00 + 6,90 + 15,00) = 99,63 \text{ m}^2$
Vãos Envidraçados Exterior Sul	JE_SO	$2,70 \times (15,00 + 6,90 + 15,00) = 99,63 \text{ m}^2$
Vãos Envidraçados Exterior Este	JE_EO	$2,70 \times (15,00 + 6,90 + 15,00) = 99,63 \text{ m}^2$
Vãos Envidraçados Exterior Oeste	JE_OO	$2,70 \times (15,00 + 15,00) = 81,00 \text{ m}^2$
Vãos Envidraçados Interior Norte	JI_NO	$2,70 \times (3,50) = 9,45 \text{ m}^2$
Vãos Envidraçados Interior Sul	JI_SO	$2,70 \times (3,50 + 2,30) = 15,66 \text{ m}^2$
Vãos Envidraçados Interior Este	JI_EO	$2,70 \times (3,90 + 3,90) = 21,06 \text{ m}^2$
Vãos Envidraçados Interior Oeste	JI_OO	$2,70 \times (2 \times 0,90) + 1,7 \times (13,20) = 27,30 \text{ m}^2$
Parede Exterior 1 Norte	P_E1_NO	$3,6 \times ((2 \times 2,15) + (1,20 + 8,0) + 0,9) + 0,25 \times 36,9 = 58,72 \text{ m}^2$
Parede Exterior 1 Sul	P_E1_SO	$3,6 \times ((2 \times 2,15) + (1,20 + 8,0) + 0,9) + 0,25 \times 36,9 = 58,72 \text{ m}^2$
Parede Exterior Este	P_E_EO	$3,6 \times ((2 \times 2,15) + (2 \times 0,9)) + 0,25 \times 36,9 = 31,19 \text{ m}^2$
Parede Exterior Oeste	P_E_OO	$3,6 \times ((2 \times 2,15) + (2 \times 0,9)) + 0,25 \times 30,0 = 57,00 \text{ m}^2$
Paredes Interiores não úteis Norte	P_I_NO	$3,6 \times ((2 \times 0,9) + (1,3 + 2,2) + (5,9)) + 0,9 \times 3,50 = 39,87 \text{ m}^2$
Parede Interior 2 Norte (betão)	P_I2_NO	$3,6 \times 3,25 = 11,70 \text{ m}^2$
Paredes Interiores não úteis Sul	P_I_SO	$3,6 \times ((2 \times 0,9) + (1,3 + 2,2) + (3,35)) + 0,9 \times 5,8 = 32,58 \text{ m}^2$
Parede Interior 2 Sul (betão)	P_I2_SO	$3,6 \times 3,25 = 11,70 \text{ m}^2$
Paredes Interiores não úteis Este	P_I_EO	$3,6 \times ((2 \times 0,9) + (2 \times 4,7)) = 40,32 \text{ m}^2$
Paredes Interiores não úteis Oeste	P_I_OO	$3,6 \times ((2 \times 0,9) + (2 \times 4,7)) + 1,9 \times 13,2 + 2 \times 0,9 \times 0,9 = 67,0 \text{ m}^2$
Ponte térmica plana – Pilares Norte	PTP_P_NO	$3,6 \times (0,90 + 2 \times 0,4) = 6,12 \text{ m}^2$
Ponte térmica plana – T Viga Norte	PTP_V_NO	$0,63 \times (15,00 + 6,90 + 15,00) = 23,25 \text{ m}^2$
Ponte térmica plana – Pilares Sul	PTP_P_SO	$3,6 \times (0,90 + 2 \times 0,4) = 6,12 \text{ m}^2$
Ponte térmica plana – T Viga Sul	PTP_V_SO	$0,63 \times (15,00 + 6,90 + 15,00) = 23,25 \text{ m}^2$
Ponte térmica plana – Pilares Este	PTP_P_EO	$3,6 \times (2 \times 0,4) = 2,88 \text{ m}^2$
Ponte térmica plana – T Viga Este	PTP_V_EO	$0,63 \times (15,00 + 6,90 + 15,00) = 23,25 \text{ m}^2$
Ponte térmica plana – Pilares Oeste	PTP_P_OO	$3,6 \times (2 \times 0,4) = 2,88 \text{ m}^2$
Ponte térmica plana – T Viga Oeste	PTP_V_OO	$0,63 \times (15,00 + 15,00) = 18,90 \text{ m}^2$

### Zona B – Escritório piso 1

TIPO	ID	ÁREA (m <sup>2</sup> )
Pavimento	PAV_1	1536,43m <sup>2</sup>
Cobertura	LT_1	1536,43m <sup>2</sup>
Vãos Envidraçados Exterior Norte	JE_N1	$2,70 \times (15,00 + 6,90 + 15,00) = 99,63 \text{ m}^2$
Vãos Envidraçados Exterior Sul	JE_S1	$2,70 \times (15,00 + 6,90 + 15,00) = 99,63 \text{ m}^2$
Vãos Envidraçados Exterior Este	JE_E1	$2,70 \times (15,00 + 6,90 + 15,00) = 99,63 \text{ m}^2$
Vãos Envidraçados Exterior Oeste	JE_O1	$2,70 \times (15,00 + 15,00) = 81,00 \text{ m}^2$
Vãos Envidraçados Interior Norte	JI_N1	$2 \times (2,70 \times 1,2 + 1,70 \times (2 \times 1,15)) = 14,30 \text{ m}^2$
Vãos Envidraçados Interior Sul	JI_S1	$2 \times (2,70 \times 1,2 + 1,70 \times (2 \times 1,15)) = 14,30 \text{ m}^2$
Vãos Envidraçados Interior Este	JI_E1	$2,70 \times (2 \times 0,9) + 1,70 \times (2 \times 3,00) = 15,06 \text{ m}^2$
Vãos Envidraçados Interior Oeste	JI_O1	$1,70 \times 13,20 + 2 \times 0,9 \times 2,70 = 27,30 \text{ m}^2$
Parede Exterior 1 Norte	P_E1_N1	$3,6 \times ((2 \times 2,15) + (1,20 + 8,0) + 0,9) + 0,25 \times 36,9 = 58,72 \text{ m}^2$
Parede Exterior 1 Sul	P_E1_S1	$3,6 \times ((2 \times 2,15) + (1,20 + 8,0) + 0,9) + 0,25 \times 36,9 = 58,72 \text{ m}^2$
Parede Exterior Este	P_E_E1	$3,6 \times ((2 \times 2,15) + (2 \times 0,9)) + 0,25 \times 36,9 = 31,19 \text{ m}^2$
Parede Exterior Oeste	P_E_O1	$3,6 \times ((2 \times 2,15) + (2 \times 0,9)) + 0,25 \times 30,0 = 57,00 \text{ m}^2$
Paredes Interiores não úteis Norte	P_I_N1	$3,6 \times ((2 \times 0,9) + (1,3 + 2,2) + (3,3)) + 2 \times 0,9 \times 3,5 = 27,99 \text{ m}^2$
Parede Interior 2 Norte (betão)	P_I2_N1	$3,6 \times 3,25 = 11,70 \text{ m}^2$
Paredes Interiores não úteis Sul	P_I_S1	$3,6 \times ((2 \times 0,9) + (1,3 + 2,2) + (3,3)) + 2 \times 0,9 \times 3,5 = 27,99 \text{ m}^2$
Parede Interior 2 Sul (betão)	P_I2_S1	$3,6 \times 3,25 = 11,70 \text{ m}^2$
Paredes Interiores não úteis Este	P_I_E1	$3,6 \times ((2 \times 0,9) + (2 \times 4,7)) + 2 \times 0,9 \times 3,90 = 47,34 \text{ m}^2$
Paredes Interiores não úteis Oeste	P_I_O1	$3,6 \times ((2 \times 0,9) + (2 \times 4,7)) + 1,9 \times 13,2 + 2 \times 0,9 \times 0,9 = 67,0 \text{ m}^2$
Ponte térmica plana – Pilares Norte	PTP_P_N1	$3,6 \times (0,90 + 2 \times 0,4) = 6,12 \text{ m}^2$
Ponte térmica plana – T Viga Norte	PTP_V_N1	$0,63 \times (15,00 + 6,90 + 15,00) = 23,25 \text{ m}^2$
Ponte térmica plana – Pilares Sul	PTP_P_S1	$3,6 \times (0,90 + 2 \times 0,4) = 6,12 \text{ m}^2$
Ponte térmica plana – T Viga Sul	PTP_V_S1	$0,63 \times (15,00 + 6,90 + 15,00) = 23,25 \text{ m}^2$
Ponte térmica plana – Pilares Este	PTP_P_E1	$3,6 \times (2 \times 0,4) = 2,88 \text{ m}^2$
Ponte térmica plana – T Viga Este	PTP_V_E1	$0,63 \times (15,00 + 6,90 + 15,00) = 23,25 \text{ m}^2$
Ponte térmica plana – Pilares Oeste	PTP_P_O1	$3,6 \times (2 \times 0,4) = 2,88 \text{ m}^2$
Ponte térmica plana – T Viga Oeste	PTP_V_O1	$0,63 \times (15,00 + 15,00) = 18,90 \text{ m}^2$

### Zona C – Escritório piso 2

TIPO	ID	ÁREA (m <sup>2</sup> )
Pavimento	PAV_2	1637,37m <sup>2</sup>
Cobertura	LT_2	1637,37m <sup>2</sup>
Vãos Envidraçados Exterior Norte	JE_N2	$2,70 \times (15,00 + 6,90 + 15,00) = 99,63 \text{ m}^2$
Vãos Envidraçados Exterior Sul	JE_S2	$2,70 \times (15,00 + 6,90 + 15,00) = 99,63 \text{ m}^2$
Vãos Envidraçados Exterior Este	JE_E2	$2,70 \times (15,00 + 6,90 + 15,00) = 99,63 \text{ m}^2$
Vãos Envidraçados Exterior Oeste	JE_O2	$2,70 \times (15,00 + 6,90 + 15,00) = 99,63 \text{ m}^2$
Vãos Envidraçados Interior Norte	JI_N2	$2 \times (2,70 \times 1,2 + 1,7 \times (2 \times 1,15)) = 14,30 \text{ m}^2$
Vãos Envidraçados Interior Sul	JI_S2	$2 \times (2,70 \times 1,2 + 1,7 \times (2 \times 1,15)) = 14,30 \text{ m}^2$
Vãos Envidraçados Interior Este	JI_E2	$1,70 \times 13,20 + 2 \times 0,9 \times 2,70 = 27,30 \text{ m}^2$
Vãos Envidraçados Interior Oeste	JI_O2	$1,70 \times 13,20 + 2 \times 0,9 \times 2,70 = 27,30 \text{ m}^2$
Parede Exterior 1 Norte	P_E1_N2	$3,6 \times ((2 \times 2,15) + (2 \times 0,9)) + 0,25 \times 36,9 = 31,18 \text{ m}^2$
Parede Exterior 1 Sul	P_E1_S2	$3,6 \times ((2 \times 2,15) + (2 \times 0,9)) + 0,25 \times 36,9 = 31,18 \text{ m}^2$
Parede Exterior Este	P_E_E2	$3,6 \times ((2 \times 2,15) + (2 \times 0,9)) + 0,25 \times 36,9 = 31,19 \text{ m}^2$
Parede Exterior Oeste	P_E_O2	$3,6 \times ((2 \times 2,15) + (2 \times 0,9)) + 0,25 \times 36,9 = 31,19 \text{ m}^2$
Paredes Interiores não úteis Norte	P_I_N2	$3,6 \times ((2 \times 0,9) + (3,3)) + 2 \times 0,9 \times 3,5 = 24,66 \text{ m}^2$
Parede Interior 2 Norte (betão)	P_I2_N2	$3,6 \times 3,25 = 11,70 \text{ m}^2$
Paredes Interiores não úteis Sul	P_I_S2	$3,6 \times ((2 \times 0,9) + (3,3)) + 2 \times 0,9 \times 3,5 = 24,66 \text{ m}^2$
Parede Interior 2 Sul (betão)	P_I2_S2	$3,6 \times 3,25 = 11,70 \text{ m}^2$
Paredes Interiores não úteis Este	P_I_E2	$3,6 \times ((2 \times 0,9) + (2 \times 4,7)) + 1,9 \times 13,2 + 2 \times 0,9 \times 0,9 = 67,0 \text{ m}^2$
Paredes Interiores não úteis Oeste	P_I_O2	$3,6 \times ((2 \times 0,9) + (2 \times 4,7)) + 1,9 \times 13,2 + 2 \times 0,9 \times 0,9 = 67,0 \text{ m}^2$
Ponte térmica plana – Pilares Norte	PTP_P_N2	$3,6 \times (2 \times 0,4) = 2,88 \text{ m}^2$
Ponte térmica plana – T Viga Norte	PTP_V_N2	$0,63 \times (15,00 + 6,90 + 15,00) = 23,25 \text{ m}^2$
Ponte térmica plana – Pilares Sul	PTP_P_S2	$3,6 \times (2 \times 0,4) = 2,88 \text{ m}^2$
Ponte térmica plana – T Viga Sul	PTP_V_S2	$0,63 \times (15,00 + 6,90 + 15,00) = 23,25 \text{ m}^2$
Ponte térmica plana – Pilares Este	PTP_P_E2	$3,6 \times (2 \times 0,4) = 2,88 \text{ m}^2$
Ponte térmica plana – T Viga Este	PTP_V_E2	$0,63 \times (15,00 + 6,90 + 15,00) = 23,25 \text{ m}^2$
Ponte térmica plana – Pilares Oeste	PTP_P_O2	$3,6 \times (2 \times 0,4) = 2,88 \text{ m}^2$
Ponte térmica plana – T Viga Oeste	PTP_V_O2	$0,63 \times (15,00 + 6,90 + 15,00) = 23,25 \text{ m}^2$

### Zona D – Escritório piso 3

TIPO	ID	ÁREA (m <sup>2</sup> )
Pavimento	PAV_3	1618,08 m <sup>2</sup>
Cobertura	LT_3	1618,08 m <sup>2</sup>
Vãos Envidraçados Exterior Norte	JE_N3	$1,70 \times (17,90 + 6,90 + 17,90) = 72,59 \text{ m}^2$
Vãos Envidraçados Exterior Sul	JE_S3	$1,70 \times (17,90 + 6,90 + 17,90) = 72,59 \text{ m}^2$
Vãos Envidraçados Exterior Este	JE_E3	$1,70 \times (17,90 + 6,90 + 17,90) = 72,59 \text{ m}^2$
Vãos Envidraçados Exterior Oeste	JE_O3	$1,70 \times (17,90 + 6,90 + 17,90) = 72,59 \text{ m}^2$
Vãos Envidraçados Interior Norte	JI_N3	$2 \times (2,70 \times 1,2 + 1,7 \times (2 \times 1,15)) = 14,30 \text{ m}^2$
Vãos Envidraçados Interior Sul	JI_S3	$2 \times (2,70 \times 1,2 + 1,7 \times (2 \times 1,15)) = 14,30 \text{ m}^2$
Vãos Envidraçados Interior Este	JI_E3	$1,70 \times 13,20 + 2 \times 0,9 \times 2,70 = 27,30 \text{ m}^2$
Vãos Envidraçados Interior Oeste	JI_O3	$1,70 \times 13,20 + 2 \times 0,9 \times 2,70 = 27,30 \text{ m}^2$
Parede Exterior 1 Norte	P_E1_N3	$0,74 \times ((2 \times 17,00) + 6,9) + 3,6 \times (2 \times 0,9) = 36,75 \text{ m}^2$
Parede Exterior 1 Sul	P_E1_S3	$0,74 \times ((2 \times 17,00) + 6,9) + 3,6 \times (2 \times 0,9) = 36,75 \text{ m}^2$
Parede Exterior Este	P_E_E3	$0,74 \times ((2 \times 17,00) + 6,9) + 3,6 \times (2 \times 0,9) = 36,75 \text{ m}^2$
Parede Exterior Oeste	P_E_O3	$0,74 \times ((2 \times 17,00) + 6,9) + 3,6 \times (2 \times 0,9) = 36,75 \text{ m}^2$
Paredes Interiores não úteis Norte	P_I_N3	$3,6 \times ((2 \times 0,9) + (3,3)) + 2 \times 0,9 \times 3,5 = 24,66 \text{ m}^2$
Parede Interior 2 Norte (Betão)	P_I2_N3	$3,6 \times 3,25 = 11,70 \text{ m}^2$
Paredes Interiores não úteis Sul	P_I_S3	$3,6 \times ((2 \times 0,9) + (3,3)) + 2 \times 0,9 \times 3,5 = 24,66 \text{ m}^2$
Parede Interior 2 Sul (Betão)	P_I2_S3	$3,6 \times 3,25 = 11,70 \text{ m}^2$
Paredes Interiores não úteis Este	P_I_E3	$3,6 \times ((2 \times 0,9) + (2 \times 4,7)) + 1,9 \times 13,2 + 2 \times 0,9 \times 0,9 = 67,0 \text{ m}^2$
Paredes Interiores não úteis Oeste	P_I_O3	$3,6 \times ((2 \times 0,9) + (2 \times 4,7)) + 1,9 \times 13,2 + 2 \times 0,9 \times 0,9 = 67,0 \text{ m}^2$
Ponte térmica plana – Pilares Norte	PTP_P_N3	-----
Ponte térmica plana – T Viga Norte	PTP_V_N3	$0,63 \times (15,00 + 6,90 + 15,00) = 23,25 \text{ m}^2$
Ponte térmica plana – Pilares Sul	PTP_P_S3	-----
Ponte térmica plana – T Viga Sul	PTP_V_S3	$0,63 \times (15,00 + 6,90 + 15,00) = 23,25 \text{ m}^2$
Ponte térmica plana – Pilares Este	PTP_P_E3	-----
Ponte térmica plana – T Viga Este	PTP_V_E3	$0,63 \times (15,00 + 6,90 + 15,00) = 23,25 \text{ m}^2$
Ponte térmica plana – Pilares Oeste	PTP_P_O3	-----
Ponte térmica plana – T Viga Oeste	PTP_V_O3	$0,63 \times (15,00 + 6,90 + 15,00) = 23,25 \text{ m}^2$

### Zona E – Átrio de Entrada

TIPO	ID	ÁREA (m <sup>2</sup> )
Pavimento	PAV_AE	236,43 m <sup>2</sup>
Cobertura em contacto c/ outra zona	LT_AE	236,43 – 161,85 = 74,58 m <sup>2</sup>
Vão envidraçado horizontal (claraboia)	C_AE	161,85 m <sup>2</sup>
Vãos Envidraçados Exterior Norte	JE_N_AE	-----
Vãos Envidraçados Exterior Sul	JE_S_AE	-----
Vãos Envidraçados Exterior Este	JE_E_AE	-----
Vãos Envidraçados Exterior Oeste	JE_O_AE	$2,20 \times 6,90 + 3,25 \times 6,90 = 37,61 \text{ m}^2$
Vãos Envidraçados Interior Norte	JI_N_AE	$9,45 + (3 \times 14,30) = 52,35 \text{ m}^2$
Vãos Envidraçados Interior Sul	JI_S_AE	$15,66 + (3 \times 14,30) = 58,56 \text{ m}^2$
Vãos Envidraçados Interior Este	JI_E_AE	$21,06 + 15,06 + (2 \times 27,30) = 90,72 \text{ m}^2$
Vãos Envidraçados Interior Oeste	JI_O_AE	$4 \times 27,30 = 109,20 \text{ m}^2$
Parede Exterior Norte	P_E_N_AE	$1,20 \times 15,00 = 18,00 \text{ m}^2$
Parede Exterior Sul	P_E_S_AE	$1,20 \times 15,00 = 18,00 \text{ m}^2$
Parede Exterior Este	P_E_E_AE	$1,20 \times 15,00 = 18,00 \text{ m}^2$
Parede Exterior Oeste	P_E_O_AE	$1,20 \times 15,00 = 18,00 \text{ m}^2$
Paredes Interiores não úteis Norte	P_I_N_AE	$4 \times (2 \times 0,9 \times 3,5 + (3,25 \times 3,6 - 2)) = 64 \text{ m}^2$
Paredes Interiores não úteis Sul	P_I_S_AE	$4 \times (2 \times 0,9 \times 3,5 + (3,25 \times 3,6 - 2)) = 64 \text{ m}^2$
Paredes Interiores não úteis Este	P_I_E_AE	$4 \times (1,9 \times 13,2 + 2 \times 0,9 \times 0,9) = 106,8 \text{ m}^2$
Paredes Interiores não úteis Oeste	P_I_O_AE	$2 \times (1,9 \times 13,2 + 2 \times 0,9 \times 0,9) = 53,40 \text{ m}^2$
Ponte térmica plana – Pilares Norte	PTP_P_N_AE	-----
Ponte térmica plana – T Viga Norte	PTP_V_N_AE	-----
Ponte térmica plana – Pilares Sul	PTP_P_S_AE	-----
Ponte térmica plana – T Viga Sul	PTP_V_S_AE	-----
Ponte térmica plana – Pilares Este	PTP_P_E_AE	-----
Ponte térmica plana – T Viga Este	PTP_V_E_AE	-----
Ponte térmica plana – Pilares Oeste	PTP_P_O_AE	-----
Ponte térmica plana – T Viga Oeste	PTP_V_O_AE	-----

### Zona F – Central Telefónica

TIPO	ID	ÁREA (m <sup>2</sup> )
Pavimento	PAV_CT	11,30 m <sup>2</sup>
Cobertura	LT_CT	11,30 m <sup>2</sup>
Vãos Envidraçados Exterior Norte	JE_N_CT	-----
Vãos Envidraçados Exterior Sul	JE_S_CT	-----
Vãos Envidraçados Exterior Este	JE_E_CT	-----
Vãos Envidraçados Exterior Oeste	JE_O_CT	-----
Vãos Envidraçados Interior Norte	JI_N_CT	-----
Vãos Envidraçados Interior Sul	JI_S_CT	-----
Vãos Envidraçados Interior Este	JI_E_CT	-----
Vãos Envidraçados Interior Oeste	JI_O_CT	-----
Porta Sul	P_S_CT	2 m <sup>2</sup>
Paredes Interiores não úteis Norte	P_I_N_CT	$2,40 \times (2,6) = 6,24 \text{ m}^2$
Paredes Interiores não úteis Sul	P_I_S_CT	$2,40 \times (2,6) - 2 = 4,24 \text{ m}^2$
Paredes Interiores não úteis Este	P_I_E_CT	$2,40 \times (4,31) = 10,34 \text{ m}^2$
Paredes Interiores não úteis Oeste	P_I_O_CT	$2,40 \times (4,31) = 10,34 \text{ m}^2$
Ponte térmica plana Norte	-----	-----
Ponte térmica plana Sul	-----	-----
Ponte térmica plana Este	-----	-----
Ponte térmica plana Oeste	-----	-----

### Zona G – Sala IT

TIPO	ID	ÁREA (m <sup>2</sup> )
Pavimento	PAV_IT	12,00 m <sup>2</sup>
Cobertura	LT_IT	12,00 m <sup>2</sup>
Vãos Envidraçados Exterior Norte	JE_N_IT	-----
Vãos Envidraçados Exterior Sul	JE_S_IT	-----
Vãos Envidraçados Exterior Este	JE_E_IT	-----
Vãos Envidraçados Exterior Oeste	JE_O_IT	-----
Vãos Envidraçados Interior Norte	JI_N_IT	-----
Vãos Envidraçados Interior Sul	JI_S_IT	-----
Vãos Envidraçados Interior Este	JI_E_IT	-----
Vãos Envidraçados Interior Oeste	JI_O_IT	-----
Porta Oeste	P_O_IT	2 m <sup>2</sup>
Paredes Interiores não úteis Norte	P_I_N_IT	3,6 × 4 = 14,40 m <sup>2</sup>
Paredes Interiores não úteis Sul	P_I_S_IT	3,6 × 4 = 14,40 m <sup>2</sup>
Paredes Interiores não úteis Este	P_I_E_IT	3,6 × 3 = 10,80 m <sup>2</sup>
Paredes Interiores não úteis Oeste	P_I_O_IT	(3,6 × 3) - 2 = 8,80 m <sup>2</sup>
Ponte térmica plana Norte	-----	-----
Ponte térmica plana Sul	-----	-----
Ponte térmica plana Este	-----	-----
Ponte térmica plana Oeste	-----	-----

### PISOS NEGATIVOS – AREAS ESTACIONAMENTO E ARRECADAÇÃO

PISO	AREA ESTACIONAMENTO m <sup>2</sup>	AREA ARMAZEM/ARRECADAÇÃO m <sup>2</sup>
Piso -1	2489,61	290,79
Piso -2	2630,93	195,60
Piso -3	2493,83	355,57
TOTAL	7614,37	841,96



**ANEXO III**  
**Cálculo das Pontes Térmicas Lineares**



PISO	PTL	Designação	B (m)	$\Psi$ (W/m <sup>2</sup> c)
Piso 3	Ligação de fachada com terraço	PTL_a_3	171,6	0,75
	Ligação entre duas paredes verticais	PTL_b_3	43,2	0,2
	Ligação de fachada com pavimento intermédio	PTL_c_3	144	0,15
	PTL não tipificada – Vidro / parede inf e sup	PTL_d_3	299,6	0,5
	Ligação de fachada com padieira (há contacto entre o isolante e a caixilharia)	PTL_e_3	-----	0
Piso 2	Ligação de fachada com varanda	PTL_a_2	120	0,3
	Ligação entre duas paredes verticais	PTL_b_2	72	0,2
	PTL não tipificada – Vidro / parede inf e sup	PTL_c_2	240	0,5
	Ligação de fachada com padieira (há contacto entre o isolante e a caixilharia)	PTL_d_2	-----	0
Piso 1	Ligação de fachada com varanda	PTL_a_1	120	0,3
	Ligação entre duas paredes verticais	PTL_b_1	72	0,2
	Ligação de fachada com pavimento intermédio	PTL_c_1	20	0,15
	PTL não tipificada – Vidro / parede inf e sup	PTL_d_1	240	0,5
	Ligação de fachada com padieira (há contacto entre o isolante e a caixilharia)	PTL_e_1	-----	0
Piso 0	Ligação de fachada com padieira (há contacto entre o isolante e a caixilharia)	PTL_a_0	-----	0
	PTL não tipificada – Vidro / parede inf e sup	PTL_b_0	260,7	0,5
	Ligação entre duas paredes verticais	PTL_c_0	72	0,2
	Ligação de fachada com pavimento sobre local não aquecido.	PTL_d_0	160,70	0,6
Átrio Entrada	PTL não tipificada – Vidro / parede inf e sup (não se consideram PTL entre espaços climatizados)	PTL_a_AE	-----	0,5
	Ligação de fachada com pavimento sobre local não aquecido.	PTL_c_AE	6,9	0,5

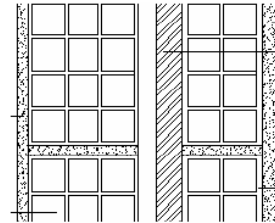


**ANEXO IV**  
**Cálculo dos Coeficientes de Transmissão Térmica**  
**envolvente opaca vertical**



## PAREDE EXTERIOR

. Paredes exteriores: Paredes duplas de alvenaria 11+11cm de espessura, com correcção dupla, 9cm de caixa-de-ar e 2cm de isolamento térmico do tipo Wallmate entre panos. Esta parede possuirá ainda um revestimento exterior em painéis de alumínio tipo “Alucobond – silvermetálic”.



### Resistência Superficial Interior e Exterior (m<sup>2</sup>.°C/W):

Da pág. 2507 do DL. Nº 80/2006 vem:

- Sentido do fluxo Horizontal →  $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$   
→  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$

### Resistência Térmica (m<sup>2</sup>.°C/W):

- **PAINEL EXTERIOR DE ALUCOBOND – silvermetálic** → 0,5 cm

Da pág. I.9 da publicação ITE 50 vem:

- Condutibilidade térmica<sup>5</sup>  $\lambda$  (W/(m.°C)) Ligas de alumínio → 160 W/(m.°C)

$$R_j = d_j / \lambda_j \rightarrow R_j = 0,005/160 \rightarrow R_j = 0,000031 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$$

- **TIJOLO** → 11cm

Da pág. I.12 da publicação ITE 50 vem:

$$R_j = 0,27 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$$

- **CAIXA DE AR**

Da pág. I.11 da publicação ITE 50 vem:

---

<sup>5</sup>  $R = \frac{d}{\lambda}$  [m<sup>2</sup>.°C/W] em que d é a espessura do elemento (m) e  $\lambda$  é a condutibilidade térmica (W/m.°C)

$$R_{ar} = 0,18 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

- **ISOLAMENTO TÉRMICO WALLMATE** → 2cm

Da pág. I.3 da publicação ITE 50 vem:

- Condutibilidade térmica  $\lambda$  (W/(m.°C)) Poliestireno Expandido Extrudido (XPS) → 0,037 W/(m.°C)

$$R_j = d_j / \lambda_j \rightarrow R_j = 0,02/0,037 \rightarrow R_j = 0,54 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

- **TIJOLO** → 11cm

Da pág. I.12 da publicação ITE 50 vem:

$$R_j = 0,27 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

- **REBOCO INTERIOR** → 1cm

Da pág. I.7 da publicação ITE 50 vem:

- Condutibilidade térmica  $\lambda$  (W/(m.°C)) Argamassas e rebocos tradicionais → 1,3 W/(m.°C)

$$R_j = d_j / \lambda_j \rightarrow R_j = 0,01/1,30 \rightarrow R_j = 0,0077 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

Assim, o Coeficiente de Transmissão térmica é para envolvente exterior:

$$U = 1/R_{si} + \sum R_j + R_{se} \text{ (W/m}^2 \cdot \text{°C)}$$

$$U = 1/(0,13+0,000031+0,27+0,18+0,54+0,27+0,0077+0,04) = \mathbf{0,69 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}}^6$$

E o coeficiente de Transmissão térmica para a envolvente em contacto com espaço não útil:

$$U = 1/R_{si} + \sum R_j + R_{se} \text{ (W/m}^2 \cdot \text{°C)}$$

$$U = 1/(0,13+0,000031+0,27+0,18+0,54+0,27+0,0077+0,13) = \mathbf{0,65 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}}$$

---

<sup>6</sup> Seria também possível calcular o Coeficiente de Transmissão Térmica através do recurso às tabelas da publicação ITE50 – Anexo II.

## PAREDE INTERIOR

. Paredes Interior: Paredes simples de alvenaria 15 cm de espessura, isolamento térmico do tipo Wallmate pelo exterior.

- **TIJOLO** → 15cm

Da pág. I.12 da publicação ITE 50 vem:

$$R_j = 0,39 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

- **ISOLAMENTO TÉRMICO WALLMATE** → 2cm

Da pág. I.3 da publicação ITE 50 vem:

- Condutibilidade térmica  $\lambda$  (W/(m.°C)) Poliestireno Expandido Extrudido (XPS) → 0,037 W/(m.°C)

$$R_j = d_j / \lambda_j \rightarrow R_j = 0,02/0,037 \rightarrow R_j = 0,54 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

- **REBOCO INTERIOR EM REBOCO** → 1cm

Da pág. I.7 da publicação ITE 50 vem:

- Condutibilidade térmica  $\lambda$  (W/(m.°C)) Argamassas e rebocos tradicionais → 1,3 W/(m.°C)

$$R_j = d_j / \lambda_j \rightarrow R_j = 0,01/1,30 \rightarrow R_j = 0,0077 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

- **REVESTIMENTO EXTERIOR EM PLADUR** → 1cm

Da pág. I.6 da publicação ITE 50 vem:

- Condutibilidade térmica  $\lambda$  (W/(m.°C)) Argamassas e rebocos tradicionais → 0,4 W/(m.°C)

$$R_j = d_j / \lambda_j \rightarrow R_j = 0,01/0,4 \rightarrow R_j = 0,025 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

Assim, o Coeficiente de Transmissão térmica é para envolvente interior:

$$U = 1/R_{si} + \sum R_j + R_{se} \text{ (W/m}^2 \cdot \text{°C)}$$

$$U = 1/(0,13+0,39+0,54+0,0077+0,025+0,13) = \mathbf{0,82 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}}$$

. Paredes Interior: Paredes simples de betão, com 22cm de espessura e revestimento interior.

- **BETÃO ARMADO** → 22 cm com <1% de armadura

Da pág. I.5 da publicação ITE 50 vem:

- Condutibilidade térmica  $\lambda$  (W/(m.°C)) betão armado de inertes correntes → 2,0 W/(m.°C)

$$R_j = d_j / \lambda_j \rightarrow R_j = 0,22/2,0 \rightarrow R_j = 0,11 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

- **REBOCO INTERIOR E EXTERIOR** → 1 cm

Da pág. I.7 da publicação ITE 50 vem:

- Condutibilidade térmica  $\lambda$  (W/(m.°C)) Argamassas e rebocos tradicionais → 1,3 W/(m.°C)

$$R_j = d_j / \lambda_j \rightarrow R_j = 0,01/1,30 \rightarrow R_j = 0,0077 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

Assim, o Coeficiente de Transmissão térmica é:

$$U_2 = 1/R_{si} + \sum R_j + R_{se} \text{ (W/m}^2 \cdot \text{°C)}$$

$$U_2 = 1/(0,13+0,0077+0,11+0,0077+0,04) = \mathbf{3,38 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}}$$

Este valor segundo o regulamento, não é aceitável. Visto que se trata de um edifício existente e visto que a simulação energética será realizada, iremos considerar 2,00 W/m<sup>2</sup>.°C.

## **ANEXO V**

### **Cálculos das Pontes Térmicas Planas**



## PILARES

### Resistência Superficial Interior e Exterior ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ):

Da pág. 2507 do DL. Nº 80/2006 vem:

- Sentido do fluxo Horizontal  $\rightarrow R_{si} = 0,13 m^2 \cdot ^\circ C/W$   
 $\rightarrow R_{se} = 0,04 m^2 \cdot ^\circ C/W$

### Resistência Térmica ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ):

- **ISOLAMENTO TÉRMICO WALLMATE pelo exterior**  $\rightarrow 2cm$

Da pág. I.3 da publicação ITE 50 vem:

- Condutibilidade térmica  $\lambda$  ( $W/(m \cdot ^\circ C)$ ) Poliestireno Expandido Extrudido (XPS)  $\rightarrow 0,037 W/(m \cdot ^\circ C)$

$$R_j = d_j / \lambda_j \rightarrow R_j = 0,02/0,037 \rightarrow R_j = 0,54 m^2 \cdot ^\circ C/W$$

- **BETÃO ARMADO**  $\rightarrow 50 cm$  com  $<1\%$  de armadura

Da pág. I.5 da publicação ITE 50 vem:

- Condutibilidade térmica  $\lambda$  ( $W/(m \cdot ^\circ C)$ ) betão armado de inertes correntes  $\rightarrow 2,0 W/(m \cdot ^\circ C)$

$$R_j = d_j / \lambda_j \rightarrow R_j = 0,5/2,0 \rightarrow R_j = 0,25 m^2 \cdot ^\circ C/W$$

- **REBOCO INTERIOR**  $\rightarrow 1cm$

Da pág. I.7 da publicação ITE 50 vem:

- Condutibilidade térmica  $\lambda$  ( $W/(m \cdot ^\circ C)$ ) Argamassas e rebocos tradicionais  $\rightarrow 1,3 W/(m \cdot ^\circ C)$

$$R_j = d_j / \lambda_j \rightarrow R_j = 0,01/1,30 \rightarrow R_j = 0,0077 m^2 \cdot ^\circ C/W$$

Assim, o Coeficiente de Transmissão térmica é:

$$U_2 = 1/R_{si} + \sum R_j + R_{se} \quad (W/m^2 \cdot ^\circ C)$$

$$U_2 = 1/(0,13+0,02+1,08+0,075+0,02+0,04) = \mathbf{0,73 W/m^2 \cdot ^\circ C}$$

## VIGAS

### Resistência Superficial Interior e Exterior ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ):

Da pág. 2507 do DL. Nº 80/2006 vem:

- Sentido do fluxo Horizontal  $\rightarrow R_{si} = 0,13 m^2 \cdot ^\circ C/W$   
 $\rightarrow R_{se} = 0,04 m^2 \cdot ^\circ C/W$

### Resistência Térmica ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ):

- **PAINEL EXTERIOR DE ALUCOBOND – silvermetálic**  $\rightarrow 0,5$  cm

Da pág. I.9 da publicação ITE 50 vem:

- Condutibilidade térmica<sup>7</sup>  $\lambda$  ( $W/(m \cdot ^\circ C)$ ) Ligas de alumínio  $\rightarrow 160 W/(m \cdot ^\circ C)$

$$R_j = d_j / \lambda_j \rightarrow R_j = 0,005/160 \rightarrow R_j = 0,000031 m^2 \cdot ^\circ C/W$$

- **ISOLAMENTO TÉRMICO WALLMATE pelo exterior**  $\rightarrow 2$ cm

Da pág. I.3 da publicação ITE 50 vem:

- Condutibilidade térmica  $\lambda$  ( $W/(m \cdot ^\circ C)$ ) Poliestireno Expandido Extrudido (XPS)  $\rightarrow 0,037 W/(m \cdot ^\circ C)$

$$R_j = d_j / \lambda_j \rightarrow R_j = 0,02/0,037 \rightarrow R_j = 0,54 m^2 \cdot ^\circ C/W$$

- **BETÃO ARMADO**  $\rightarrow 20$  cm com  $<1\%$  de armadura

Da pág. I.5 da publicação ITE 50 vem:

- Condutibilidade térmica  $\lambda$  ( $W/(m \cdot ^\circ C)$ ) betão armado de inertes correntes  $\rightarrow 2,0 W/(m \cdot ^\circ C)$

$$R_j = d_j / \lambda_j \rightarrow R_j = 0,2/2,0 \rightarrow R_j = 0,1 m^2 \cdot ^\circ C/W$$

- **REBOCO INTERIOR**  $\rightarrow 1$ cm

---

<sup>7</sup>  $R = \frac{d}{\lambda}$  [ $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ] em que  $d$  é a espessura do elemento (m) e  $\lambda$  é a condutibilidade térmica ( $W/m \cdot ^\circ C$ )

Da pág. I.7 da publicação ITE 50 vem:

- Condutibilidade térmica  $\lambda$  (W/(m.°C)) Argamassas e rebocos tradicionais  $\rightarrow 1,3$  W/(m.°C)

$$R_j = d_j / \lambda_j \rightarrow R_j = 0,01/1,30 \rightarrow R_j = 0,0077 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

Assim, o Coeficiente de Transmissão térmica é:

$$U_2 = 1/R_{si} + \sum R_j + R_{se} \text{ (W/m}^2 \cdot \text{°C)}$$

$$U_2 = 1/(0,13+0,000031+0,1+ 0,54+0,0077+0,04) = 1,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$$

Nenhuma zona de qualquer elemento opaco da envolvente, incluindo zona de ponte térmica plana, nomeadamente pilares, vigas e caixas de estore, pode ter um valor de U superior ao dobro do dos elementos homólogos (verticais ou horizontais) em zona corrente, respeitando sempre, no entanto os valores máximos indicados no quadro IX.1. Assim:

Pilares

$$U_2 < 2 \times U_1 \rightarrow 0,73 < 2 \times 0,69 \rightarrow 0,73 < 1,38 \rightarrow \text{CONFORME}$$



## **ANEXO VI**

### **Cálculo dos Coeficientes de Transmissão Térmica envolvente opaca horizontal**



**Resistência Térmica (m<sup>2</sup>.°C/W):**

- **COBERTURA EXTERIOR** → fluxo ascendente

Da pág. II.65 da publicação ITE 50 vem:

- Coef. Transmissão térmica U (W/(m<sup>2</sup>.°C)) Cobertura “Invertida” com protecção de lajetas, laje aligeirada blocos de betão e 4 cm de XPS → Ascendente **0,65 W/m<sup>2</sup>.°C**

- **PAVIMENTOS INTERIORES** → fluxo ascendente

**BETÃO ARMADO** → 10 cm com <1% de armadura

Da pág. I.5 da publicação ITE 50 vem:

- Condutibilidade térmica  $\lambda$  (W/(m.°C)) betão armado de inertes correntes → 2,0 W/(m.°C)

$$R_j = d_j / \lambda_j \rightarrow R_j = 0,1/2,0 \rightarrow R_j = 0,05 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

**CAIXA DE AR**

Da pág. I.11 da publicação ITE 50 vem:

$$R_{ar} = 0,16 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

**PLACAS DE MADEIRA *finupe*** → 4 cm Painéis de aglomerado de partículas de madeira

Da pág. I.8 da publicação ITE 50 vem:

- Condutibilidade térmica  $\lambda$  (W/(m.°C)) painéis de aglomerado de partículas de madeira → 0,18 W/(m.°C)

$$R_j = d_j / \lambda_j \rightarrow R_j = 0,04/0,18 \rightarrow R_j = 0,22 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

**PLACAS DE VINÍLICO** → 0,5 cm Painéis

Da pág. I.9 da publicação ITE 50 vem:

- Condutibilidade térmica  $\lambda$  (W/(m.°C)) borracha butílica → 0,24 W/(m.°C)

$$R_j = d_j / \lambda_j \rightarrow R_j = 0,05/0,24 \rightarrow R_j = 0,21 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$$

Assim, o Coeficiente de Transmissão térmica é:

$$U_2 = 1/R_{si} + \sum R_j + R_{se} \text{ (W/m}^2\text{.}^\circ\text{C)}$$

$$U_2 = 1/(0,04+0,05+0,16+0,22+0,21+0,10) = \mathbf{1,28 \text{ W/m}^2\text{.}^\circ\text{C}}$$

**Verificação dos Coeficientes de transmissão térmica até agora calculados:**

<b>ELEMENTO</b>	<b>U DA SOLUÇÃO</b>	<b>U MAXIMO REGULAMENTAR</b>	<b>U DE REFERÊNCIA</b>
Parede de alvenaria	0,69	1,8	0,7
Pontes térmicas planas	0,73	1,38	0,6
Laje da cobertura	0,65	1,25	0,5

## ANEXO VII-A

### Envidraçados – Factor de Orientação

Vão	(S/D)	A [m <sup>2</sup> ]	X
JE_N0	D	99,63 m <sup>2</sup>	0,27
JE_S0	D	99,63 m <sup>2</sup>	1
JE_E0	D	99,63 m <sup>2</sup>	0,56
JE_O0	D	81,00 m <sup>2</sup>	0,56
JE_N1	D	99,63 m <sup>2</sup>	0,27
JE_S1	D	99,63 m <sup>2</sup>	1
JE_E1	D	99,63 m <sup>2</sup>	0,56
JE_O1	D	81,00 m <sup>2</sup>	0,56
JE_N2	D	99,63 m <sup>2</sup>	0,27
JE_S2	D	99,63 m <sup>2</sup>	1
JE_E2	D	99,63 m <sup>2</sup>	0,56
JE_O2	D	99,63 m <sup>2</sup>	0,56
JE_N3	D	72,59 m <sup>2</sup>	0,27
JE_S3	D	72,59 m <sup>2</sup>	1
JE_E3	D	72,59 m <sup>2</sup>	0,56
JE_O3	D	72,59 m <sup>2</sup>	0,56
C_AE	D	161,85 m <sup>2</sup>	0,89
JE_N_AE	D	-----	-----
JE_S_AE	D	-----	-----
JE_E_AE	D	-----	-----
JE_O_AE	D	37,61 m <sup>2</sup>	0,56



## ANEXO VII-B

### Envidraçados – Factor de Sombreamento do horizonte

Vão	A [m <sup>2</sup> ]	Ângulo calculado	Fh – Inverno
JE_N0	99,63 m <sup>2</sup>	33°	1
JE_S0	99,63 m <sup>2</sup>	29°	0,67
JE_E0	99,63 m <sup>2</sup>	45°	0,58
JE_O0	81,00 m <sup>2</sup>	45°	0,58
JE_N1	99,63 m <sup>2</sup>	27°	1
JE_S1	99,63 m <sup>2</sup>	23°	0,83
JE_E1	99,63 m <sup>2</sup>	45°	0,58
JE_O1	81,00 m <sup>2</sup>	45°	0,58
JE_N2	99,63 m <sup>2</sup>	18°	1
JE_S2	99,63 m <sup>2</sup>	14°	0,94
JE_E2	99,63 m <sup>2</sup>	45°	0,58
JE_O2	99,63 m <sup>2</sup>	45°	0,58
JE_N3	72,59 m <sup>2</sup>	8°	1
JE_S3	72,59 m <sup>2</sup>	4°	0,98
JE_E3	72,59 m <sup>2</sup>	45°	0,58
JE_O3	72,59 m <sup>2</sup>	45°	0,58
C_AE	161,85 m <sup>2</sup>	-----	-----
JE_N_AE	-----	-----	-----
JE_S_AE	-----	-----	-----
JE_E_AE	-----	-----	-----
JE_O_AE	37,61 m <sup>2</sup>	45°	0,58



## ANEXO VII-C

### Envidraçados – Factor de Sombreamento por elementos horizontais

Vão	A [m <sup>2</sup> ]	Ângulo calculado	Fo – Inverno
JE_N0	99,63 m <sup>2</sup>	68º	1
JE_S0	99,63 m <sup>2</sup>	68º	0,44
JE_E0	99,63 m <sup>2</sup>	68º	0,64
JE_O0	81,00 m <sup>2</sup>	68º	0,64
JE_N1	99,63 m <sup>2</sup>	68º	1
JE_S1	99,63 m <sup>2</sup>	68º	0,44
JE_E1	99,63 m <sup>2</sup>	68º	0,64
JE_O1	81,00 m <sup>2</sup>	68º	0,64
JE_N2	99,63 m <sup>2</sup>	54º	1
JE_S2	99,63 m <sup>2</sup>	54º	0,5
JE_E2	99,63 m <sup>2</sup>	54º	0,68
JE_O2	99,63 m <sup>2</sup>	54º	0,68
JE_N3	72,59 m <sup>2</sup>	47º	1
JE_S3	72,59 m <sup>2</sup>	47º	0,57
JE_E3	72,59 m <sup>2</sup>	47º	0,73
JE_O3	72,59 m <sup>2</sup>	47º	0,73
C_AE	161,85 m <sup>2</sup>	-----	-----
JE_N_AE	-----	-----	-----
JE_S_AE	-----	-----	-----
JE_E_AE	-----	-----	-----
JE_O_AE	37,61 m <sup>2</sup>	23º	0,88



## ANEXO VII-D

### Envidraçados – Factor de Sombreamento por elementos verticais

Vão	A [m <sup>2</sup> ]	Ângulo calculado Esquerda - Direita	Ff – Inverno
JE_N0	99,63 m <sup>2</sup>	7º - 7º	1
JE_S0	99,63 m <sup>2</sup>	7º - 7º	0,97
JE_E0	99,63 m <sup>2</sup>	7º - 7º	0,97
JE_O0	81,00 m <sup>2</sup>	7º - 7º	0,97
JE_N1	99,63 m <sup>2</sup>	7º - 7º	1
JE_S1	99,63 m <sup>2</sup>	7º - 7º	0,97
JE_E1	99,63 m <sup>2</sup>	7º - 7º	0,97
JE_O1	81,00 m <sup>2</sup>	7º - 7º	0,97
JE_N2	99,63 m <sup>2</sup>	7º - 7º	1
JE_S2	99,63 m <sup>2</sup>	7º - 7º	0,97
JE_E2	99,63 m <sup>2</sup>	7º - 7º	0,97
JE_O2	99,63 m <sup>2</sup>	7º - 7º	0,97
JE_N3	72,59 m <sup>2</sup>	7º - 7º	1
JE_S3	72,59 m <sup>2</sup>	7º - 7º	0,97
JE_E3	72,59 m <sup>2</sup>	7º - 7º	0,97
JE_O3	72,59 m <sup>2</sup>	7º - 7º	0,97
C_AE	161,85 m <sup>2</sup>	-----	-----
JE_N_AE	-----	-----	-----
JE_S_AE	-----	-----	-----
JE_E_AE	-----	-----	-----
JE_O_AE	37,61 m <sup>2</sup>	73º - 73º	0,71



## ANEXO VII-E

### Envidraçados – Tabela diversos factores estação arrefecimento

Envidraçado	Ângulo Fo	Ângulo Ff esq-dir	Fo verão	Ff verão	Fh verão	Fs
JE_N0	68º	7º - 7º	0,94	1	1	0,94
JE_S0	68º	7º - 7º	0,52	0,97	1	0,50
JE_E0	68º	7º - 7º	0,55	0,98	1	0,54
JE_O0	68º	7º - 7º	0,55	0,98	1	0,54
JE_N1	68º	7º - 7º	0,94	1	1	0,94
JE_S1	68º	7º - 7º	0,52	0,97	1	0,50
JE_E1	68º	7º - 7º	0,55	0,98	1	0,54
JE_O1	68º	7º - 7º	0,55	0,98	1	0,54
JE_N2	54º	7º - 7º	0,95	1	1	0,95
JE_S2	54º	7º - 7º	0,53	0,97	1	0,51
JE_E2	54º	7º - 7º	0,59	0,98	1	0,58
JE_O2	54º	7º - 7º	0,59	0,98	1	0,58
JE_N3	47º	7º - 7º	0,97	1	1	0,97
JE_S3	47º	7º - 7º	0,55	0,97	1	0,53
JE_E3	47º	7º - 7º	0,63	0,98	1	0,62
JE_O3	47º	7º - 7º	0,63	0,98	1	0,62
C_AE	-----	-----	-----	-----	1	-----
JE_N_AE	-----	-----	-----	-----	1	-----
JE_S_AE	-----	-----	-----	-----	1	-----
JE_E_AE	-----	-----	-----	-----	1	-----
JE_O_AE	23º	73º - 73º	0,81	0,86	1	0,70



## **ANEXO VIII**

### **Características dos Materiais Vãos Envidraçados e Isolamentos**



## **ANEXO IX**

### **Fichas Software STE**