



**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE
LISBOA**

Área Departamental de Engenharia Civil



**Reabilitação sustentável de edifício de habitação, em
construção tradicional, no Baixo Alentejo**

DANIEL PALMA HENRIQUES

(Licenciado em Engenharia Civil)

Dissertação de Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia
Civil, Especialização em Edificações

Orientadores:

Especialista, João António Antunes Hormigo
Doutor, Pedro Miguel Matos Soares

Júri:

Presidente:
Doutora João Alfredo Ferreira dos Santos
Vogais:
Doutora, Maria Dulce e Silva Franco Henriques
Especialista, João António Antunes Hormigo
Doutor, Pedro Miguel Matos Soares

JANEIRO DE 2014

Agradecimentos

Em primeiro lugar, quero agradecer aos orientadores João António Antunes Hormigo e Pedro Matos Soares que foram incansáveis nesta jornada, estando disponíveis em qualquer altura e sempre com extrema paciência, dedicação e profissionalismo.

Em seguida quero agradecer ao Instituto Superior de Engenharia de Lisboa que me proporcionou uma formação académica de excelência, levando comigo ferramentas que me serão certamente úteis na próxima etapa da minha vida.

Quero agradecer a todos os meus colegas que ao longo deste período contribuíram de uma ou outra forma para que atingisse esta meta, com especial agradecimento aos meus colegas Ricardo Pereira e João Godinho que me acompanharam desde o primeiro dia, não só como colegas de Escola, mas como verdadeiros amigos! E ainda, ao meu colega André Jorge que me ajudou a entender o programa de simulação.

Quero agradecer ainda aos meus amigos e colegas de casa, aos meus amigos de sempre, à minha namorada e a toda a minha família, em especial à minha avó que disponibilizou toda a informação sobre o edifício do caso de estudo, do qual é proprietária.

O último agradecimento é o mais importante: quero agradecer às pessoas que me deram toda a confiança do mundo e me proporcionaram toda esta aventura: Manuel Henriques e Bárbara Henriques, os meus pais, que me deram todas as condições e apoio e que a eles devo tudo aquilo que sou hoje. Não menos importante, quero também agradecer à Jenny Henriques, minha irmã, que me apoia em todos os momentos.

A todos vós: um muito obrigado!

Resumo

A presente dissertação tem por finalidade introduzir a sustentabilidade na reabilitação e analisar os benefícios da mesma.

Começa-se por realizar um enquadramento histórico da reabilitação e um enquadramento legal do desenvolvimento sustentável e da construção sustentável.

Analisa-se o tipo de construção do Baixo Alentejo, região sobre a qual incide a dissertação e onde se encontra o edifício de habitação utilizado como caso de estudo, descrevendo a origem deste tipo de construção tradicional, a sua tipologia típica e a forma como é construída.

As soluções que se pretendem introduzir no caso de estudo são simuladas nos programas *Energy Plus* e *Design Builder*, as quais foram seleccionadas por não alterarem profundamente o tipo de construção e serem de fácil aplicação. Trata-se da substituição de equipamentos, iluminação, caixilharias e vidros e da introdução de estores pelo exterior devido à elevada incidência solar da zona. As soluções simuladas traduzem-se num sucesso na redução do consumo de energia eléctrica, diminuição de ganhos internos e na redução de emissão de Dióxido de Carbono para a atmosfera (melhoria em **50% a 68%** com um retorno do investimento em **6 anos**).

Recomendam-se ainda três outras soluções, em que duas são aplicações da energia solar para a produção de electricidade e aquecimento de água e a terceira um sistema de aproveitamento da água da chuva para rega (com retorno do investimento em **16, 9 e 7 anos**).

Finaliza-se o trabalho avaliando os benefícios que as soluções e recomendações trazem ao caso de estudo (e ao restante parque edificado que as adopte) e apesar do seu investimento inicial elevado, a sua grande viabilidade económica traduz-se numa recuperação do investimento num médio/longo prazo.

Palavras-chave: construção sustentável, construção tradicional, desenvolvimento sustentável, eficiência energética, reabilitação e sustentabilidade

Abstract

The following dissertation has the objective of introducing sustainability in rehabilitation and analysing the benefits of such, in a country facing an economic crisis.

It starts by making an historical framework of rehabilitation and a legal framework of sustainable development and construction.

The typical Lower Alentejo construction is analysed, region in which this dissertation is developed, and in which the building used as a case study for this dissertation is located. The traditional Lower Alentejo construction is described.

The solutions portrayed in the case study have been simulated in programs such as Energy Plus and Design Builder, and have been chosen due to the fact that they do not change drastically the type of construction and also because of their easiness to be applied. Solutions such as changing equipment, lighting, frames, windows and introducing exterior light shades given the high solar incidence of the region have been analysed. Such solutions succeed in reducing electrical consumption, reducing internal energy gains and also reducing Carbon Dioxide emissions to the atmosphere (improvement in **50% to 68%** with a return on investment in **6 years**).

Three other solutions are recommended, two of them using solar energy to generate electricity and to heat water, being the third solution a system that reutilizes the rain water and uses it to water the plants (return on investment in **16, 9 and 7 years**).

This dissertation ends by analysing the benefits of all the solutions mentioned above, not only for the case study but for all other buildings that may adopt such solutions. Even though the initial investment is something to be aware of, the fact is that these solutions allow for a total return of the investment in a medium/long period of time.

Key-Words: energy efficiency, rehabilitation, sustainability, sustainable construction, sustainable development and traditional construction.

Índice geral

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
Índice geral.....	ix
Índice de figuras	xi
Índice de tabelas	xv
CAPÍTULO I - Introdução	1
I.1) Motivação e enquadramento do tema	1
I.2) Objectivos.....	1
I.3) Metodologia.....	2
CAPÍTULO II - Enquadramento histórico da reabilitação	3
II.1) Breves considerações sobre o Património	3
II.2) Sínteses de investigação histórica	3
II.2.1) Autores	3
II.2.2) Documentos.....	6
CAPÍTULO III - Abordagem à evolução histórica do conceito de desenvolvimento sustentável.....	9
III.1) Relatório de <i>Brundtland</i> - "Nosso futuro comum"	9
III.2) Agenda 21 - Rio 92	10
III.3) Protocolo de Quioto	11
III.4) Caracterização da arquitectura tradicional no Baixo Alentejo.....	11
III.5) Análise da sub-região.....	13
III.5.1) Baixo Alentejo	13
III.5.2) Concelho de Mértola.....	15
III.6) Análise da edificação existente no Baixo Alentejo.....	17
III.7) A construção e a reabilitação sustentáveis	18
III.7.1) Desenvolvimento Sustentável	18
III.7.2) Construção sustentável.....	19
CAPÍTULO IV - Melhoria da eficiência energética na construção e reabilitação sustentável	23
IV.1) Caracterização da situação actual em Portugal.....	23
IV.1.1) Área da reabilitação	23
IV.1.2) Consumo de energia eléctrica	25
IV.2) Estudo do consumo de energia em Portugal	26
IV.2.1) Conforto térmico.....	28

IV.2.2) Conforto acústico.....	29
IV.2.3) Qualidade do ar no interior dos edifícios.....	30
IV.2.4) Iluminação	31
IV.3) Melhoria da eficiência energética em Portugal.....	31
IV.4) A reabilitação sustentável	33
IV.4.1) Introdução da Reabilitação Sustentável na construção tradicional.....	33
IV.4.2) Materiais sustentáveis	34
IV.4.3) Procedimentos / técnicas construtivas	35
IV.4.4) Tratamento de resíduos em obra.....	41
IV.4.5) Compatibilidade com os valores da paisagem e do Património	42
CAPÍTULO V - Caso de estudo.....	45
V.1) Diagnóstico prospectivo.....	45
V.1.1) Caracterização da habitação.....	45
V.1.2) Tipificação das patologias presentes.....	48
V.1.3) Metodologia de reparação das patologias observadas.....	50
V.1.4) Simulação - <i>Energie plus</i> e <i>Design Builder</i>	52
V.2) Diagnóstico projectivo	69
V.2.1) Caracterização e análise projectiva	70
V.2.2) Propostas de intervenção.....	81
V.2.3) Recomendações.....	91
V.2.4) Análise final	93
CAPÍTULO VI - Conclusões e desenvolvimentos futuros	97
VI.1) Conclusões.....	97
VI.2) Desenvolvimentos futuros	98
CAPÍTULO VII - Referências bibliográficas	101
Anexo A. Planta Geral (edifício de habitação + quintal)	I
Anexo B. Planta Pormenor (edifício de habitação).....	II
Anexo C. Fotografias do caso de estudo	III
Anexo D. Tabela de facturação de electricidade (<i>EDP</i>)	VIII
Anexo E. Tabela de poupança anual em electricidade sem sistema fotovoltaico	IX
Anexo F. Planta de localização dos painéis fotovoltaicos.....	X
Anexo G. Tabela de facturação de água.....	XI
Anexo H. Planta do sistema de rega gota a gota	XII

Índice de figuras

Figura 1- Distrito de Beja [13]	13
Figura 2 - Concelho de Mértola [14].....	15
Figura 3 - Sustentabilidade multidisciplinar, adaptado de <i>Senageldin e Steer</i> , 1994.....	19
Figura 4 - Evolução do sector da construção, adaptado de <i>Senageldin e Steer</i> , 1994.....	20
Figura 7 - Consumo eléctrico em Portugal continental, <i>DGGE in Markttest, Sales Index</i> , 2010..	27
.....	27
Figura 5 - Consumo de energia eléctrica em <i>kWh</i> , <i>DGGE in Markttest, Sales Index</i> 2010	27
Figura 6 - Consumo de energia eléctrica/consumidor em <i>kWh</i> , <i>DGGE in Markttest, Sales Index</i> 2010.....	27
.....	27
Figura 8 - Aumento do consumo eléctrico ao longo dos anos, <i>DGGE in Markttest, Sales Index</i> , 2010.....	28
.....	28
Figura 9 - Diferentes ângulos de incidência solar, <i>Chris Cornwall, Aaron Horiuchi and Chris Lehman, NOA</i>	36
.....	36
Figura 10 - Esquema de um colector solar térmico [42]	40
.....	40
Figura 11 - Etiquetas de desempenho energético de alguns equipamentos (respectivamente, frigorífico, máquina de lavar loiça, máquina de lavar roupa e televisores) [43].....	40
.....	40
Figura 12 - Pormenor de instalação de painel fotovoltaico [44]	41
.....	41
Figura 13 - Pormenor da localização do caso de estudo, Penilhos, <i>Google Maps</i>	45
.....	45
Figura 14 - Mapa de Portugal, <i>Google Maps</i>	45
.....	45
Figura 15 - Planta em <i>AutoCad</i> do edifício de habitação e quintal	47
.....	47
Figura 16 - Planta em <i>AutoCad</i> do edifício de habitação.....	48
.....	48
Figura 17 - Desgaste do pavimento cerâmico (<i>CORR</i>)	48
.....	48
Figura 18 - Apodrecimento das vigas de madeira e destacamento do reboco (A2).....	49
.....	49
Figura 19 - Fissuração da parede.....	49
.....	49
Figura 20 - Escorrência de água no interior do edifício de habitação (A1).....	50
.....	50
Figura 21 - Template criado: "Caso de estudo - Penilhos"	53
.....	53
Figura 22 - <i>Navigate, Site</i> - Barra de navegação.....	54
.....	54
Figura 23 - <i>Layout</i> geral (Terreno + Edifício de habitação).....	55
.....	55
Figura 24 - <i>Layout</i> pormenor (Edifício de habitação).....	55
.....	55
Figura 25 - Variação da temperatura do ar no quarto (Q2) devido ao aquecedor	56
.....	56
Figura 26 - Variação da temperatura do ar na cozinha devido à lareira.....	56
.....	56
Figura 27 - Emissão anual de <i>CO₂</i> (<i>kg</i>) do edifício de habitação.....	57
.....	57
Figura 28 - Infiltração externa e taxa de renovação de ar anuais do edifício de habitação	57
.....	57
Figura 29 - valor médio anual das temperaturas do ar, radiante e operativa e da humidade relativa do edifício de habitação.....	58
.....	58

Figura 30 - Variações mensais das temperaturas do ar, radiante, operativa e da humidade relativa do ar do edifício de habitação	59
Figura 31 - Variação diária das temperaturas do ar, radiante, operativa e da humidade relativa do ar a 5 de Janeiro.....	60
Figura 32 - Variação diária das temperaturas do ar, radiante, operativa e humidade relativa do ar a 29 de Agosto.....	60
Figura 33 - Variação horária das temperaturas do ar, radiante, operativa e humidade relativa do ar a 1 de Janeiro.....	60
Figura 34 - Variação horária das temperaturas do ar, radiante, operativa e humidade relativa do ar a 30 de Agosto.....	60
Figura 35 - Consumo eléctrico real do edifício de habitação.....	61
Figura 36 - Consumo (<i>kWh</i>) versus Valor pago (€)	62
Figura 37 - Consumo anual total de energia do edifício de habitação	62
Figura 38 - Consumo anual total detalhado do edifício de habitação	62
Figura 39 - Consumo mensal de electricidade do edifício de habitação	63
Figura 40 - Consumo mensal detalhado de electricidade do edifício de habitação.....	63
Figura 41 - Consumo eléctrico diário do edifício de habitação a 5 de Janeiro.....	64
Figura 42 - Consumo eléctrico diário do edifício de habitação a 29 de Agosto.....	64
Figura 43 - Consumo eléctrico detalhado do edifício de habitação a 17 de Janeiro	64
Figura 44 - Consumo eléctrico detalhado do edifício de habitação a 17 de Agosto	64
Figura 45 - Consumo total horário do edifício de habitação a 1 de Janeiro.....	65
Figura 46 - Consumo total horário do edifício de habitação a 30 de Agosto.....	65
Figura 47 - Consumo total detalhado do edifício de habitação a 1 de Janeiro.....	65
Figura 48 - Consumo total detalhado do edifício de habitação a 30 de Agosto.....	65
Figura 49 - Ganhos totais anuais do edifício de habitação.....	66
Figura 50 - Ganhos totais mensais do edifício de habitação	66
Figura 51 - Ganhos totais diários do edifício de habitação a 21 de Janeiro	68
Figura 52 - Ganhos totais diários do edifício de habitação a 23 de Agosto	68
Figura 53 - Ganhos totais horários do edifício de habitação a 1 de Janeiro.....	68
Figura 54 - Ganhos totais horários do edifício de habitação a 20 de Agosto.....	68
Figura 55 - Valores anuais das temperaturas do ar, radiante, operativa e humidade relativa do ar após a substituição dos equipamentos.....	70
Figura 56 - Valores mensais das temperaturas do ar, radiante, operativa e da humidade relativa do ar após substituição dos equipamentos.....	71
Figura 57 - Valores anuais gerais do consumo de energia após substituição dos equipamentos..	72

Figura 58 - Valores anuais detalhados do consumo de energia após substituição dos equipamentos.....	72
Figura 59 - Consumo global mensal após a substituição dos equipamentos.....	72
Figura 60 - Consumo detalhado mensal após a substituição dos equipamentos	72
Figura 61 - Ganhos internos anuais após a substituição dos equipamentos	73
Figura 62 - Ganhos internos mensais após a substituição dos equipamentos	73
Figura 63 - Produção anual de CO_2 (kg) após a substituição dos equipamentos.....	73
Figura 64 - Consumo anual geral de energia eléctrica após a substituição da iluminação.....	75
Figura 65 - Consumo anual detalhado de energia eléctrica após a substituição da iluminação ..	75
Figura 66 - Consumo mensal geral de energia eléctrica após a substituição da iluminação	75
Figura 67 - Consumo mensal detalhado de energia eléctrica após a substituição da iluminação	75
Figura 68 - Ganhos internos anuais após a substituição da iluminação	76
Figura 69 - Ganhos internos mensais após a substituição da iluminação.....	76
Figura 70 - Produção anual de CO_2 (kg) após a substituição da iluminação.....	76
Figura 71- Valores anuais dos ganhos internos após a introdução de estores e substituição das caixilharias e dos vidros	78
Figura 72 - Valores mensais dos ganhos internos após a introdução de estores e substituição das caixilharias das janelas e dos vidros.....	79
Figura 73 - Valor anual da infiltração externa após a introdução de estores e substituição das caixilharias das janelas e vidros	80
Figura 74 - Temperaturas médias anuais da solução mais eficiente	85
Figura 75 - temperaturas médias mensais da solução mais eficiente	85
Figura 76 - Gasto anual de energia pelo edifício de habitação após a introdução das soluções 1,2 e 3 em simultâneo.....	86
Figura 77 - Consumo anual detalhado de energia após a introdução das soluções 1, 2 e 3 em simultâneo	86
Figura 78 - Consumo mensal geral de energia após a introduções das soluções 1, 2 e 3 em simultâneo	87
Figura 79 - Consumo mensal detalhado de energia após a introduções das soluções 1, 2 e 3 em simultâneo	87
Figura 80 - Ganhos internos anuais após a introdução das soluções 1, 2 e 3 em simultâneo.....	88
Figura 81 - Ganhos internos mensais após a introdução das soluções 1, 2 e 3 em simultâneo ...	88
Figura 82 - Produção anual de CO_2 após a introdução das soluções 1, 2 e 3 em simultâneo.....	89
Figura 83 - Infiltração externa anual após a introdução das soluções 1, 2 e 3 em simultâneo....	89

Índice de tabelas

Tabela 1 - Território e população, dados do <i>INE</i> , Anuário Estatístico Região Alentejo, 2010	14
Tabela 2 - Crescimento económico, dados do <i>INE</i> , Anuário Estatístico Região Alentejo, 2010	15
Tabela 3 - Dados de construção do concelho de Mértola, Câmara Municipal de Mértola, 2013	17
Tabela 4 - Áreas de reabilitação urbana (Nº) por Localização geográfica; anual, dados do <i>INE</i> , Censos 2011	23
Tabela 5- Despesa efectuada em obras de conservação e reabilitação de equipamentos e comércio de apoio ao parque habitacional social (€) por Localização geográfica; Anual, dados do <i>INE</i> , Censos 2011.....	23
Tabela 6- Despesa efectuada em obras no parque habitacional social para conservação extraordinária (€) por Localização geográfica; Anual, dados do <i>INE</i> , Censos 2011	24
Tabela 7- Despesa efectuada em obras no parque de habitação social para conservação ordinária (€) por Localização geográfica; Anual, dados do <i>INE</i> , Censos 2011.....	24
Tabela 8 - Despesa orçamentada em obras de conservação e reabilitação de equipamentos e comércio de apoio ao parque de habitação social (€) por Localização geográfica; Anual, dados do <i>INE</i> , Censos 2011	24
Tabela 9 - Consumo de energia eléctrica (<i>kWh</i>) por Localização geográfica e Tipo de consumo; Anual, dados do <i>INE</i> , Anual - Direcção-Geral de Energia e Geologia, Censos 2011.....	25
Tabela 10 - - Consumo de energia eléctrica por habitante (<i>kWh/ hab.</i>) por Local de residência; Anual (1), dados do <i>INE</i> , Anual - Direcção-Geral de Energia e Geologia, Censos 2011	25
Tabela 11 - - Consumidores de electricidade (N.º) por Localização geográfica e Tipo de consumo; Anual (2), dados do <i>INE</i> , Anual - Direcção-Geral de Energia e Geologia, Censos 2011.....	25
Tabela 12 - Concentrações máximas de referência de alguns componentes, Decreto-Lei nº 79/2006 de 4 de Abril.....	30
Tabela 13 - A sustentabilidade, Construção e Reabilitação Sustentável - Parcerias para a regeneração urbana, 2011.....	33
Tabela 14 - Características de materiais, "Construção e Reabilitação Sustentável - Parcerias para a regeneração urbana, 2011"	34
Tabela 15 - Consumos e ganhos anuais e mensais da situação actual do edifício de habitação em estudo	69
Tabela 16 - Consumos e ganhos anuais e mensais após a substituição dos equipamentos do edifício de habitação	74

Tabela 17 - Consumos e ganhos anuais e mensais após a substituição da iluminação do edifício de habitação.....	77
Tabela 18 - Consumos e ganhos anuais e mensais após a introdução de estores e substituição das caixilharias e dos vidros	80
Tabela 19 - Consumo dos equipamentos actuais.....	81
Tabela 20 - Consumo dos equipamentos mais eficientes.....	81
Tabela 21 - Valor (€) e aquisição de equipamentos de eficiência A+ <i>standard</i>	82
Tabela 22 - Potência da iluminação existente	82
Tabela 23 - Potência da iluminação <i>LED</i>	83
Tabela 24 - Custo de aquisição das lâmpadas <i>LED standard</i>	83
Tabela 25 - Áreas de estores a introduzir e caixilharias e vidros a substituir	84
Tabela 26 - Valor (€) da introdução da Solução 3 (preços <i>standard</i>)	84
Tabela 27 - Consumos e ganhos anuais e mensais após a introdução das soluções 1,2 e 3 em simultâneo	89
Tabela 28 - Diferença percentual e comparativa entre o estado actual do edifício de habitação e a solução mais eficiente.....	90
Tabela 29 - Custo de aquisição do sistema de aproveitamento de águas pluviais.....	93
Tabela 30 - Poupança de água em regas de jardim	93
Tabela 31 - Custo da Mão de obra na reabilitação das patologias presentes no edifício de habitação	93
Tabela 32 - Breve custo do material para reabilitação	94
Tabela 33 - Diferenças absolutas entre a situação actual e a solução eficiente (anuais e mensais)	94

CAPÍTULO I - Introdução

I.1) Motivação e enquadramento do tema

O tema que guia a presente dissertação para a obtenção do grau de Mestre, tem na sua base múltiplas motivações: interesse na conservação e reabilitação de áreas urbanas ou rurais em construção tradicional portuguesa (nomeadamente, a construção tradicional do Baixo Alentejo); necessidade de preservação, integração e conservação do Património habitacional tradicional; preocupação com o meio ambiente e interesse em preservar o enquadramento paisagístico. Há que referir também a motivação no desenvolvimento da reabilitação patrimonial da região (Alentejo) e, essencialmente, do concelho de Mértola, mantendo viva a tradição na construção, associada ao avanço tecnológico da mesma.

A palavra reabilitar é utilizada no quotidiano com sentido diverso, para além do desenvolvimento de um conjunto de actividades que visam restabelecer danos decorrentes do tempo. Assim, comumente reabilitar pode significar: alterar, ampliar, recuperar, reconstruir.

No Alentejo, a reabilitação de imóveis degradados em construção tradicional, mantém vivos processos construtivos tradicionais preservando a memória cultural, material e artística.

É neste sentido que interessa estudar a reabilitação sustentável.

A actual crise económica no nosso país torna potencialmente relevante reabilitar, pois a construção nova sofreu forte contracção, sendo expectável que de futuro, o país enverede pela opção de reabilitar construções existentes. Pois, na maioria dos casos é mais económico recuperar imóveis degradados invés de os demolir e construir de novo e, é neste sentido que a reabilitação ganha uma nova dinâmica em Portugal. Adicionalmente, o sector do turismo tem vindo a assumir relevância crescente na região do Alentejo, sendo do maior interesse manter o Património tradicional edificado.

Assim, reabilitar traduz-se na regeneração de imóveis degradados, tentando dar-lhes o aspecto original ou um novo aspecto sem o demolir e construir de novo. Mantendo o "objecto" original.

I.2) Objectivos

A presente dissertação tem por objectivos desenvolver o tema já focado, ou seja, a conciliação entre a reabilitação de habitações tradicionais com a introdução de medidas conducentes a melhoria do edificado.

Há que compatibilizar o tradicional e as novas tecnologias, no que diz respeito a novos materiais, novos recursos e novos processos construtivos, sem que se adulterem os aspectos arquitectónicos das habitações tradicionais.

É fundamental inverter o percurso que Portugal tem vindo a percorrer, privilegiando construção nova em detrimento da reabilitação do Património construído.

Reconstruir ou reabilitar é um acto de cultura, baseado em suporte técnico, económico e ambiental.

I.3) Metodologia

A dissertação está dividida em sete capítulos.

O primeiro capítulo é introdutório, onde se explicam a motivação e os objectivos a atingir com o presente trabalho.

O segundo capítulo apresenta uma breve investigação histórica sobre a reabilitação em Portugal e no mundo, bem como breves considerações sobre o Património.

No terceiro capítulo, apresentam-se análises da sub-região do Baixo Alentejo (incidência do estudo), da arquitectura tradicional da zona e a caracterização da situação actual de Portugal, no que diz respeito ao parque edificado. O capítulo é finalizado definindo o conceito de reabilitação sustentável e apresenta-se um estudo sobre o consumo de energia em Portugal e soluções de melhoria da eficiência energética dos edifícios.

O quarto capítulo pretende caracterizar a reabilitação sustentável, associando esta a uma construção tradicional e sugerindo materiais, técnicas/processos construtivos e a sua compatibilidade com a paisagem e Património. Indicam-se boas práticas de melhoria do desempenho energético na construção.

O quinto capítulo diz respeito ao caso de estudo e está dividido em duas partes. A primeira parte trata do diagnóstico prospectivo onde se define o local, o clima e as patologias presentes na habitação em estudo. Desenvolveu-se uma simulação utilizando os programas informáticos *Energie Plus* e *Design Builder*. Na segunda parte deste capítulo, apresenta-se o diagnóstico projectivo, conjugando o estudo teórico realizado em capítulos anteriores com os resultados obtidos na análise do caso de estudo. Apresentam-se propostas de intervenção, recomendações e indicam-se conclusões sobre os aspectos a melhorar na habitação e a sua viabilidade económica.

O sexto capítulo apresenta as conclusões gerais da presente dissertação com propostas para futuro desenvolvimento.

O sétimo e último capítulo, diz respeito às referências bibliográficas, onde se inserem todos os documentos que serviram de base a este estudo.

CAPÍTULO II - Enquadramento histórico da reabilitação

II.1) Breves considerações sobre o Património

O Património traz consigo o sentido de herança.

Neste sentido, define-se Património como o conjunto de todos os bens que variam desde a língua até às edificações. Conjunto de bens que têm valor próprio e que devem ser conservados e preservados pelo interesse que têm no conhecimento de gerações passadas e a identidade da cultura de um povo ou região. Assim, considera-se Património toda a herança deixada pelos nossos antepassados que ainda fazem parte do nosso dia-a-dia. Logo, faz todo o sentido falar-se na protecção do Património cultural do qual fazem parte bens imóveis como igrejas, castelos, locais de valor (com história, arqueologia, paleontologia e a ciência no geral) e até simples habitações.

D. João V estabeleceu um marco ao atribuir à "Academia Real da História Portuguesa Eclesiástica e Secular" a providência para se conservarem os monumentos antigos que podem garantir a verdade histórica.

Levantam-se algumas questões cujas respostas se revestem de alguma complexidade. Como preservar e conservar o Património? Quem é responsável por garantir a sua preservação e conservação? A quem pertence o Património nacional?

As respostas a estas questões serão abordadas na presente dissertação.

Como já foi referido anteriormente, o Património existente serve como a passagem de testemunho de uma cultura e tradição para as gerações vindouras. Neste contexto, é importante que se tenha a clara noção de tradição e a importância e influência que esta tem na cultura de um povo ou região. Contudo, apesar de o Património ser visto como um conjunto de elementos intemporais, com o avanço tecnológico a que assistimos verifica-se a possibilidade de inovar na apreciação estética e cultural, muito por influência da mutação civilizacional que se vive no mundo. Contudo, ainda que se queira inovar no Património que nos foi deixado, é complexo fazê-lo devido aos condicionalismos do passado, tanto a nível estético, como no que se refere aos materiais e processos construtivos utilizados.

Em última análise, é necessário referir a preservação e conservação de todos os valores Patrimoniais edificados tanto pela componente material como a componente simbólica.

II.2) Sínteses de investigação histórica

II.2.1) Autores

Apresenta-se breve resumo histórico sobre os conceitos de reabilitação.

II.2.1.1) Viollet Le Duc (1814 - 1879)

Viollet Le Duc, membro de uma família burguesa que cultivava as artes e a cultura, nasceu em França em 1814, numa época em que o restauro patrimonial se afirmava como ciência, nomeadamente, devido aos eventos sociais, políticos e económicos que surgiram pela Europa na época do Iluminismo, Revolução Industrial e Revolução Francesa [1] [2].

Sendo precursor do conceito moderno de restauro patrimonial (reparar imóveis que fazem parte do Património de uma aldeia, cidade, país), dada a necessidade de protecção dos edifícios e ambientes históricos da época, tentou impor as suas ideias e metodologias de trabalho em vários monumentos históricos.

Era uma personagem que se identificava com a racionalidade, coesão e lógica de ideias de restauro (necessidade de regenerar o património edificado que está degradado), contudo, a sua abordagem excessivamente dogmática, acabou por condenar o seu trabalho, sendo reconhecido o seu mérito postumamente.

De toda a sua obra escrita, o "*Dictionnaire Raisonné de l'Architecture Française de XIe au XVIe Siècle*", foi a que teve maior reconhecimento interno e externo, com a definição do conceito restauro, cujo ainda se mantém actualmente. Contribuiu portanto, para o desenvolvimento do restauro contemporâneo, devida à importância dos levantamentos detalhados dos edifícios e actuação calcada em circunstâncias particulares a cada projecto.

II.2.1.2) Camillo Boito (1836 - 1914)

Camillo Boito nasceu em 1836 e foi um arquitecto, crítico de arte e escritor italiano, inserido numa situação sociocultural que pretendia a unificação dos reinos da península itálica e reconhecia a arquitectura medieval como fazendo parte da identidade nacional. Contribuiu de forma directa para a formulação dos princípios modernos de restauro, desenvolvendo alguns dos conceitos já estudados por *Viollet Le Duc* e reformulando algumas das suas teorias.

Defendia a conservação do original, a distinção das intervenções (a mínima intervenção) e a harmonia entre a construção passada e a presente [2], [3].

Apologista da intervenção mínima, ou seja, restaurar apenas o necessário, mantendo a peça o mais original possível, fortaleceu os seus princípios com a distinção entre os conceitos de restauro e conservação (preservar ou manter edifícios e monumentos o mais originais possíveis).

Afirmou que a conservação periódica seria instrumento eficaz de preservação e que o restauro apenas deveria ser realizada quando necessária. Da mesma forma que as intervenções em obra deveriam demonstrar ser contemporâneas, diferenciando-se dos materiais originais.

Assim, avançou uma lista de sete princípios fundamentais sobre o restauro:

- A ordem de intervenção nos monumentos antigos, deveria ser: consolidar, reparar e restaurar, respectivamente;

- Evitar acréscimos e renovações, mas, se necessários, com carácter distinto do original;
- Os complementos de peças deterioradas deveriam ser em material distinto do original;
- Evitar a perda de elementos característicos, sendo as obras de consolidação apenas as estritas e necessárias;
- Respeitar as várias fases do monumento;
- Registrar as obras fotograficamente antes, durante e após a intervenção, para se verificar a evolução;
- Evidenciar através de uma lápide a data das obras de restauro realizadas.

II.2.1.3) Luca Beltrami (1854 - 1933)

Luca Beltrami nasceu na cidade de Milão, no ano de 1854 e foi um arquitecto que acompanhou e completou algumas das teorias de *Camillo Boito*. É considerado por muitos o fundamentalista do restauro histórico contemporâneo, reivindicando o papel positivo do restauro [2].

Defendeu que a intervenção de restauro poderia ser realizada de forma ampla e inovadora, mas sustentada por uma extensa e detalhada pesquisa de dados históricos.

Beltrami defendia que os valores figurativos deviam prevalecer, ou seja, seria importante restabelecer, mas sem "inventar" algo novo. Logo, segundo esta teoria, no caso de a "imagem" se perder, seria impossível restituí-la, ou seja, seria impossível fazer um restauro histórico.

II.2.1.4) Gustavo Giovanni (1873 - 1947)

Gustavo Giovanni foi um dos continuadores e impulsionador das teorias de *Camillo Boito*, nomeadamente, no que diz respeito ao restauro científico [2].

Para *Giovanni*, a resolução dos problemas não incidia apenas na questão estética, mas sim em questões mais complexas e profundas. Assim, evidenciou a necessidade de fazer um estudo histórico das intervenções a que um monumento tenha sido sujeito. Conhecendo a sua história, permitia-lhe estabelecer um equilíbrio entre a verdade histórica e os problemas de natureza estética.

As teorias de *Gustavo Giovanni*, tiveram em 1932 o devido reconhecimento através da publicação da carta "*Del Restauro*", emitida pelo Conselho Superior da Antiguidade e Belas Artes de Itália.

Desta forma, foi possível uniformizar as diversas tendências italianas, permitindo um guia destinado aos arquitectos. Estas teorias atingiram o auge entre as duas Grandes Guerras mundiais, perdendo fulgor após a segunda.

II.2.1.5) Cesare Brandi (1906 - 1988)

Cesare Brandi, nasceu no ano de 1906 e foi quem talvez melhor tenha definido o conjunto de teorias até ai formuladas e as suas diferentes tendências, após a Segunda Guerra Mundial, através da Teoria do Restauro [2].

Para *Brandi*, o restauro não é mais do que a conjugação da consagração física e a sua dupla polaridade (estética e histórica) com vista para o futuro. A partir desta visão, naturalmente surgiu o restauro na sua plena execução prática - "Dialética de Restauro".

Assim, rapidamente a teoria de *Brandi* ultrapassou as fronteiras italianas, sendo aplicada em grande escala geográfica, originando em 1972 a "Carta de Restauro", que ainda hoje em dia é perfeitamente válida e considerada um guia do restauro[4].

II.2.2) Documentos

II.2.2.1) Carta de Atenas (1931 e 1933)

Em 1931, a preocupação com a arquitectura e com o grande crescimento urbano, levou à elaboração de um conjunto de recomendações que funcionam em parceria, ao qual se deu o nome de "Carta de Atenas" [5].

Nessa época, existiam dois tipos de abordagens: os arquitectos defendiam a ideia da conservação do Património arquitectónico e urbano, enquanto outros defendiam propostas de inovação do chamado "Movimento Moderno".

O Movimento Moderno desencadeou, nomeadamente, entre as duas Grandes Guerras um enorme interesse nos arquitectos na busca da inovação e tecnologia, confrontando as necessidades da época.

Desta forma, o principal objectivo da Carta de Atenas é transmitir as principais preocupações da época: aspectos legais, técnico-construtivos e os princípios da acção de conservação. Assim, o documento visava apoiar e fortalecer as organizações nacionais e internacionais, de modo operativo e consultivo, que se preocupavam com a conservação e preservação do Património arquitectónico e urbanístico. Formalizaram-se aspectos legais aplicados aos diversos países, de forma a assegurar o direito colectivo sobre o individual.

No ano de 1933 é publicada uma reformulação ou aditamento à Carta de Atenas, resumindo-se a visão do "Urbanismo Racionalista", onde foram debatidos inúmeros aspectos, entre os quais: planeamento regional, planeamento urbano, separação de usos em áreas distintas, sobreposição do interesse colectivo ao individual, padronização das construções, verticalidade das construções inseridas em zonas verdes e industrialização dos componentes.

Logo, entre a Carta de Atenas e a sua reformulação, publicadas num intervalo de dois anos (1931 e 1933), verificou-se como principal diferença, que a primeira foi elaborada por profissionais do restauro com o objectivo de fornecer linhas de orientação, enquanto a segunda, tem por objectivo delinear novos rumos para a cidade moderna.

II.2.2.2) Carta de Veneza (1964)

Em 1964, surgiu um novo documento sobre a conservação e o restauro de monumentos e sítios, com o nome de "Carta de Veneza".

Considera que as obras do passado constituem o testemunho vivo das tradições seculares, sendo imperativo transmitir toda a riqueza da sua autenticidade às gerações futuras. É fulcral que os princípios da conservação e restauro de monumentos e sítios, sejam elaborados em comum e formulados num plano internacional, sendo que cada país aplica estes princípios consoante as suas necessidades e culturas [6].

Assim, a Carta de Veneza contribuiu para um grande desenvolvimento internacional, que rapidamente se traduziu em documentos nacionais, no que diz respeito à conservação e restauro de bens culturais.

Consequentemente, a Carta de Veneza tem o intuito de aprofundar e alargar o alcance das cartas anteriores.

II.2.2.3) Conselho Internacional de Monumentos e Sítios - ICOMOS (1965)

O Conselho Internacional de Monumentos e Sítios (*ICOMOS*), cuja a sigla provém da lingua inglesa " *International Council of Monuments and Sites*", surgiu no ano de 1965 com o objectivo de propor os bens que recebem o título de Património cultural da humanidade. Ou seja, surgiu no seguimento da Carta de Veneza, sendo uma associação não governamental com sede em Paris e que é responsável pela conservação e protecção dos sítios de património cultural. Todo o seu trabalho e desenvolvimento é baseado na Carta de Veneza de 1964, sendo uma associação constituída por especialistas de diversas áreas e que através do seu trabalho pretendem contribuir para a melhoria das preservação do Património, das normas e das técnicas para cada tipo de bem do património cultural que variam desde edifícios a sítios arqueológicos [1].

II.2.2.4) Declaração de Amesterdão - Património Arquitectónico Europeu (1975)

Em 1975, na cidade de Amesterdão, o Conselho Europeu, proclamou o ano de 1975 como o "Ano Europeu do Património Arquitectónico", no sentido de sensibilizar os países para a valorização dos aspectos sociais, culturais e económicos, desde monumentos, ao meio rural, ou seja, aspectos herdados do passado [7].

Verificou-se então, a importância em coordenar todos os esforços a nível europeu, em criar uma visão comum do problema e uma linguagem comum no enunciado dos princípios gerais.

Desta forma, o Conselho Europeu comprometeu-se em analisar e aprofundar a aplicação dos princípios já descritos, nas diferentes situações nacionais, melhorando as legislações e regulamentações em vigor.

CAPÍTULO III - Abordagem à evolução histórica do conceito de desenvolvimento sustentável

III.1) Relatório de *Brundtland* - "Nosso futuro comum"

Em meados de 1980, a primeira-ministra da Noruega, foi protagonista da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, levando a *ONU* a retomar o debate sobre as questões ambientais. A Comissão foi criada em 1983 [8].

No ano de 1987, surgiu um documento que propunha o desenvolvimento sustentável e que traçava objectivos e apontava o caminho que era necessário seguir.

Tratava-se do "Relatório de *Brundtland*" (nome da primeira-ministra da Noruega) ou "Nosso futuro comum". Este documento tinha como principal objectivo fazer face às questões do presente, sem comprometer as gerações futuras na utilização dos recursos.

O Relatório de *Brundtland* foi publicado após três anos de audiências com líderes dos principais governos e com os cidadãos de uma forma generalizada, tendo como tema central as questões como o desenvolvimento sustentável, pescas, agricultura e energia, entre outras.

Na discussão do documento surgiram novos conceitos como: aquecimento global e destruição da camada de ozono. Constatou-se que existia uma incompatibilidade entre a produção e o excesso de consumo dos recursos naturais, colocando em risco o desenvolvimento sustentável. Seria necessário travar esta tendência e estabelecer limites e alternativas ao ser Humano na utilização e exploração do meio ambiente, não implicando a redução do crescimento económico.

Foram identificadas acções a desenvolver pelos Estados e supervisionadas pelas diversas instituições multilaterais. Era fundamental apresentar soluções no âmbito do consumo de energia, utilização racional dos recursos naturais, avanço da tecnologia para utilização de fontes energéticas renováveis e o desenvolvimento da indústria em países não-industrializados com base em princípios ecológicos e de preservação e conservação do ambiente.

Algumas das medidas publicadas no documento incidiam sobre:

- limitar o crescimento populacional;
- garantir recursos essenciais a longo-prazo;
- preservar os ecossistemas;
- preservar a biodiversidade;
- diminuir o consumo de energia;
- racionalizar a utilização de recursos não renováveis;
- adoptar princípios ecológicos no desenvolvimento da indústria em países não-industrializados;
- maior interacção entre espaços urbano e rural;

- garantir as necessidades básicas como a escolaridade ou cuidados de saúde.

Com o Relatório de *Brundtland*, surgiram igualmente propostas de aplicação internacional:

- adoptar estratégias de desenvolvimento sustentável;
- proteger a biodiversidade e os ecossistemas de interesse mundial, como os Oceanos, por exemplo;
- Condenar potenciais conflitos e impedir guerras;
- Implementar por parte da *ONU*, um programa de desenvolvimento sustentável.

O conceito de desenvolvimento sustentável surge assim com a necessidade de fazer face aos problemas do mundo moderno, criando um equilíbrio entre o desenvolvimento económico e a preservação e conservação ambiental, tentando ao mesmo tempo limitar a concentração da riqueza e extinguir a pobreza. Ou seja, através de algumas das seguintes ideias, renovar o planeta e equilibrar toda a sua essência:

- utilizar novos materiais de construção (menos prejudiciais ao ambiente);
- reestruturar a distribuição das zonas urbanas e das zonas industriais;
- avançar tecnologicamente para o aproveitamento e consumo de energias alternativas e de preferência, renováveis;
- incentivar a reciclagem;
- reduzir a utilização de produtos químicos prejudiciais à saúde e ao ambiente.

III.2) Agenda 21 - Rio 92

Em 1992, no Rio de Janeiro, 179 países assumiram um compromisso com o desenvolvimento sustentável no planeta [9].

Deste compromisso, surgiu a "Agenda 21", sendo até à data o maior compromisso já alguma vez estabelecido entre um número tão elevado de países, contando com mais de 2500 recomendações práticas, com o principal objectivo de preparar o mundo para o futuro, ou seja, um mundo sem condicionalismos para as gerações futuras.

A Agenda 21 divide-se em quarenta capítulos, sendo até então a mais extensa e abrangente (escala planetária) tentativa já realizada, na promoção de um novo padrão de desenvolvimento, onde mais uma vez surge a preocupação de conciliar a eficiência económica e a protecção ambiental, não esquecendo os factores que estabelecem a riqueza e a pobreza sociais.

A Agenda 21 é um documento que mais uma vez visa tratar das questões ambientais, focando-se no levantamento das prioridades do desenvolvimento de uma sociedade sustentável, com base num plano de acção, ou seja, um plano de intervenção eficaz.

As medidas resultantes deste documento visam integrar a sustentabilidade nos aspectos sociais, económicos, ambientais e culturais, a longo-prazo.

Pode-se afirmar que o desenvolvimento sustentável é o principal objectivo da Agenda 21, onde há um compromisso de melhoria da qualidade de vida desde o presente até ao futuro, com um planeamento justo de iniciativas económicas, ambientais e sociais, numa utilização racional dos recursos não renováveis e promoção e maior utilização das fontes de energia renováveis (eólica, solar e hídrica).

Para atingir este objectivo, os países que assinaram o acordo devem implementar as Agendas 21 Locais.

III.3) Protocolo de Quioto

O protocolo de Quioto foi realizado na cidade japonesa de Quioto e elaborada pela *United Nation Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)*. Este protocolo, foi estabelecido com o intuito de reduzir em 5% a produção de gases com efeito estufa (*GEE*).

Foi executado pela primeira vez a Dezembro de 1997, onde ficou estipulado que seria necessário recolher pelo menos assinaturas de 55 países, em que estes foram responsáveis pela adopção de medidas que reduziram a percentagem de emissão dos *GEE*, responsáveis pelo aquecimento global.

As assinaturas foram iniciadas no ano seguinte, sendo a Comunidade Europeia (*CE*) a primeira a assinar em Abril de 1998.

Os países que assinaram este acordo tiveram de apresentar relatórios anuais das emissões de gases. Os Estados Unidos da América rejeitaram assinar o mesmo, justificando que seria bastante dispendioso e que países em desenvolvimento, como a China, teriam apenas de apresentar os relatórios anuais e não a tomada de medidas que reduzissem a produção de *GEE*.

A Novembro de 2004 a Rússia entregou a sua ratificação e o acordo entrou em vigor em Fevereiro de 2005, com um prazo previsto para o período de 2008 a 2012 [10].

III.4) Caracterização da arquitectura tradicional no Baixo Alentejo

Para que se compreenda o tipo de reabilitação que será desenvolvido nesta dissertação, é necessário introduzir breves considerações sobre a arquitectura tradicional do Baixo Alentejo.

A geometria da casa tipicamente alentejana apresenta influências de vários povos que ao longo da história passaram pela região (maior influência romana e muçulmana), revelando-se bastante simples. Por norma, é uma habitação de apenas um piso com paredes rebocadas e caiadas (a branco) e que por vezes apresentam barras coloridas no rodapé da fachada principal

(azuis ou amarelas). A casa do Baixo Alentejo, normalmente apresenta, para além da abertura na fachada principal, uma abertura nas traseiras, verificando-se a ausência de aberturas nas fachadas laterais. A porta da fachada principal, faz-se acompanhar de um "poial" que sugere o descanso ao "fresquinho" dos dias mais quentes que se fazem sentir no Verão. A complexidade da casa do Sul, assim designada por Orlando Ribeiro, apresenta a sua "complexidade nos dispositivos que asseguram a função exclusiva de habitação". Trata-se de uma casa com paredes de taipa com contra-fortes salientes de pedra e caiadas por dentro (a branco). Quanto ao pavimento é em terra batida sobre a qual assentam ladrilhos cerâmicos. Já o tecto é ripado, de madeira, com esteiras de cana ou em pranchas que revestem uma cobertura que normalmente é de quatro águas. Como marca própria, a casa do Alentejo apresenta uma lareira para aquecimento na estação fria [11].

Dadas as várias influências da orla mediterrânica, o Alentejo e, principalmente, o Baixo Alentejo apresenta este género de casa, diferindo em pequenos pormenores como a cor ou o material com que as paredes são revestidas. Assim, este tipo de casa é visto como característico de uma região ou sub-região, uma vez que apesar de o seu aspecto exterior parecer "igual" em todas estas habitações, a verdade é que estas são todas iguais e ao mesmo tempo todas diferentes apresentando uma "homogeneidade relativa" [11].

A simplicidade de que já se falou no início deste sub-tópico no que diz respeito à geometria da casa do Baixo Alentejo estendeu-se também à aparente simplificação do processo construtivo que levou ao seu uso sistemático, tornando o parque habitacional tradicional da sub-região no que é conhecido hoje em dia: a identidade de um povo e sub-região e uma tradição que deve ser preservada [12].

A casa tradicional tem vindo a sofrer alterações arquitectónicas profundas, resultantes de novas exigências, nomeadamente de maior conforto no interior da casa.

A questão que se coloca é se se pode manter “viva” a casa tradicional do Baixo Alentejo?.

Os capítulos seguintes abordam a questão enunciada.

Para concluir a caracterização da arquitectura tradicional no Baixo Alentejo, descrevem-se sumariamente os materiais que compõe este tipo de habitação:

Materiais

No que se refere aos materiais, interessa referir os seguintes:

- **Alvenarias:** estas são em taipa ou em adobe, sendo que a primeira é mais comum. Normalmente, para preencher os alicerces é utilizado xisto, tanto na taipa como no adobe. A taipa em conjunto com o xisto são utilizados na execução de paredes exteriores, apresentando bons resultados no que diz

respeito à qualidade térmica, permitindo que as habitações se mantenham frescas durante o Verão.

- **Cal:** este material é a imagem de marca deste tipo de construção, fabricada com argamassas de cal desempenha a função de consolidação (reboco e pintura) e quando aplicada sobre taipa com xisto apresenta boa capacidade de isolamento térmico;
- **Materiais cerâmicos:** este tipo de material é muito característico na casa do Baixo Alentejo. São utilizados desde ladrilhos no pavimento até às telhas das coberturas. Trata-se de um tipo de material bastante leve e moldável, que permite também ser utilizado em trabalhos de acabamento decorativo;
- **Madeira:** poderia pensar-se que este material é utilizado em grande parte da construção, mas tal não se verifica. A madeira em abundância no Baixo Alentejo é proveniente de sobreiros e azinheiras importada de outras regiões; assim devido à sua escassez é utilizada essencialmente como sustento da cobertura.

III.5) Análise da sub-região

III.5.1) Baixo Alentejo



Figura 1- Distrito de Beja [13]

Apresenta-se sucintamente a caracterização da sub-região (Baixo Alentejo) sobre a qual incide o tema da presente dissertação.

Localização geográfica

O Baixo Alentejo é limitado a Sul pelo distrito de Faro, a Leste por Espanha e a Norte pelo distrito de Évora, que pertence a outra sub-região do Alentejo.

Clima

Mediterrânico com uma temperatura média anual que varia entre os 15°C e os 17,5°C, verificando-se temperaturas mais elevadas na margem esquerda do Rio Guadiana. As amplitudes térmicas do Baixo Alentejo na região Leste oscilam entre os 13°C e os 15°C. Temperaturas máximas superiores a 25°C ocorrem em mais de um terço do ano.

Principais recursos

As principais actividades económicas do Baixo Alentejo são as seguintes: exploração mineira (principalmente de pirites), exploração de espécies cinegéticas, silvicultura, agropecuária, pastorícia. No que diz respeito à paisagem, a região do Alentejo apresenta globalmente um valor paisagístico de interesse, com uma grande diversidade de ecossistemas. O rio Guadiana assume relevância como um dos recursos mais importantes do Baixo Alentejo. Para além do interesse paisagístico, o Baixo Alentejo é detentor de um Património cultural diversificado, com sítios arqueológicos, castelos, igrejas, minas, museus, pequenas vilas e aldeias tradicionais, que a diversidade de influências culturais a que toda esta sub-região esteve sujeita.

Território e demografia

Efectuou-se a análise da região do Alentejo e da sub-região do Baixo Alentejo, cujos resultados se apresentam da Tabela 1 (dados relativos à década de 2000 a 2010) [13].

Tabela 1 - Território e população, dados do INE, Anuário Estatístico Região Alentejo, 2010

	Portugal	Alentejo	Baixo Alentejo
Área (km²)	92089,70	31551,80	8544,60
Área média das freguesias (km²)	21,70	Sem informação	102,90
Densidade populacional (hab/km²)	114,70	14,77	14,77
População residente (hab)	10 566 140,00	757 190,00	126 192,00

Economia

No que se refere ao crescimento económico do Baixo Alentejo, o sector dos serviços é o mais relevante, seguindo-se a indústria e a agricultura e pescas.

Apresentam-se na Tabela 2 os indicadores destes três sectores económicos (dados relativos à década de 2000 a 2010).

Tabela 2 - Crescimento económico, dados do INE, Anuário Estatístico Região Alentejo, 2010

	Portugal	Alentejo	Baixo Alentejo
Agricultura e pescas (%)	2,35	9,44	12,97
Indústria (%)	24,64	28,18	24,32
Serviços (%)	73,00	62,38	62,71

III.5.2) Concelho de Mértola



Figura 2 - Concelho de Mértola [14]

Localização geográfica

O concelho de Mértola localiza-se no extremo Sul da sub-região do Baixo Alentejo, o qual faz fronteira a Norte com os concelhos de Beja e Serpa, a Sul com o concelho de Alcoutim, a Este com Espanha e a Oeste com os concelhos de Castro Verde e Almodôvar, sendo classificado como "concelho rural de 2ª classe". É constituído por 9 freguesias: Alcaria Ruiva, Mértola, Corte do Pinto, Santana de Cambas, Espirito Santo, S. Miguel do Pinheiro, S. Sebastião dos Carros, S. Pedro de Solis e, pela freguesia de S. João dos Caldeireiros (freguesia onde se situa o caso particular de estudo com uma área de 103.44 km² [14].

A vila de Mértola é atravessada pelo Rio Guadiana.

Território e demografia

O concelho de Mértola tem uma área de 1292.70 km² e uma densidade populacional de 6.10 hab/ km². Segundo fonte do "INE, Anuário Estatístico Região Alentejo, 2011", a população do concelho de Mértola era composta por 8511 habitantes. Já nos dados do INE em 2001 a população activa era de 3125 indivíduos (representavam 36% da população) com 2741 indivíduos efectivamente empregados e o número de desempregados ascendia aos 384 indivíduos que representavam uma taxa de desemprego de aproximadamente 12.2% [14].

Economia

A estrutura produtiva do concelho de Mértola, é marcada pelo sector terciário (serviços e comércio).

Das empresas existentes no concelho verifica-se que 30% se dedicam ao comércio, 27% à agricultura, pesca, silvicultura, produção animal e caça, 15% à construção, 12% ao alojamento e restauração e 7% à indústria transformadora.

O turismo assume especial relevância na vila de Mértola, prevendo-se o incremento deste sector, pois o concelho possui significativos valores patrimoniais, bons recursos naturais, boa qualidade ambiental e elevado número de museus e edifícios históricos.

Caracterização do sector da construção

Para se aferir qual o estado deste sector e qual o potencial ramo de negócio que a reabilitação do Património tradicional construído pode constituir, efectuou-se uma pesquisa referente a licenciamento de obras, entre os anos de 1996 e 2012, junto da Câmara Municipal de Mértola.

De acordo com os dados fornecidos pela Câmara Municipal de Mértola as obras efectuadas no concelho desde 13/05/1996 até 11/12/2012 dividem-se entre "construções novas" e "reabilitação" (sendo que se considera ampliar, alterar e reconstruir o mesmo que reabilitar), tal como indicado na Tabela 3.

No concelho de Mértola a reabilitação representa cerca de 50% e a construção nova cerca de 50 %, concluindo-se portanto que a percentagem de obras de reabilitação neste concelho é muito superior à média nacional.

Contudo, interessa mencionar que as obras de reabilitação são realizadas sem preocupações de sustentabilidade e de melhoria da eficiência energética dos edifícios intervencionados, embora muitas dessas obras recuperem a casa tradicional do Baixo Alentejo.

Tabela 3 - Dados de construção do concelho de Mértola, Câmara Municipal de Mértola, 2013

Dados da Câmara Municipal de Mértola			
De 13/05/1996 a 11/12/2012			
Amostra	470	Construção Nova (CN)	237
		Ampliação (AMP)	69
		Alteração (ALT)	89
		Reconstrução (REC)	73
		Reabilitação (REAB)	1
		Demolição (DEM)	1

Considerado Reabilitação	232
---------------------------------	------------

III.6) Análise da edificação existente no Baixo Alentejo

No Baixo Alentejo, a casa tradicional, unifamiliar, quase uniforme, foi substituída em muitos locais por construções incharacterísticas, que durante décadas foram consideradas como casas modernas.

Actualmente, constata-se a valorização do tradicional, fruto em parte do desenvolvimento do sector do turismo, o que indicia um potencial incremento do sector da reabilitação de casas tradicionais.

Verifica-se que quer a construção de novas casas com a traça tradicional, quer a reabilitação das existentes incorpora novas técnicas, novos materiais e novas geometrias. A casa tradicional com paredes de taipa, tectos de caniço ou ripas, telhas cerâmicas simples e com uma geometria bastante simplificada de apenas rés-do-chão, deixou de ser opção pelos novos moradores da região ou por aqueles que se deixaram influenciar por outro tipo de arquitectura não tradicional.

No decurso da elaboração da presente dissertação, procurou-se junto de algumas entidades responsáveis a obtenção de dados estatísticos no que diz respeito à edificação existente no Baixo Alentejo, contudo, essa informação não foi disponibilizada. Muito se deve à falta de conhecimento de algumas das habitações existentes na região, tal como foi verificada na Câmara Municipal de Mértola, em que no decorrer das avaliações para o Imposto Municipal sobre Imóveis (IMI), os avaliadores se debateram com graves problemas de reconhecimento de algumas habitações por falta de informação sobre as mesmas.

Desta forma, a situação actual apenas pode ser descrita pelo que está "à vista". E, o que está à vista, são habitações tradicionais em montes ou aldeias e habitações modernas de dois ou mais pisos nos aglomerados urbanos.

Nas zonas isoladas rurais, onde a população é mais envelhecida ainda se observam algumas habitações (muitas delas com mais de 50 anos) em que a construção tradicional marca presença. Nessas zonas, a população conserva as vivências do Baixo Alentejo, mantendo as habitações, os campos cultivados, a criação de gado e tantos outros costumes que são símbolos desta zona.

Constata-se ainda a existência de construção de habitações arquitectonicamente semelhantes às tradicionais no exterior, mas com o conforto e a habitabilidade que apenas a moderna tecnologia pode oferecer. Algumas dessas habitações mantêm as paredes de taipa e as janelas de madeira, bem como a cobertura em telha cerâmica simples. No entanto, no seu interior são complementadas com materiais e técnicas construtivas modernas, o que vai de encontro à manutenção do Património paisagístico e simultaneamente à melhoria da qualidade e ao incremento da eficiência energética da casa “tradicional”.

III.7) A construção e a reabilitação sustentáveis

III.7.1) Desenvolvimento Sustentável

A primeira definição de desenvolvimento sustentável, surgiu no Relatório de *Brundtland* [8], onde *Gro Harlem Brundtland* disse:

"Desenvolvimento sustentável é aquele que satisfaz as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações vindouras satisfazerem as suas próprias necessidades", Relatório da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, Rio de Janeiro, 1998.

Considera-se o desenvolvimento sustentável, um processo dinâmico onde a exploração de recursos, os investimentos, o avanço tecnológico e as mudanças institucionais são compatibilizadas em relação à necessidade do povo actual e futuro. Uma vez que se trata de um processo em movimento, é natural, ao recuar no tempo, encontrar diferentes parâmetros para este conceito. Na Conferência das Nações Unidas em Joanesburgo (2002), sobre o Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, verifica-se uma adaptação do conceito em relação à direcção que o mundo tomava no que diz respeito às necessidades actuais e futuras.

Desta forma, o desenvolvimento sustentável pretende abranger o máximo de disciplinas possível, tendo por base as dimensões social, económica e ambiental.



Figura 3 - Sustentabilidade multidisciplinar, adaptado de Senageldin e Steer, 1994

Assim, é possível afirmar que o desenvolvimento sustentável incide muito sobre a preservação e conservação do ambiente. Este e os outros parâmetros ou factores, são cada vez mais solicitados devido ao aumento da população que cada vez mais exige um aumento das necessidades de recursos naturais, habitação e infra-estruturas. Este aumento de necessidades, gera mais impactos ambientais e, conseqüentemente, a degradação do meio ambiente.

O sector dos edifícios contribui significativamente para o elevado consumo energético.

Interessa mencionar que o parque edificado é responsável em média em cada país por [15]:

- 40% de energia consumida
- 30% de recursos naturais utilizados
- 20% de água gasta
- 10% de solo utilizado (30% de resíduos sólidos e 20% de efluente)
- 40% de emissões de Dióxido Carbono

De todos os dados apresentados anteriormente como justificação para a introdução de um desenvolvimento sustentável, facilmente se percebe que há necessidade de alterar profundamente o modo como se concebem e constroem os edifícios. Esta necessidade está bem presente nas Directivas emanadas pela CE sobre esta matéria (Directiva 31/EU/2010). Conseqüentemente, é fundamental adoptar um novo tipo de construção: a "construção sustentável".

III.7.2) Construção sustentável

III.7.2.1) Conceito

"Abordagem integrada de criação e gestão responsável de um ambiente construído saudável, baseado na eficiência de recursos e princípios ecológicos." [16].

A construção sustentável é um conceito que abrange diversas áreas, englobando os aspectos ambientais, económicos, sociais e culturais. Trata-se de um "universo" multidisciplinar

que obriga à organização e coordenação num trabalho conjunto de experiências em arquitectura, *design*, engenharia do ambiente e engenharia civil, entre outras.

Surge pela primeira vez, em Novembro de 1994, na 1ª Conferência Mundial sobre construção sustentável, em Tampa, na Flórida, nos Estados Unidos da América. Trata-se de um conceito bastante abrangente, como já foi enunciado, que introduz em plenitude o conceito de desenvolvimento sustentável às actividades da construção. Baseia-se em princípios ecológicos e no uso racional dos recursos, com o intuito de minimizar o seu consumo, maximizar a sua reutilização e incentivar a utilização de recursos renováveis e recicláveis [16].

É portanto necessário racionalizar a utilização de energia, melhorar processos construtivos, introduzir materiais de construção mais ecológicos nas componentes dos edifícios e otimizar tecnologias de construção.

Enquanto a construção sem preocupações de sustentabilidade se foca em tempo, custos e qualidade, a construção sustentável acrescenta aos factores anteriores a preocupação pelo ambiente, no que diz respeito à diminuição do consumo de recursos, nomeadamente água, energia, solo e materiais, evitando a degradação do ambiente tal como o conhecemos, inovando para conseguir um ambiente construído saudável e preocupando-se com a qualidade de vida Humana (saúde e conforto) [17].

A figura seguinte evidência a evolução da preocupação no sector da construção:

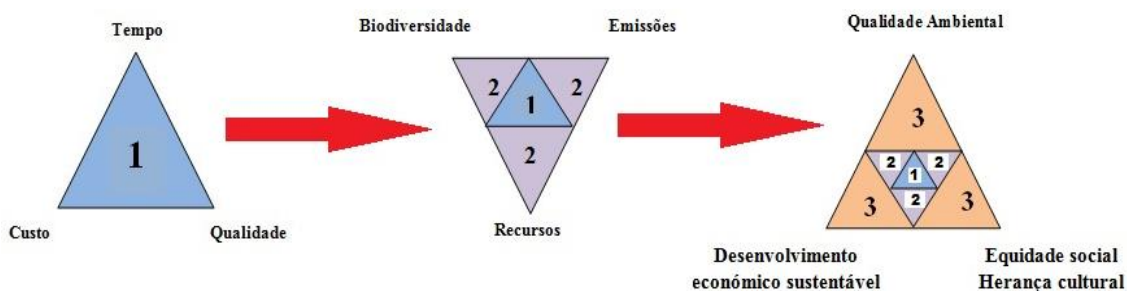


Figura 4 - Evolução do sector da construção, adaptado de Senageldin e Steer, 1994

No seguimento da evolução da preocupação no sector da construção, verifica-se igualmente uma evolução do conceito de construção sustentável, como já foi referido. Então, sentiu-se a necessidade de fazer evoluir os conceitos debatidos em 1992 na cimeira da "Agenda 21 - Rio 92", adaptando alguns dos valores e adicionando novos. Verificou-se que a construção tinha de abandonar a sua linearidade, adoptando processos de criação de ambientes cíclicos que englobem todo o ciclo de vida de um edifício. Considera-se o ciclo de vida de um edifício: concepção, construção, manutenção, e demolição ou reconstrução. Desta forma, é possível aumentar a reciclagem e a reutilização de materiais, sem colocar em causa os recursos naturais, diminuindo a sua exploração.

III.7.2.2) Ambiente e qualidade de vida

Hoje em dia, verifica-se um acréscimo significativo da população que vive em cidades, representando cerca de 50% da população mundial. Esta migração para os grandes centros urbanos, reflecte-se na qualidade de vida Humana, assim como, na preservação e conservação do ambiente, uma vez que todas as actividades do sector da construção afectam estes dois parâmetros.

Segundo a "*European Commission - Joint Research, 2003*", as pessoas passam cada vez mais tempo no interior de espaços construídos (trabalho, casa e tempos livres), reflectindo-se numa percentagem entre 85%-90% das suas vidas [18].

Desta forma, existe relação causa-efeito entre as condições de habitabilidade e a qualidade de vida dos seus habitantes, sendo cada vez mais uma prioridade promover a construção sustentável das habitações.

A construção inevitavelmente afecta o ambiente, não só devido à mesma, mas também pela sua utilização e desconstrução.

Assim, é necessário construir de forma sustentável, encarando a mesma como um ciclo de vida onde seja possível fazer uma gestão ambiental, económica e social, reduzindo de forma responsável, as emissões de Dióxido Carbono (CO_2) e outros gases nocivos, controlando consumos e tratando os resíduos resultantes de qualquer tipo de intervenção na área da construção.

No que diz respeito ao ciclo de vida de uma construção, evoca-se obviamente o ciclo de vida dos materiais utilizados que se divide em várias fases que vão desde a extracção das matérias-primas até à deposição final dos resíduos. Logo, o ciclo de vida de um empreendimento permite analisar os impactos positivos e negativos durante o seu tempo de vida útil, determinando as soluções que são realmente importantes para o ambiente e para os sectores económico e social.

III.7.2.3) Impactos ambientais e sociais

Segundo dados estatísticos do *Eurostat*, os edifícios representam entre 25% a 40% do consumo de energia mundial e entre 30% a 40% das emissões de CO_2 para a atmosfera. Contudo, os edifícios não contribuem para percentagens elevadas apenas no consumo de energia, pois utilizam quantidades significativas de recursos naturais (comparação com outros sectores) [18]:

- materiais e minerais extraídos de jazidas (30%);
- água (20%);
- espaço (10%).

Em Portugal, no final do ano de 2006 [18], 29% da energia final e 62% da energia eléctrica foi consumida por edifícios.

No entanto, os maiores impactos ambientais em termos energéticos, verificam-se durante a fase de utilização dos edifícios que, geralmente, têm um tempo de vida útil superior a cinquenta anos.

Interessa portanto garantir que os edifícios sejam o mais eficientes possível do ponto de vista energético.

III.7.2.4) Breves considerações sobre "boas práticas"

A fase de construção (projecto e planeamento) é uma das fases onde a integração da sustentabilidade na construção pode surtir maiores efeitos, pois é nessa fase que são formuladas as especificações técnicas, de saúde e segurança.

Assim, deve-se tomar especial atenção a:

- selecção apropriada dos materiais utilizados na construção;
- ter em conta uma boa qualidade do ambiente interno, assegurando a saúde dos seus utilizadores;
- uso eficiente da energia;
- uso eficiente da água;
- gerir correctamente os resíduos provenientes da obra;
- boa integração paisagística;
- exigir capacidade técnica às entidades (executantes/fornecedores);
- assegurar a saúde e segurança de todos os trabalhadores;
- assegurar uma formação adequada de todos os trabalhadores.

Concluindo, as opções tomadas nesta fase, a níveis estratégico e de soluções construtivas, devem dotar as construções realizadas de medidas e infra-estruturas que permitam na fase de utilização [17]:

- redução dos consumos de água;
- redução dos consumos de energia;
- libertação de compostos orgânicos voláteis;
- aumento do conforto ambiental;
- menor manutenção do edifício;
- facilitar o desmantelamento do edifício.

CAPÍTULO IV - Melhoria da eficiência energética na construção e reabilitação sustentável

IV.1) Caracterização da situação actual em Portugal

Para adequado enquadramento do tema, efectuou-se pesquisa e análise dos dados estatísticos, no que diz respeito à reabilitação e consumos energéticos em território nacional.

Apresentam-se em seguida, os dados estatísticos pesquisados, começando-se por apresentar os principais indicadores, que dizem respeito ao consumo de energia eléctrica e em seguida os indicadores da reabilitação, incluindo as despesas efectuadas com obras dessa natureza.

Este conjunto de indicadores, retirados do *site* do Instituto Nacional de Estatística (INE, 2011) [19] [20], permite obter a caracterização da situação actual (a partir dos dados disponíveis) em Portugal.

IV.1.1) Área da reabilitação

Tabela 4 - Áreas de reabilitação urbana (Nº) por Localização geográfica; anual, dados do INE, Censos 2011

Localização geográfica		Áreas de reabilitação urbana (N.º) por Localização geográfica; Anual	
		Período de referência dos dados	
		2011	
		N.º	
Portugal	PT	83	
Continente	1	83	
Região Autónoma dos Açores	2	0	
Região Autónoma da Madeira	3	0	

Tabela 5- Despesa efectuada em obras de conservação e reabilitação de equipamentos e comércio de apoio ao parque habitacional social (€) por Localização geográfica; Anual, dados do INE, Censos 2011

Localização geográfica		Despesa efectuada em obras de conservação e reabilitação de equipamentos e comércio de apoio ao parque de habitação social (€) por Localização geográfica; Anual	
		Período de referência dos dados	
		2011	
		€	
Portugal	PT	1 169 571	
Continente	1	1 143 231	
Região Autónoma dos Açores	2	0	
Região Autónoma da Madeira	3	26340	

Tabela 6- Despesa efectuada em obras no parque habitacional social para conservação extraordinária (€) por Localização geográfica; Anual, dados do INE, Censos 2011

Localização geográfica		Despesa efectuada em obras no parque de habitação social para conservação extraordinária (€) por Localização geográfica; Anual	
		Período de referência dos dados	
		2011	
		€	
Portugal	PT	27570239	
Continente	1	27031603	
Região Autónoma dos Açores	2	156464	
Região Autónoma da Madeira	3	382172	

Tabela 7- Despesa efectuada em obras no parque de habitação social para conservação ordinária (€) por Localização geográfica; Anual, dados do INE, Censos 2011

Localização geográfica		Despesa efectuada em obras no parque de habitação social para conservação ordinária (€) por Localização geográfica; Anual	
		Período de referência dos dados	
		2011	
		€	
Portugal	PT	18478340	
Continente	1	16524114	
Região Autónoma dos Açores	2	908801	
Região Autónoma da Madeira	3	1045425	

Tabela 8 - Despesa orçamentada em obras de conservação e reabilitação de equipamentos e comércio de apoio ao parque de habitação social (€) por Localização geográfica; Anual, dados do INE, Censos 2011

Localização geográfica		Despesa orçamentada em obras de conservação e reabilitação de equipamentos e comércio de apoio ao parque de habitação social (€) por Localização geográfica; Anual	
		Período de referência dos dados	
		2011	
		€	
Portugal	PT	1645256	
Continente	1	1618916	
Região Autónoma dos Açores	2	0	
Região Autónoma da Madeira	3	26340	

Pode afirmar-se que a despesa efectuada na reabilitação é pouco expressiva, assim como o número de reabilitações efectuadas anualmente, verificando-se apenas 83 casos reabilitação urbana a nível nacional, segundo os Censos de 2011.

IV.1.2) Consumo de energia eléctrica

Tabela 9 - Consumo de energia eléctrica (*kWh*) por Localização geográfica e Tipo de consumo; Anual, dados do INE, Anual - Direcção-Geral de Energia e Geologia, Censos 2011

Localização geográfica		Consumo de energia eléctrica (<i>kWh</i>) por Localização geográfica e Tipo de consumo; Anual							
		Período de referência dos dados							
		2011							
		Tipo de consumo							
		Total	Doméstico	Não doméstico	Indústria	Agricultura	Iluminação das vias públicas	Iluminação interior de edifícios do Estado	Outros
<i>kWh</i>	<i>kWh</i>	<i>kWh</i>	<i>kWh</i>	<i>kWh</i>	<i>kWh</i>	<i>kWh</i>	<i>kWh</i>		
Portugal	PT	49136944115	13755180788	11956768788	17675099128	980854386	1674051161	2697614216	397375648
Continente	1	47506241204	13225607425	11346906435	17462210875	958261642	1555469458	2560409721	397375648
Região Autónoma dos Açores	2	773479467	266804561	256806112	120276337	16482119	34761551	78348787	
Região Autónoma da Madeira	3	857223444	262768802	353056241	92611916	6110625	83820152	58855708	

Tabela 10 - - Consumo de energia eléctrica por habitante (*kWh/ hab.*) por Local de residência; Anual (1), dados do INE, Anual - Direcção-Geral de Energia e Geologia, Censos 2011

Local de residência		Consumo de energia eléctrica por habitante (<i>kWh/ hab.</i>) por Local de residência; Anual (1)	
		Período de referência dos dados	
		2011	
		<i>kWh/ hab.</i>	
Portugal	PT	4652,2	
Continente	1	4728,1	
Região Autónoma dos Açores	2	3134,4	
Região Autónoma da Madeira	3	3201,2	

Tabela 11 - - Consumidores de electricidade (N.º) por Localização geográfica e Tipo de consumo; Anual (2), dados do INE, Anual - Direcção-Geral de Energia e Geologia, Censos 2011

Localização geográfica		Consumidores de electricidade (N.º) por Localização geográfica e Tipo de consumo; Anual (2)					
		Período de referência dos dados (1)					
		2011					
		Tipo de consumo					
		Total	Doméstico	Não doméstico	Indústria	Agricultura	Outros
N.º	N.º	N.º	N.º	N.º	N.º		
Portugal	PT	6422903	5435233	738036	97924	151689	21
Continente	1	6163754	5218251	701025	94929	149528	21
Região Autónoma dos Açores	2	121675	102264	17204	1390	817	
Região Autónoma da Madeira	3	137474	114718	19807	1605	1344	

Aqui a situação muda de cenário, pois, é bastante perceptível que os consumos de energia eléctrica são bastante elevados. Contudo, este parâmetro será abordado mais adiante.

IV.2) Estudo do consumo de energia em Portugal

Num estudo estatístico [21], fez-se a análise ao consumo de electricidade em Portugal entre os anos de 1997 e 2007, verificando-se um aumento do consumo em mais de 50%, passando de 31,6 *GWh* para 48 *GWh*, respectivamente, o que representa um aumento de 16,4 *GWh*, consumidos em 10 anos.

No ano de 2007 o consumo médio de energia eléctrica por cliente foi de 7,92 *kWh*, enquanto o consumo no mesmo ano foi de 4,53 *kWh* per capita. Já a maior parte do consumo eléctrico nesse mesmo ano, foi aplicado no sector transformador com uma percentagem de 38%, sendo de referir a indústria química e petrolífera com 7%, a indústria do papel com 5% e as indústrias da cerâmica, vidro e cimento também com 5%.

Já o consumo doméstico no ano de 2007 representou uma percentagem de 28% do consumo no continente, seguindo-se do consumo não doméstico com uma percentagem de 23%, destacando-se um conjunto de serviços variados (14%) e o comércio por grosso e retalho (9%). A iluminação da via pública representa 3% do consumo.

De 1997 a 2007, registou-se um aumento de 37%, no que diz respeito à produção bruta de electricidade, passando de 33,2 *GWh* para 45,5 *GWh*. Este aumento teve como principal contributo o incremento da geração térmica de 20 para 31 *GWh* e da geração eólica de valores residuais para 4 *GWh*.

Para além do aumento da produção e do consumo de energia eléctrica em Portugal, nessa década verificou-se também um aumento da dependência eléctrica importada passando de 5,3 *GWh* (1997) para 9,6 *GWh* (2007), sendo que o saldo importador do país sofreu um agravamento.

Segundo revelam os estudos efectuados pela Direcção de Geral de Energia e Geologia (*DGEG*), disponíveis no sistema de *Geomarketing Sales Index da Markttest*, o consumo de energia eléctrica em Portugal continental aumentou cerca de 2,7 vezes em vinte anos (1988 a 2008), verificando-se um consumo eléctrico de 47,5 mil *GWh* para o mesmo espaço de tempo [18].

Atendendo ao estudo estatístico realizado, do consumo total do continente, cerca de 20,5% concentra-se em apenas seis concelhos: Lisboa, Porto, Maia, Vila Nova de Gaia, Figueira da Foz e Setúbal, representando aproximadamente um quinto do consumo total de electricidade em Portugal continental.

Tal é facilmente explicável pela migração demográfica do interior para o litoral e para a concentração industrial nas periferias das grandes cidades litorais.

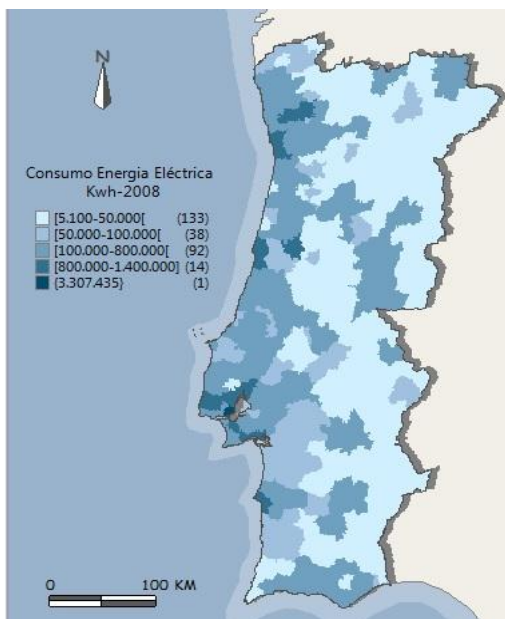


Figura 6 - Consumo de energia eléctrica/consumidor em kWh, DGGE in Marktest, Sales Index 2010

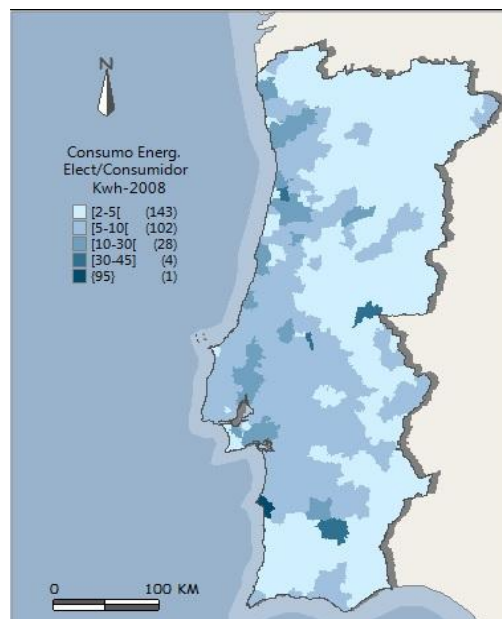


Figura 5 - Consumo de energia eléctrica em kWh, DGGE in Marktest, Sales Index 2010

Se se tiver em conta os vários fins para os quais se destinam os 47,5 mil GWh de consumo eléctrico em Portugal continental (entre os anos de 1988 e 2008) , tem-se:

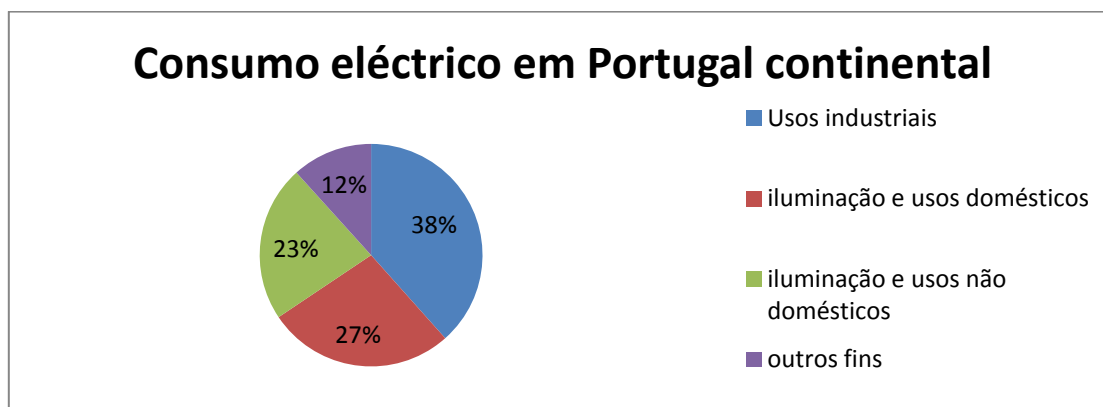


Figura 7 - Consumo eléctrico em Portugal continental, DGGE in Marktest, Sales Index, 2010

Desta forma, desde 1988 verifica-se quase o triplo de consumo eléctrico em Portugal continental, contabilizando um aumento de 170%, passando de 17,6 GWh (1988) para 47,5 GWh (2008). Mas, é de salientar que no ano de 2008, em 20 anos, foi o único em que se verificou um decréscimo de aproximadamente 1,1% face ao ano anterior [22].

No entanto, nos últimos vinte anos os concelhos onde mais cresceu o consumo de electricidade foram: Vila Velha de Rodão (fábrica de Celulose - *Celtejo*), Figueira da Foz (por ser uma zona balnear de elevada concentração - desenvolvimento), Mangualde (indústria automóvel), Vila Nova da Cerveira (polos industriais) e Palmela (indústria automóvel). Verifica-se, portanto um aumento entre 7,5 e 34,7 vezes que o registado em 1988.

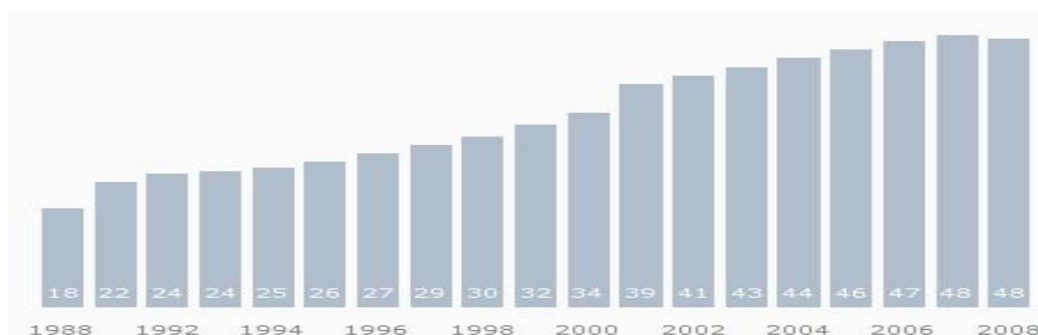


Figura 8 - Aumento do consumo eléctrico ao longo dos anos, DGGE in Markttest, Sales Index, 2010

IV.2.1) Conforto térmico

O conforto térmico é um parâmetro, tal como outros, crucial no consumo de energia. Como já foi referido em sub-capítulos anteriores, estima-se que as pessoas passem cerca de 90% do seu tempo no interior de edifícios e, é neste sentido, fundamental proporcionar-lhes as condições adequadas de conforto e salubridade. Portugal, segundo um estudo realizado por uma equipa da *University College de Dublin* em 2004 [23], foi considerado o país da União Europeia (UE) onde há mais mortes devido ao frio (devida à falta de condições de isolamento térmico e aquecimento das casas). Na verdade, a construção executada até há cerca de 20 anos (e durante um longo período) apresentava conforto térmico bastante reduzido no interior dos edifícios de habitação.

Contudo, nos anos 90 verificou-se alguma preocupação neste sentido surgindo o Regulamento das Características de Comportamento Térmico em Edifícios (*RCCTE*) que esteve em vigor desde 1991 até 2007 (neste formato inicial). Verificou-se no entanto que deveria ser melhorado, uma vez que era um documento legislativo pouco exigente e revelando-se durante esse período pouco eficiente. Seria necessário introduzir novas exigências, tanto no que diz respeito ao isolamento térmico, bem como aos vãos envidraçados (necessidade dos vidros duplos) [24]. A sua pouca eficiência também se deveu muito (e ainda se deve!) à falta de legislação mais adequada e, fundamentalmente, à falta de fiscalização no decorrer das obras. Verifica-se que a maioria dos problemas surge devido a erros de projecto ou de execução. São variadíssimas as causas destes problemas, tais como: pontes térmicas, pouco isolamento térmico ou deficiente colocação do mesmo, paredes duplas sem ventilação, e outros, resultando num conjunto de patologias de difícil reparação nos edifícios e que levam a um mau conforto térmico e, conseqüentemente, a um maior consumo de energia. Ou seja, o conforto térmico interior não é adequado, contribuindo para um aumento significativo do consumo de energia, como fonte de aquecimento (Inverno) ou arrefecimento (Verão). Até à década de 90 a "térmica" era deficientemente considerada na fase de concepção dos edifícios, tendo a situação sido alterada com o primeiro *RCCTE* que conduziu a um tipo de construção nova, melhorando o sector em cerca de 30% (devido às novas medidas).

Em 2007, sentiu-se necessidade de reformular o *RCCTE* devido à pouca eficiência que se verificou na primeira versão e também devido à maior exigência de conforto por parte dos utilizadores, que se traduz numa maior insatisfação no conforto térmico das habitações. Assim, com a nova versão do *RCCTE*, verifica-se uma melhoria significativa nos edifícios novos, contudo, ainda há um longo percurso a percorrer neste sentido. Por exemplo, na necessidade de executar projectos mais cuidados, acompanhamento do projectista e/ou coordenador de projecto em todas as fases da obra e uma fiscalização mais eficiente e rigorosa [24].

Já em 2006, tinha surgido o Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização de Edifícios (*RSECE*), com um conjunto de requisitos aplicáveis a edifícios de serviços e de habitação dotados de sistemas de climatização. Tem como objectivo melhorar a eficiência dos sistemas de climatização, bem como proporcionar-lhes uma correcta manutenção, melhorar os aspectos da qualidade da envolvente e limitar os consumos energéticos. É um documento que visa ainda a realização de auditorias periódicas aos edifícios de serviços e o controlo da qualidade do ar interior com requisitos que abrangem as taxas de renovação do mesmo (assim como a concentração máxima dos principais poluentes) [25].

IV.2.2) Conforto acústico

O conforto acústico apesar de não estar directamente associado ao consumo energético, define a qualidade de vida no interior da habitação. Em 1996, a extinta Direcção-Geral do Ambiente publicou um estudo intitulado de "Ruído Ambiente em Portugal" que revelava que 1 em cada 5 habitantes residia em zonas altamente prejudiciais no que diz respeito ao ruído ambiente, que com a frequência pode levar a danos irreversíveis de audição, sendo por isso um problema do foro da saúde pública.

Este parâmetro até meados de 2002 era deixado para segundo plano, verificando-se a necessidade de introduzir legislação adequada. Neste sentido, surge no mesmo ano o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (*RRAE*), ganhando uma nova importância e substituindo o Regulamento Geral do Ruído de 1988 que até aí estava em vigor. Este último regulamento (2002), apresentou pouca eficácia, devido à pouca preocupação com este conceito e a deficiente fiscalização. Ainda hoje se podem verificar em muitas habitações situações de desconforto acústico resultantes de incumprimento regulamentar [26].

Desta forma, a reabilitação acústica passa essencialmente pelo aumento de isolamento e pela conjugação com a melhoria do isolamento térmico. As construções mais recentes, apresentam, em geral, melhorias significativas de conforto acústico (construções após o ano de 2008) [26].

IV.2.3) Qualidade do ar no interior dos edifícios

A Qualidade do ar no interior (*QAI*) das habitações tem sido uma preocupação acrescida na saúde da população. Como já foi referido anteriormente, cada pessoa passa cerca de 90% do seu tempo no interior de edifícios e atendendo que necessita de aproximadamente 25 quilogramas de ar por dia, conclui-se que 22 quilogramas de ar são respirados no interior da habitação (e os outros 3 quilogramas no exterior, onde a qualidade do ar - dependendo do local - também não é a melhor) [18]. Desta forma, é fundamental virar as atenções também para este parâmetro que, segundo um estudo da Agência de Protecção Ambiental dos Estados Unidos da América (*EPA*), revela que os poluentes no interior das habitações podem ser entre 2 a 5 vezes mais prejudiciais à saúde humana que os poluentes exteriores [27].

Assim, a qualidade do ar tem um impacto crescente na saúde e no bem estar dos habitantes. Para prevenir a degradação do ar no interior de uma habitação, deve-se medir a concentração de partículas suspensas no ar, expressa em mg/m^3 , como é o caso do Dióxido de Carbono, Ozono, Formaldeído, Compostos Orgânicos Voláteis e Monóxido de Carbono. Estes elementos têm legislação própria para as suas concentrações no interior de uma habitação que se resumem [28]:

Tabela 12 - Concentrações máximas de referência de alguns componentes, Decreto-Lei nº 79/2006 de 4 de Abril

Parâmetros	Concentração máxima de referência (mg/m^3)
Dióxido de Carbono	1800
Ozono	0,2
Formaldeído	0,1
Compostos Orgânicos Voláteis	0,6
Monóxido de Carbono	12,5
Outras partículas suspensas no ar	0,15

Uma medida que pode ser adoptada para melhorar este parâmetro, passa por um maior investimento na ventilação natural, uma vez que esta apresenta um uso inadequado actualmente, evitando a degradação da *QAI* e combatendo ao mesmo tempo a humidade no interior das habitações. A ventilação natural é o método de climatização utilizado geralmente em edifícios antigos e de habitação, enquanto nos edifícios de serviços a ventilação é usualmente efectuada através de meios mecânicos. Uma outra medida a ser adoptada está relacionada com os materiais de construção aplicados nos edifícios que devem ser cuidadosamente seleccionados no que diz respeito a revestimentos interiores, vidros e derivados da madeira, por exemplo. Isto, porque devida à utilização dos mesmos podem ser libertadas substâncias que podem ser nocivas ao ser humano.

IV.2.4) Iluminação

IV.2.4.1) Iluminação natural

A iluminação é um parâmetro importante a considerar quando se refere consumo energético. Assim, a iluminação natural assume um papel importante no que diz respeito à eficiência energética de um edifício. Uma adequada iluminação natural traduz-se em conforto visual, reflectindo-se na redução do consumo de electricidade.

Portugal, pelo seu clima, reúne excelentes condições para o aproveitamento da luz solar com fonte de iluminação natural. Contudo, a má organização espacial de grande parte das construções e em muitos casos um deficiente planeamento urbanístico, revelado ao longo de anos, apresentam-se como condicionalismos ao seu melhor aproveitamento.

São várias as condicionantes ao melhor aproveitamento da radiação solar como fonte de iluminação natural: concepção arquitectónica e condicionantes da envolvente [29].

Todas as características apresentadas anteriormente devem ser alvo de revisão e nas quais deve ser aplicada uma legislação apropriada que permita uma melhoria do bem-estar e salubridade das habitações. Para isso, é também importante não esquecer a melhoria da qualidade dos projectos de arquitectura.

IV.2.4.2) Iluminação artificial

A iluminação artificial é um dos avanços tecnológicos mais utilizados hoje em dia, devendo no entanto, ser apenas um complemento à iluminação natural. A sua utilização excessiva e por vezes descontrolada, revela um problema que tem de ser resolvido a curto prazo: a ineficiência energética dos alguns equipamentos de iluminação traduz-se no aumento dos consumos, devendo ser adoptados sistemas de elevada eficiência e baixo consumo, melhorando assim a eficiência energética.

Em Janeiro de 1998 entrou em vigor o Directiva nº 98/11/CE que obrigou a rotulagem energética das lâmpadas eléctricas para fins domésticos. Esta legislação trouxe ao consumidor o poder de decisão, no que diz respeito ao tipo de iluminação artificial que pretende utilizar, com o objectivo de se conseguir uma melhoria da eficiência energética [30].

IV.3) Melhoria da eficiência energética em Portugal

A melhoria da eficiência energética em Portugal tem sido ao longo destes últimos anos uma preocupação em crescendo. Entre os anos de 2000 a 2010, verificou-se uma melhoria em cerca de 4% da eficiência energética global, devido à melhoria dos sectores residencial e de serviços que representam aproximadamente 17% do consumo de energia final. A melhoria desses sectores do ponto de vista energético, durante esse período deve-se a materiais e equipamentos mais eficientes, introduzidos nas novas construções, nomeadamente: introdução

do Gás Natural (*GPL*) para aquecimento das águas, vidros duplos, utilização de isolamento térmico e ao aumento de utilização da iluminação natural. Em igual período, o sector industrial registou um aumento de 1% (energia por índice de produção industrial) e o sector dos transportes um aumento de 5% [31].

O programa nacional de eficiência energética assenta em legislação em vigor, como o “Programa Nacional para as Alterações Climáticas” aprovado a 1 de Junho de 2006 que tem por objectivos controlar e monitorizar as emissões de *GEE* e fazer cumprir os compromissos de Portugal no âmbito do Protocolo de Quioto [10] [32]. Em 2008, foi aprovado o “Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética” (*PNAEE*) reflectindo a necessidade de atingiro as metas estabelecidas relativamente à utilização final da energia, serviços energéticos e eficiência energética ao abrigo da Directiva 2006/32/CE. Este plano estava estabelecido até ao ano de 2010, verificando-se que no final desse ano, apenas 36,7% dos objectivos estariam cumpridos. Foi necessário efectuar uma reformulação, introduzindo novas medidas e novas metas para o ano de 2020, estimando-se o alcance nesse ano de uma redução de 25% no consumo final de energia e de cerca de 30% nos edifícios da Administração Pública [33] [34].

No que diz respeito à melhoria dos sectores residencial e de serviços, a legislação que efectivamente teve impacto nestes sectores, deveu-se a três novos Decretos-Lei publicados em 2006 (Decreto-Lei nº 78/2006, Decreto-Lei nº 79/2006 e Decreto-Lei nº 80/2006) que aumentaram os requisitos térmicos e tornaram mais rigorosos os requisitos da *QAI* das habitações, obrigando a uma manutenção constante e a inspecções periódicas durante o tempo de vida útil dos sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (Sistemas *AVAC*) que estão também ao abrigo do *PNAEE* [33]. Os decretos supra mencionados são: o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (*RSECE*), o Regulamento das Características do Comportamento Térmico de Edifícios (*RCCTE*) e o Regulamento dos Sistemas de Certificação Energética dos Edifícios (*SCE*).

O sector industrial registou uma melhoria significativa na eficiência energética devido ao Regulamento da Gestão do Consumo de Energia (*RGCE*) que estabeleceu metas e objectivos para empresas consumidoras intensivas de energia de forma a reduzirem o seu consumo específico [29]. Estabeleceu-se então um período de 5 anos para se realizaram auditorias de inspecção do cumprimento das metas e dos objectivos propostos pelo *RGCE* (para consumo de iguais ou superiores a 1000 tep/ano).

Em 2008 entrou em vigor um novo regulamento (Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia - *SGCIE*) que visa a promoção da eficiência energética e auditorias durante o mesmo período, mas agora para empresas cujas instalações registassem consumos iguais ou superiores a 500 tep/ano [34] [35] [36] [37].

Em 2010, surgiu a Directiva 31/EU/2010, estando os Estados Membros obrigados a colocá-la em prática até ao final do ano de 2012. Desta forma, várias medidas foram alteradas ou adoptadas. Apenas são mencionadas as mais relevantes [38]:

- Todas as reabilitações, assim como edifícios novos ficam sujeitos a intervenções quer na envolvente, quer nos sistemas técnicos (aquecimento, arrefecimento, ventilação, iluminação);
- Todas as renovações passam a ser abrangidas (é eliminada a limitação de 100 m²);
- Os requisitos mínimos têm de ser estabelecidos numa óptica de custo mínimo ao longo do ciclo de vida do edifício;
- Os Estados Membros devem ser mais ambiciosos e mais exigentes;
- Obrigatoriedade de alterar o *RCCTE* e o *RSECE* até ao final do ano de 2020 para atingir a meta dos edifícios com baixas necessidades de consumos energéticos;
- Num máximo de 10 anos, o principal objectivo é fazer com que todos os edifícios da *UE* tenham necessidades energéticas próximas de zero;
- Dar maior ênfase às energias renováveis;
- A partir de 2018, todos os edifícios públicos devem ser um exemplo no que diz respeito à necessidade energética, quase nula, num ciclo anual;
- Certificação energética de todos os edifícios (novos, arrendados, mais antigos,...);
- Implementar um plano de reabilitação eficaz, ambicioso e vantajoso para o parque habitacional existente.

IV.4) A reabilitação sustentável

IV.4.1) Introdução da Reabilitação Sustentável na construção tradicional

A Tabela 13 facilita a percepção da importância de um projecto sustentável, da colaboração de todas as entidades envolvidas e da certificação sustentável dos projectos [39]:

Tabela 13 - A sustentabilidade, Construção e Reabilitação Sustentável - Parcerias para a regeneração urbana, 2011

Conceito	Descrição	Impacte (perspectivado)
Projecto (mais) sustentável	A sustentabilidade é um processo, onde se pretende atingir as satisfações dos clientes e do	Utilização de materiais sustentáveis, com maior eficiência e uma arquitectura dirigida às necessidades

	ambiente.	locais, atendendo a edificações mais "saudáveis". Promover o respeito entre o cliente e o meio envolvente.
Colaboração das entidades envolvidas	Maior interacção dos projectistas das diversas especialidades com as soluções mais eficientes. Deve-se ter em conta a sustentabilidade das propostas e dos projectos e decisões orquestradas entre todos os intervenientes.	Elaboração de projectos com maior sustentabilidade e mais coerentes.
Certificação sustentável dos projectos	Adaptação dos projectos às condições reais e reconhecimento do estado de sustentabilidade da edificação existente	Incentivar a sustentabilidade da construção.

Atendendo à tabela anterior, facilmente se verifica que o projecto deve considerar aspectos multidisciplinares.

Serão de considerar aspectos ligados com a orientação da construção, utilização de dispositivos redutores de consumo de energia, utilização de sistemas que utilizem energias renováveis, ventilação natural, racionalização, aproveitamento de águas pluviais e reciclagem, materiais eficientes e processos construtivos adequados [40].

IV.4.2) Materiais sustentáveis

Os materiais a utilizar na construção/reabilitação sustentável devem preferencialmente ser provenientes de indústrias locais (diminuição de emissão de CO_2 no transporte), devem poder ser reciclados ou reutilizáveis.

Adicionalmente, devem ainda utilizar-se materiais possuidores de declarações ambientais (certificados) cumprindo as normas CE e ter em conta, nas escolhas dos mesmos, a história do edifício, a geografia e o ecossistema no qual está inserido. Sendo cada edifício um caso singular (a heterogeneidade da construção não permite a adopção de uma solução geral), deve analisar-se casuisticamente qualquer operação de reabilitação.

A Tabela 14 mostra os critérios a considerar para seleccionar materiais conducentes a construção/reabilitação sustentáveis [39]:

Tabela 14 - Características de materiais, "Construção e Reabilitação Sustentável - Parcerias para a regeneração urbana, 2011"

Critérios a ter em conta da selecção de materiais para uma construção sustentável	
Tipos de materiais	Descrição
Saudáveis	Evitar materiais que possam libertar substâncias perigosas durante um determinado período de tempo.
Isolantes	Escolher materiais que contribuam para a melhoria da

	eficiência energética, reduzindo significativamente a energia consumida.
Baixa energia incorporada	Os materiais naturais têm níveis de energia incorporada inferiores aos artificiais, devido à forma como são processados.
Duráveis	Evitar a utilização de materiais que exijam muita manutenção, pois são bastante prejudiciais ao ambiente.
Recuperados	Devem reaproveitar-se os materiais em bom estado provenientes de outros edifícios ou infra-estruturas em fim de vida.
Provenientes de recursos renováveis	Preferência de materiais cuja a taxa de renovação seja superior à da exploração (o que não acontece com os provenientes dos combustíveis fósseis).
Reciclados e/ou recicláveis	São materiais cuja produção (na totalidade ou em parte) é feita com componentes recolhidos em processos de separação (fase pós-consumo) e apresentam vantagens em relação a outros que não possam ser reciclados.
Locais	Redução de impactes ambientais (devido a transporte), custos e promove-se a economia local.

As características destes materiais para além de melhorarem significativamente a eficiência energética e contribuir assim para a sustentabilidade, são eles também considerados ecológicos e eco-eficientes, na sua grande maioria, pelas propriedades que possuem..

Estes materiais ditos ecológicos e eco-eficientes, têm um benefício a longo prazo, ou seja, apesar do investimento inicial poder ser por vezes mais dispendioso, compensam com o passar do tempo e no final da vida útil da construção. Além disso, são materiais que na sua maioria, pouco ou nada emitem gases voláteis. Alguns dos materiais ecológicos são: areia, pedra natural (por exemplo, calcário), madeira (certificada, ou seja, proveniente de florestas sustentáveis), caniço, cortiça e metal reciclado.

IV.4.3) Procedimentos / técnicas construtivas

IV.4.3.1) Soluções passivas

Implantação do edifício

A orientação do edifício deve ter em conta a declinação solar de forma a aproveitar o melhor possível a radiação emitida pelo sol para que possam ser aproveitadas as melhores condições térmicas e de luminosidade, no ciclo anual.

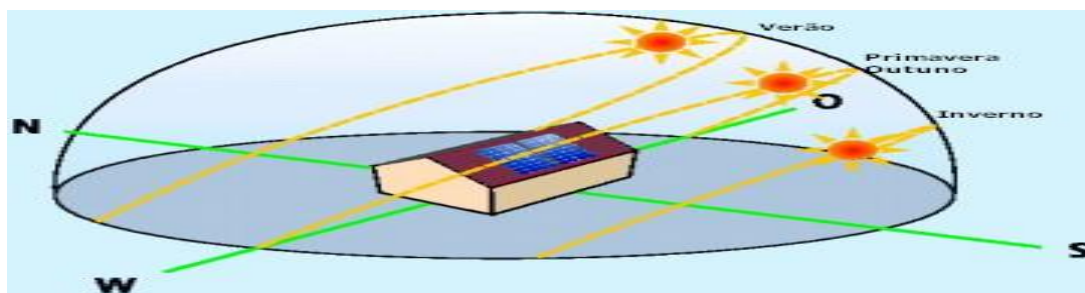


Figura 9 - Diferentes ângulos de incidência solar, Chris Cornwall, Aaron Horiuchi and Chris Lehman, NOA

Em Portugal, a melhor orientação a adoptar é para Sul. Esta orientação permite a melhor incidência solar no Inverno e uma menor incidência durante o Verão. Assim, deve privilegiar-se a colocação dos vãos envidraçados segundo esta direcção [29].

A orientação anteriormente referida como desejável, nem sempre é possível de estabelecer, pela densidade de construção nos espaços urbanos.

De qualquer modo, a orientação para Sul permite a mesma incidência solar nas fachadas viradas para Este e Oeste, diferindo no horário de incidência e a fachada a Norte apenas recebe a radiação diária menos intensa (manhã e fim de tarde).

Vãos envidraçados

Os vãos envidraçados constituem em geral uma grande percentagem de área das fachadas do edifício e, desta forma, é importante garantir uma orientação que permita um bom desempenho energético. Os vãos envidraçados estabelecem a maioria das trocas térmicas com o exterior (ganhos interno provenientes do exterior) e são relevantes nos processos de aquecimento e arrefecimento do edifício.

O vidro é um dos elementos mais débeis no que diz respeito ao isolamento térmico do edifício. A sua reduzida espessura e um coeficiente de transmissão térmica (U) elevado, permitem trocas térmicas com o exterior. Ou seja, durante o Inverno promove a perda de calor do interior do edifício e durante o Verão o aumento de temperatura no interior do edifício, devida à diferença de temperaturas entre o exterior e o interior. Desta forma, o processo de incidência da radiação solar num vão envidraçado divide-se em três fases: a radiação reflectida, a radiação absorvida para o interior do edifício e a radiação absorvida pelo próprio vidro, que ainda se divide em radiação reflectida e absorvida para o interior através de fenómenos de radiação e de convecção. Assim, é importante ter em conta o dimensionamento do vão envidraçado, no que diz respeito à caixilharia, vedação e qualidade do vidro [24] [29].

A melhoria do isolamento térmico destes elementos passa por diferentes soluções, umas mais eficientes que outras. Pode aumentar-se o número de panos de vidro que reduzem o parâmetro U , mas também reduzem a visibilidade (geralmente, a partir do terceiro pano). Outras soluções passam pela colocação de gases entre panos de vidro (por exemplo: *Árgon* ou *Cripton*)

que melhoram o isolamento; a colocação de películas de baixa emissividade ou vidros coloridos (de preferência cor escura).

Sombreamento

Os sistemas de sombreamento permitem evitar os ganhos térmicos indesejáveis, devidos à radiação solar e podem ser instalados tanto no interior do vão envidraçado, como pelo exterior. Para além disso, é um sistema que pode ser aplicado em duas vertentes: sistemas fixos ou sistemas amovíveis.

Os sistemas de sombreamento devem ter em conta factores que aumentem a eficiência térmica do edifício, tais como: evitar que o sistema transmita o calor absorvido pelo próprio material para o interior do edifício (distância mínima entre o sombreamento e o vão envidraçado), proteger da incidência solar (mas não prejudicar a oclusão nocturna), permitir a regularização do sombreamento e contribuir para a correcta ventilação (mesmo quando fechado).

A melhor solução passa pela conjugação entre o sombreamento e a alteração do tipo de envidraçado. Contudo, se isso não for possível, opta-se pela solução amovível aplicada pelo exterior, com a qual se obtém bom resultado.

Ventilação natural

A ventilação natural tem diversos objectivos:

- melhoria da *QAI*;
- manutenção do equilíbrio do estado higrométrico para evitar condensações interiores;
- manutenção do equilíbrio do ar no interior (devida à actividade humana);
- manutenção do equilíbrio térmico no interior do edifício de forma a promover o conforto térmico.

Consequentemente, a ventilação natural é importante nos espaços interiores e deve otimizar-se, quando possível.

Esta optimização permite o controlo das diversas pressões existentes entre espaços e da regulação da temperatura produzida por diversos factores (por exemplo, equipamentos - referidos mais à frente).

A ventilação natural regulamentada pelo *RCCTE* define uma renovação do ar por hora em $0,6 \text{ h}^{-1}$ (em condições médias de funcionamento, as soluções construtivas adoptadas, devem satisfazer este valor, dotados ou não de sistemas mecânicos de ventilação). Contudo, nem sempre é possível manter este valor e, assim, a ventilação natural deve ser auxiliada por

ventilação mecânica, mantendo uma diferença de 8° Celsius (° C) em relação à temperatura média exterior, tal como define o mesmo regulamento [24].

Envolventes opacas

A envolvente do edifício é a principal responsável no que diz respeito a perdas ou ganhos de calor que influenciam o comportamento térmico do edifício. Esta envolvente diz respeito aos pavimentos, fachadas e coberturas. A cor do revestimento da envolvente é também importante pela maior ou menor absorção da radiação solar. Constituem os principais elementos que equilibram a temperatura interior, contrariando as variações térmicas no seu interior através da sua inércia térmica. Este parâmetro é importante relativamente às condições climáticas do país, pois a amplitude térmica é elevada em prazos curtos.

Para otimizar o desempenho térmico de um edifício é necessário saber conjugar a utilização de materiais pesados (por exemplo, betão, pedra, tijolo) para obtenção da inércia térmica desejada, com a utilização de materiais leves (por exemplo, tectos falsos, isolamento térmico pelo interior). Se esta combinação for bem conseguida, o isolamento térmico evita por exemplo o aparecimento de condensações superficiais.

Pavimento: os elementos opacos estão todos sujeitos a promover as perdas de calor e o pavimento deve ser isolado termicamente, independentemente de este estar ou não em contacto directo com o solo.

O isolamento mais indicado no pavimento é o poliestireno extrudido (*XPS*), pois é fundamental que este não altere a resistência térmica da laje sobre a qual é colocado.

Fachada: o isolamento térmico mais vantajoso é o sistema de *External Thermal Insulation Composite System (ETICS)*.

Pode ser aplicado ao paramento exterior da parede ou pelo interior entre panos de paredes duplas (na caixa de ar).

É mais vantajoso aplicar o sistema *ETICS* pelo exterior e preferencialmente de forma contínua.

Este sistema promove a protecção das paredes contra agentes climatéricos, reduz as condensações superficiais, permite reduzir a espessura das paredes e potencia a inércia térmica das fachadas. Mas, como qualquer outro elemento, acarreta consigo algumas desvantagens como o custo, maior vulnerabilidade ao choque e difícil aplicação em algumas superfícies. Em edifícios com fachadas em pedra, não será de o aplicar por razões arquitectónicas.

Entre os elementos estruturais (principalmente, pilares e vigas), verificam-se zonas onde as trocas térmicas são mais significativas, a que se dá o nome de pontes térmicas. Estas perdas são mitigadas pelos sistemas de *ETICS* que estão disponíveis em diversas composições, tais como poliestireno expandido (*EPS*) e poliestireno extrudido (*XPS*).

A melhor opção ou a mais adequada depende sempre da localização geográfica da implantação do edifício, do tipo de edifício e do tipo de clima da zona.

Coberturas: estes elementos, a par das fachadas são também importantes no que diz respeito à eficiência térmica do edifício. Assim, é fundamental introduzir isolamento térmico nestes elementos.

A colocação do isolamento térmico na cobertura pode ser realizada de diversas formas, dependendo da inclinação da mesma e do tipo de materiais que se pretendem utilizar.

Cores: não é ao acaso que no Baixo Alentejo raramente se encontram edifícios com cores escuras (o que já não se verifica a Norte de Portugal). O coeficiente de absorção dos elementos opacos de cores escuras é bastante elevado, o que contribuiria para aumentar o desconforto no interior dos edifícios durante o Verão. As cores claras têm um elevado coeficiente de reflexão da incidência solar.

IV.4.3.2) Soluções activas

As soluções activas recaem sobre soluções energeticamente eficientes, ou seja, têm por objectivo melhorar as Águas Quentes Sanitárias (*AQS*) e a eficiência de todos os equipamentos do edifício. São soluções que passam por utilização de fontes de energia renovável, convertendo-as em energia térmica ou eléctrica.

Colectores solares térmicos

Já anteriormente foi mencionado que o nosso país tem forte potencial para aproveitamento da energia solar, quer para produção de energia fotovoltaica, quer para aquecimento de águas sanitárias.

A partir do ano de 2008, a legislação (*RCCTE*) impõe que todos os edifícios sejam equipados com colectores solares térmicos que permitam o aquecimento da *AQS*. Este sistema de captação da radiação solar é um dispositivo que converte a energia solar em energia térmica [24].

A legislação imposta pelo *RCCTE*, define que os colectores solares contribuam para cerca de 70% das necessidades energéticas para o aquecimento das *AQS*. Desta forma, é necessário complementar a restante necessidade com equipamentos convencionais [24].

Os sistemas solares térmicos classificam-se de acordo com os mecanismos de circulação: circulação passiva por termossifão e circulação forçada.

Os colectores solares térmicos (esquema na Figura 10) devem ser instalados criteriosamente, obedecendo aos seguintes princípios gerais [41]:

- Fácil acesso para manutenção e limpeza;
- Tubagens bem isoladas para evitar a dissipação de calor;
- Os colectores devem ficar orientados para Sul;

- O ângulo dos colectores deve corresponder à latitude local, relativamente à linha do horizonte.

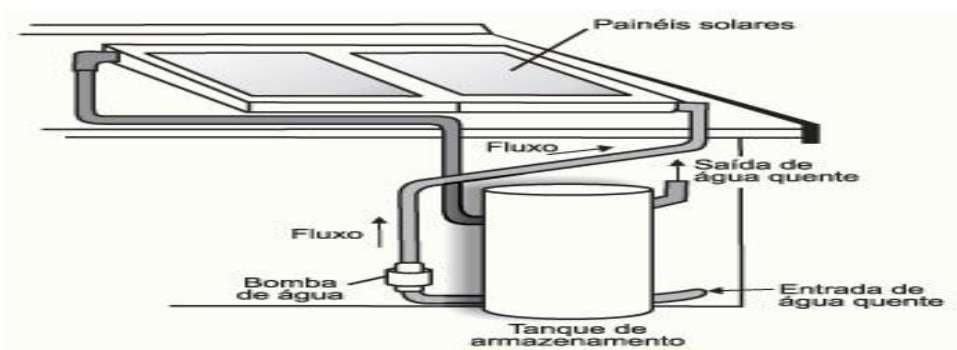


Figura 10 - Esquema de um coletor solar térmico [42]

Equipamentos

Os equipamentos de uma habitação são responsáveis por elevada percentagem de consumo de energia eléctrica. Por isso, é importante que se escolham os que apresentam melhor eficiência energética. O avanço tecnológico permite ter à disposição equipamentos com um desempenho energético bastante satisfatório. Assim, a maioria destes faz-se acompanhar da "nova" etiqueta de desempenho energético.

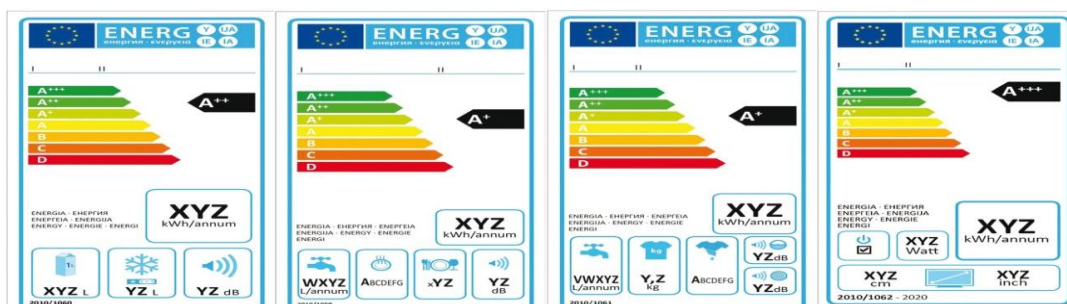


Figura 11 - Etiquetas de desempenho energético de alguns equipamentos (respectivamente, frigorífico, máquina de lavar loiça, máquina de lavar roupa e televisores) [43]

Através destas etiquetas obtemos informação relativamente ao desempenho energético de cada equipamento que varia da escala A+++ a G. Promove-se assim uma redução significativa do consumo de água e de electricidade [24] [29].

Energia solar fotovoltaica

É um sistema de captação de energia solar que pode ser utilizado tanto em fachadas como em coberturas. Tem por objectivo transformar a radiação captada, directamente em energia eléctrica. São painéis compostos por células fotovoltaicas, cujo desempenho depende da radiação solar e da inclinação de instalação dos mesmos.

É um equipamento fácil de transportar e de instalar, e que pode armazenar a energia gerada em baterias e tem custos de manutenção comportáveis. Trata-se de um investimento com

retorno a médio/longo prazo. No entanto, o rendimento real da conversão é baixo e o investimento inicial é elevado.

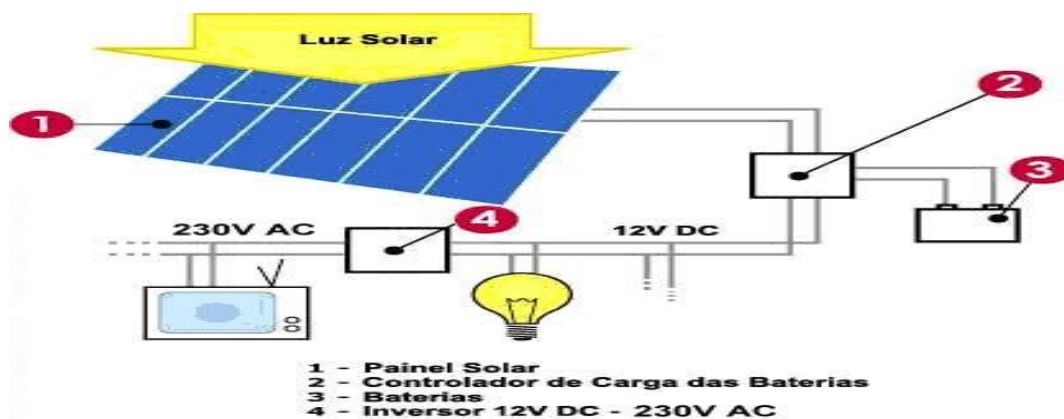


Figura 12 - Pormenor de instalação de painel fotovoltaico [44]

IV.4.4) Tratamento de resíduos em obra

Os Resíduos da Construção e Demolição (*RCD*) são um problema sério que afecta o ambiente. O sector da construção é a principal fonte de produção de resíduos a nível mundial; só na *UE* estimam-se estes resíduos em cerca de 100 milhões de toneladas / ano [45]. Estes resíduos são resultado de desperdícios de demolições, remodelações e obras novas. São essencialmente constituídos por argamassas, alvenarias, betão armado, terras e pequenas quantidades de outros resíduos (por exemplo, embalagens).

É importante definir à priori e antes da intervenção, qual o destino dos *RCD*, para tratamento, pois contêm quantidades significativas de materiais que podem ser reciclados e/ou reutilizados.

Actualmente, aproximadamente 65% dos *RCD* são enviados para aterros, 30% reciclados e/ou reutilizados e a restante percentagem sofre incineração [46]. Conclui-se portanto, que ainda existe um largo potencial de melhoria no que diz respeito ao tratamento desses resíduos, o que permitira evitar esgotamento prematuro dos aterros, poluição visual e o esgotamento prematuro de fontes de matérias-primas não renováveis.

Devido ao carácter geograficamente disperso e temporário das obras, a fiscalização e controlo da poluição ambiental é uma tarefa árdua.

No que diz respeito à legislação em vigor foi publicado o Decreto-Lei 46/2008 de 12 de Março que viria a ser substituído pelo Decreto-Lei 73/2011 de 17 de Junho, estabelecendo o regime de gestão dos *RCD*, tendo em especial atenção a sua produção e reutilização, bem como todas as operações que lhes estão associadas: recolha, transporte, tratamento, valorização e eliminação. A legislação previa uma série de medidas no sentido de combater as lacunas e de promover a hierarquia de resíduos [47].

A *UE* produziu a Directiva 2008/98/CE de 19 de Novembro, que impõe para 2020 a meta de 70% dos *RCD* encaminhados e tratados em estações de reciclagem [47].

O Despacho 4015/2007 prevê a possibilidade de reutilizar em obra, materiais provenientes dos *RCD* [48].

Assim, é possível estabelecer uma lista de "boas práticas" de gestão dos *RCD*:

- Incentivar a reabilitação de edifícios antigos;
- Realizar um planeamento adequado ao processo construtivo;
- Reduzir a utilização de materiais compósitos;
- Executar projectos flexíveis;
- Evitar a produção de resíduos perigosos;
- Proceder a uma recolha selectiva dos *RCD*;
- Reciclar e/ou reutilizar os materiais;
- Reduzir a produção de resíduos;
- Acabamentos cuja reparação seja de procedimento simples;
- Colocar redes (por exemplo, águas, comunicações e eléctricas) em ductos ou galerias para facilitar operações de manutenção ou substituição.

IV.4.5) Compatibilidade com os valores da paisagem e do Património

Este sub-capítulo pretende demonstrar o equilíbrio que é necessário atingir entre a paisagem, o Património e a construção.

O espaço que diz respeito à paisagem tem uma dinâmica própria, composta tanto por fauna, flora e construções executadas pelo Homem.

George Bertrand afirmou em meados de 1978 que "a paisagem é um produto social resultante da história local" e em 1995 *Nassauer* escreveu que "a cultura estrutura as paisagens" e "as paisagens inculcam cultura". Estes dois autores, em obras de épocas e ideias diferentes, descreveram de forma bastante evidente a relação entre paisagem e Património [49] [50].

Assim, tanto ao nível do espaço como do tempo, a paisagem é uma entidade passível de ser analisada à escala humana, sendo muitas vezes (mal) distinguida entre apenas paisagem e/ou Património.

O Património é uma marca das acções humanas que estiveram ou viveram num determinado espaço, onde uma paisagem se traduz neste a partir do momento em que as suas qualidades se tornam únicas. Podendo estas ter duas referências: o "solo", valorização do que se vê, e o apelo ao "passado", a história que fez o espaço.

A valorização de uma paisagem considerada Património, devida às suas qualidades únicas, apela à preocupação na passagem do testemunho às gerações vindouras.

A importância de um espaço depende do apreciador, pois algo que se vê durante toda a vida perde a sua importância e algo que se vê pela primeira vez pode ter toda a importância.

Desta forma, os três conceitos referidos no início deste sub-capítulo estão intimamente ligados, pois toda a construção assenta sobre uma paisagem e a maioria da reabilitação assenta sobre um Património. Assim, é fundamental atingir um nível de compatibilidade entre ambos, preservando o que nos foi deixado pelo passado, preservando o ambiente (evitar grandes impactos ambientais) e deixar o presente para as gerações vindouras.

Algum do nosso Património foi transformado em recurso (expansão do turismo), o que pode acarretar prejuízos, se se atingirem níveis insustentáveis de utilização.

As paisagens dos espaços rurais alentejanos constituem um exemplo de equilíbrio entre o bem e a procura do mesmo. Em particular no Baixo Alentejo, as paisagens são cada vez mais procuradas, constatando-se que a transformação do espaço não foi realizada em larga escala, existindo preocupação com o Património.

CAPÍTULO V - Caso de estudo

V.1) Diagnóstico prospectivo

V.1.1) Caracterização da habitação

Para completar o estudo de uma forma concreta, optou-se por aplicar toda a pesquisa realizada a um caso específico.

O edifício de habitação em questão, foi construído em meados de 1927 (não existindo datas concretas da sua realização), sendo a sua inscrição matricial no departamento de finanças efectuada dez anos após a conclusão da construção (1937).

Situa-se no Baixo Alentejo, distrito de Beja, concelho de Mértola, freguesia de S. João dos Caldeireiros, numa aldeia chamada Penilhos, especificamente, na Rua do Poço.



Figura 14 - Mapa de Portugal, *Google Maps*



Figura 13 - Pormenor da localização do caso de estudo, Penilhos, *Google Maps*

Tipologia

Trata-se de uma habitação térrea, com uma planta rectangular que revela influências mediterrânicas da civilização árabe e romana.

A habitação é constituída por quatro quartos, uma sala de estar, uma sala de jantar, uma cozinha, uma dispensa, duas casas de arrumos e uma casa de banho, que foi construída alguns anos após a restante construção. Como anexos, tem-se ainda uma garagem e algumas construções espalhadas pelo quintal.

As plantas serão apresentadas mais adiante e encontram-se nos Anexos A e B.

Apesar da fragilidade da construção (em altura), apresenta uma altura máxima de 4,50 metros (ao centro) e uma altura mínima de 2,30 metros na fachada Norte e 3,00 metros na fachada Sul.

A cobertura é de duas águas, onde a água virada a Norte tem uma inclinação de 43° e a água virada a Sul tem uma inclinação de 41°.

Apresenta um quintal com uma área de terreno considerável (aproximadamente 2000 m²), onde se encontra um forno a lenha (construído em pedra), alguns galinheiros, três currais, um depósito de água, um poço e mais duas casas de arrumos (nomeadamente, ferramentas necessárias à agricultura) (fotografias no Anexo C).

Materiais

A construção em causa é tradicional portuguesa, utilizada na sub-região do Baixo Alentejo, construída há quase oitenta e sete anos, mantendo a maioria dos materiais originais, verificando-se um número reduzido de intervenções.

➤ Elementos Opacos:

Paredes: estas são essencialmente construídas em taipa, apresentando larguras de 0,50 metros (interiores e exteriores) e com alturas já referidas atrás. São revestidas a cal.

Cobertura: a cobertura é constituída em caniço com vigas de madeira (no interior) e no exterior telhas caleira (telhas simples em barro) colocadas sobre duas camadas finas: uma de cimento (argamassa pobre - camada interior) e outra de terra comprimida (camada exterior).

Pavimento: é construído por terra calcetada com pedra de pequenas dimensões e revestido com ladrilhos cerâmicos com dimensões de 20 cm x 8 cm.

➤ Elementos envidraçados:

Janelas: são constituídas por caixilhos em madeira simples, sem ornamentos e por vidro simples (transparente, de 3 mm de espessura).

As janelas da cozinha e de um dos quartos a Oeste apresentam maiores dimensões 0,85 m x 0,75 m.

A janela da casa de banho tem dimensões de 0,66 m x 0,45 m. As restantes têm todas as mesmas dimensões: 0,90 m x 1,05 m.

Telhas de vidro: em algumas zonas da habitação (cozinha e dispensa) foram instaladas telhas de vidro.

➤ Outros elementos:

Portas: as portas de dois quartos (um a Oeste e outro a Este) são simples, em madeira e com 0,75 metros de largura e 2,02 metros de altura. Outros dois quartos (um a Oeste e outro a Sul), bem como a sala, cozinha, dispensa e sala de jantar apresentam portas em madeira, com 1,05 metros de largura e 2,02 metros em altura. A porta principal é recente, em alumínio com

1,04 metros de largura e 2,02 metros de altura. Ao fundo do corredor existe uma porta com 1,20 metros de largura e 2,02 metros de altura em madeira e com espessura superior às restantes. Existem ainda duas portas em ferro, uma pertencente à garagem com 2,60 metros de largura e 2,02 metros de altura e uma porta com calha, situada numa das casas de arrumos e de acesso ao quintal com 3,50 metros de comprimento e 2,02 metros de altura.

Chaminé: a extracção dos fumos da cozinha é efectuada por meio de uma chaminé.

Como construção típica do Baixo Alentejo, verifica-se um reduzido número de aberturas (janelas e portas), devido à elevada luminosidade e calor estival que se faz sentir na zona.

Projecto em CAD

Não havendo registo documental de peças desenhadas da habitação, procedeu-se à medição integral da habitação e execução do projecto em CAD, como ilustram as Figuras 15 e 16 (Anexos A e B).

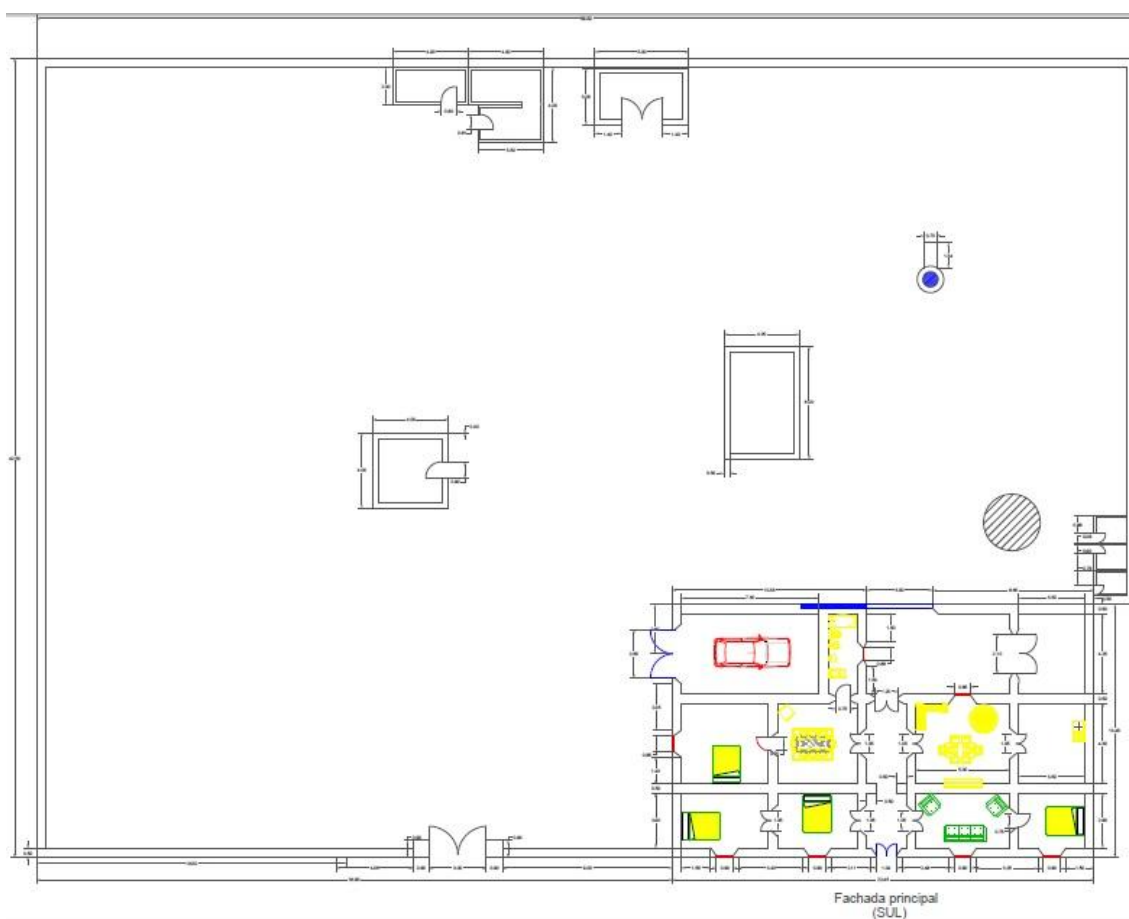


Figura 15 - Planta em AutoCad do edifício de habitação e quintal

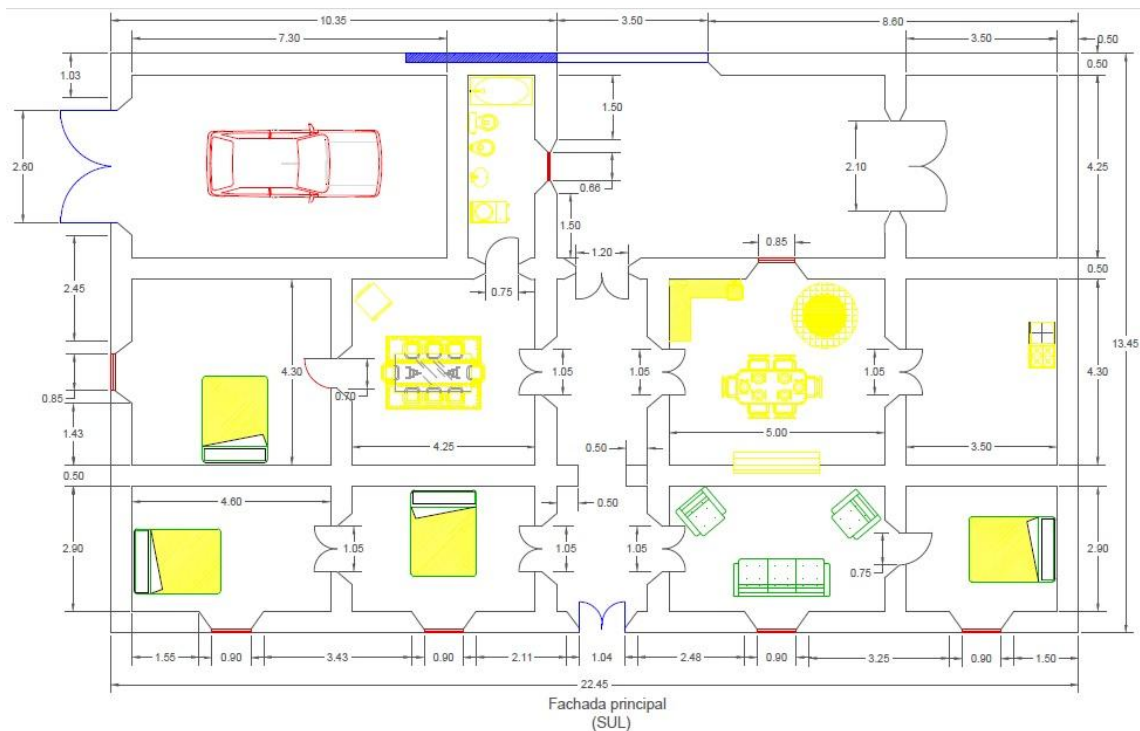


Figura 16 - Planta em *AutoCad* do edifício de habitação

V.1.2) Tipificação das patologias presentes

A maioria das patologias presentes nesta construção estão relacionadas com a idade do edifício, ou seja, falta de manutenção e desgaste dos materiais. As patologias variam desde o pavimento à cobertura, embora não sejam de elevada gravidade.

Desgaste do pavimento

Pode observar-se na Figura 17, o desgaste do pavimento composto por ladrilhos cerâmicos que datam da construção original. É visível a perda de cor, assim como a irregularidade na textura (provavelmente por queda de objetos de elevado peso).

Apresenta assim, uma diminuição da sua resistência ao desgaste.



Figura 17 - Desgaste do pavimento cerâmico (*CORR*)

Deterioração da madeira

Verifica-se a deterioração das vigas de madeira (fendilhação) provavelmente por acção do calor e da humidade. É provável que em algumas zonas das vigas de madeira ocorra ataque de fungos e de insectos, pois a madeira humedecida traduz-se no ambiente ideal para este tipo de patogologia.

A capacidade resistente da estrutura de suporte do telhado pode reduzir-se até se atingir o colapso (no futuro), se não se realizar intervenção de manutenção a curto prazo (Figura 18).



Figura 18 - Apodrecimento das vigas de madeira e destacamento do reboco (A2)

Perda de aderência - destacamento

Adicionalmente, verifica-se que o reboco (antigo) sofreu uma perda de aderência a que se dá o nome de destacamento. O destacamento do reboco consiste na separação definitiva do reboco em relação ao seu suporte. Quando ocorre este tipo de anomalia verifica-se uma profunda degradação da qualidade visual da superfície, ficando exposta à acção directa dos agentes atmosféricos (factor de risco para a residente).

Fissuração

Nas casas de arrumos podem observar-se fissurações longitudinais pouco extensas e de pequena espessura e com desenvolvimentos discretos. Esta fissuração afecta somente a parte superficial do reboco e do respectivo acabamento (pintura) (Figura 19).

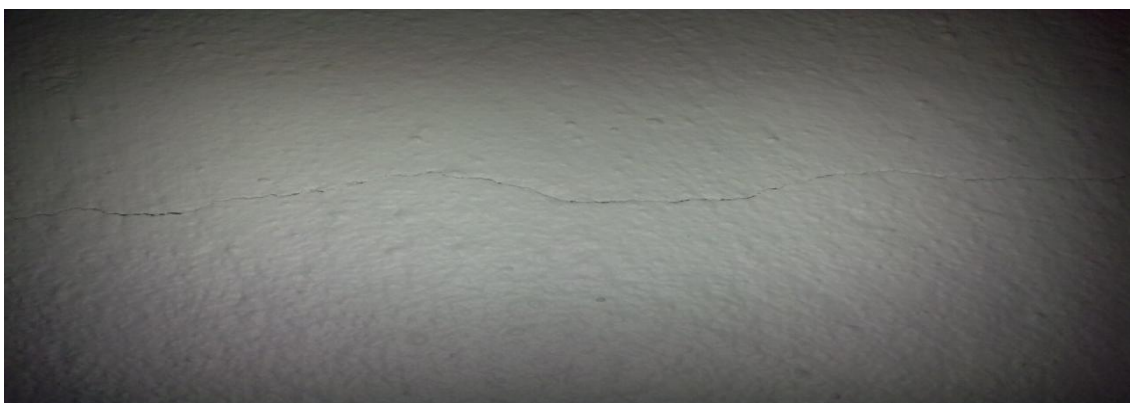


Figura 19 - Fissuração da parede

Humidade de precipitação - escorrência de água

Na Figura 20, é possível verificar a escorrência de água pela parede (Arrumos-AI). Esta patologia deve-se à infiltração de água da chuva (pela cobertura). A infiltração de água, ou seja, a presença de água, provoca a humidificação dos materiais com a consequente modificação das suas propriedades físicas. Posteriormente à infiltração ocorrem manchas de humidade. A esta humidade, pode dar-se o nome de humidade de precipitação que penetra através de fendas na cobertura ou afastamento devido ao vento, por exemplo, das telhas. Este tipo de humidade, depende essencialmente da intensidade de precipitação. As escorrências de água no interior da habitação podem conduzir a uma nova patologia: eflorescência (cristalizações superficiais de sais que se dissolvem na água e são transportados para níveis superiores).



Figura 20 - Escorrência de água no interior do edifício de habitação (AI)

V.1.3) Metodologia de reparação das patologias observadas

Desgaste do pavimento

Este tipo de anomalia pode ser corrigido de duas formas distintas. O pavimento apresenta elevado desgaste, notório principalmente pela perda de cor o que é um "incómodo" visual. Assim, a primeira metodologia corretiva deverá passar pela aplicação de produtos durante a lavagem do pavimento que lhe devolva alguma cor. Contudo, esta medida não salva a danificação de alguns ladrilhos, nos quais se verifica já deformação ou até algum assentamento.

Desta forma, aplicar-se-á a segunda medida corretiva, que passa pela substituição dos ladrilhos danificados. Mas, uma vez que se trata de substituir ladrilhos cerâmicos bastante antigos, dificilmente se conseguirá obter elementos idênticos. Podem mandar-se construir réplicas (o que será dispendioso) ou substituir todo o revestimento do pavimento por novos ladrilhos, o que provavelmente conduzirá a maior custo.

Caso se opte pela segunda medida correctiva, substituição integral do pavimento, dever-se-á ter em conta que a colocação dos ladrilhos se deve efectuar com uma argamassa bastarda, ao traço de 1;0.5;5 de cimento de *Portland*, cal hidratada e areia (categoria da areia: média lavada), para se minimizarem retracções. Deverá ser deixada uma pequena junta entre os

ladrilhos, para permitir pequenos deslocamentos por efeitos de variação de temperatura, evitando pressões de uns contra os outros.

Deterioração da madeira

A deterioração da madeira deverá ser combatida contra a acção da humidade e dos ataques de fungos e insectos.

Apesar de os danos não se apresentarem expressivos em relação aos ataques dos fungos/insetos, é de aplicar pesticida e anti-fúngico, em pequenas doses, nas zonas danificadas.

A protecção contra a humidade pode ser combatida por meio de aplicação de produtos impermeabilizantes à base de óleo, borracha ou asfalto (os dois últimos apenas se a madeira estiver seca e em pequenas áreas).

Perda de aderência - destacamento

Neste caso, é bastante difícil recuperar o reboco existente, que se desagrega por envelhecimento, isto é, atingiu o limite do seu tempo de vida.

Assim, a resolução dos problemas de perda de aderência (destacamento) passa por refazer a zona afectada do reboco.

Numa primeira fase, removem-se as áreas degradadas. Faz-se então a picagem da zona afectada e a raspagem da argamassa, incluindo a respectiva área circundante.

Numa segunda fase, eliminam-se os vestígios do primário de aderência existentes no suporte.

Na terceira e última fase, procede-se à aplicação do novo reboco.

Fissuração

A fissuração é geralmente uma patologia bastante difícil de eliminar na sua totalidade e por largo período de tempo.

A patologia é resolvida apenas temporariamente. Isto, porque resolver uma fissura é sinónimo de "remendo".

Na maioria das vezes, a fissuração surge imediatamente após a conclusão da obra.

Deficiente escolha de materiais, argamassas não controladas, encurtamento de tempos de execução, deficiente ou inexistente controlo de qualidade na fase de execução da obra, são, em geral, responsáveis por patologias do tipo da observada.

Humidade de precipitação - escorrência de água

A humidade decorrente de precipitação pode ser solucionada de várias formas:

- Eliminação das causas primárias da patologia;
- Substituição dos materiais afetados;
- Ocultação visual da anomalia.

Eliminação das causas das anomalias: é o tipo de intervenção mais eficaz, contudo a sua aplicação nem sempre é possível. Exemplo: drenagem das águas na cobertura, através de mecanismos apropriados de remoção de água.

Substituição dos materiais afetados: quando a recuperação dos materiais se torna praticamente impossível, a sua substituição é a solução mais viável. Exemplo: substituição parcial ou total dos elementos de madeira apodrecidos.

Ocultação de anomalias: poderá constituir a solução mais económica. Exemplo: construção de panos de parede que ocultem as paredes afectadas.

V.1.4) Simulação - *Energie plus* e *Design Builder*

Descrição dos programas

O programa *Energy Plus* é um programa de utilização gratuita e foi desenvolvido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos da América (*DOE - The Department of Energy*).

Este programa é bastante complexo no que diz respeito à introdução de dados, sendo no entanto actualizado constantemente e com resultados fiáveis, quer para a realização dos cálculos de energia, como das simulações.

Dada a sua complexidade, o *Energy Plus* pode ser associado a um outro programa de cálculo energético e simulação, o *Design Builder*. Este *software*, é um interface gráfico do primeiro, simplificando toda a sua programação. É composto por duas bibliotecas: a biblioteca de componentes (por exemplo, materiais de construção e equipamentos) e a biblioteca de modelos (com modelos já concebidos que podem ser aplicados a casos reais). Este interface gráfico permite a escolha da zona com as estações climatéricas mais próximas do local de estudo, sendo a versão utilizada neste estudo (2.9.0.002) específica para o nosso país. No entanto, a nova legislação no âmbito da Certificação Energética (Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de Agosto), entrará em vigor a partir do início de Dezembro de 2013, substituirá os Decreto-Lei nº 78,79 e 80 de 4 de Abril de 2006. Desta forma, o principal módulo da versão portuguesa (*IEE*) implementado neste *software* estará desactualizado.

Aplicações dos programas

Estes dois programas funcionam em simultâneo, pelo que, na presente dissertação serão referenciados como *Design Builder*.

Este programa informático é frequentemente utilizado para o estudo energético de edifícios. Possibilita a realização de simulação e sequente verificação do impacto das alterações que se podem realizar através da utilização do *software*. Permite verificar a melhor orientação de um edifício, os desempenhos energéticos dos equipamentos, realizar análises detalhadas dos sistemas de *AVAC*, ventilação natural, consumos energéticos globais e detalhados, ganhos internos, produção de *CO₂*, infiltração externa e temperaturas do ar, radiante e operativa.

Simulação - Caso de estudo (Penilhos)

Para iniciar a simulação do edifício de habitação em estudo, foi necessário criar um novo *Template* ("Caso de estudo - Penilhos"), pois os existentes na biblioteca de modelos não se enquadravam na situação real.

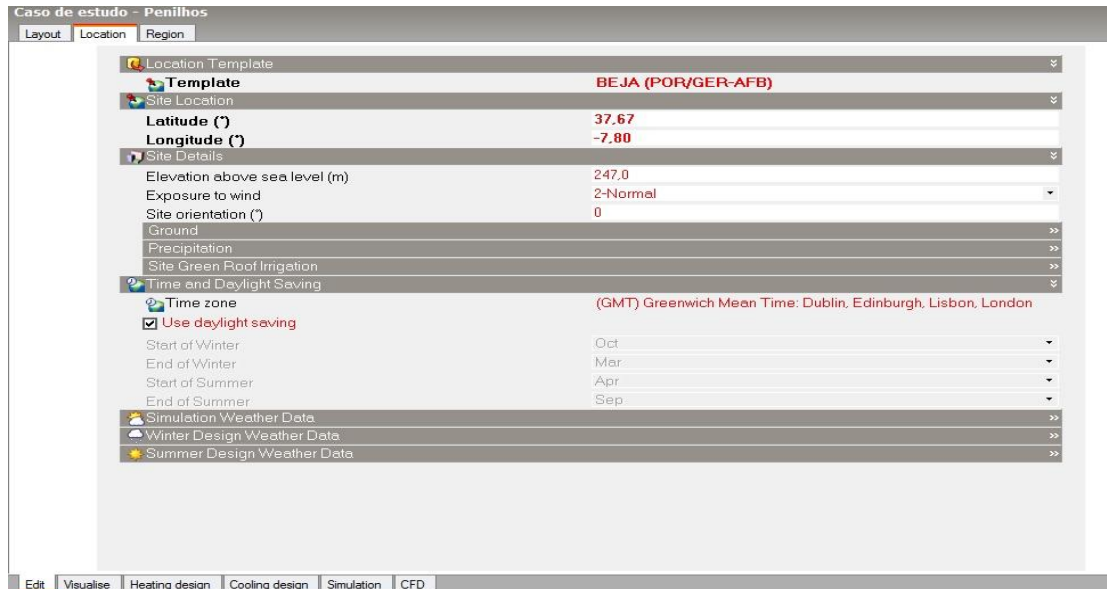


Figura 21 - Template criado: "Caso de estudo - Penilhos"

Desta forma, foi criado um *Template* adequado ao caso de estudo, com as características adequadas no que diz respeito ao solo, clima (foram aplicados dados da estação meteorológica de Évora, estação mais próxima do local de estudo e disponível pelo programa) e constituição dos elementos do edifício de habitação (paredes de taipa, telhados de caniço, etc.). Os dados são introduzidos na base de dados do programa, dando-se o nome que se pretende e podendo ser requisitados sempre que se desejem aquelas características em simulação de qualquer projecto. À medida que a simulação avança, os dados inseridos serão colocados de forma hierárquica numa coluna ao lado esquerdo da tela, a que se dá o nome de "*Navigate, Site*".

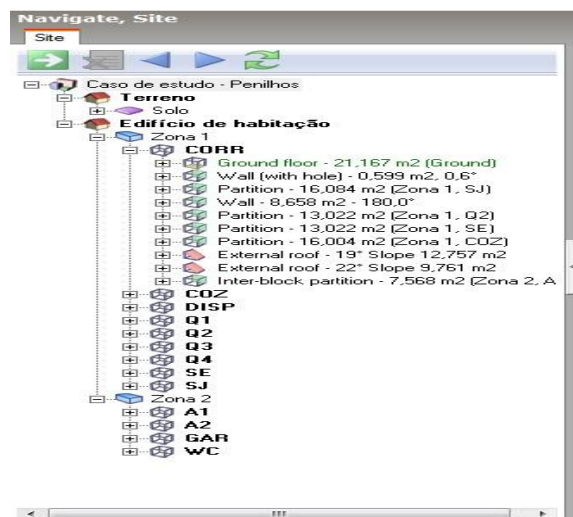


Figura 22 - *Navigate, Site* - Barra de navegação

Esta barra de navegação permite aceder e verificar facilmente todos os elementos que compõem o projecto, desde o elemento mais geral "Terreno" a todos os constituintes mais específicos do "Edifício de habitação". Como se verifica na Figura 22, a parte habitacional da casa foi dividida em duas zonas, a primeira que engloba os quartos (Q_i), sala de estar (SE), sala de jantar (SJ), cozinha (COZ), dispensa ($DISP$) e corredor ($CORR$). A segunda zona, é composta pelos arrumos (A_i), pela garagem (GAR) e pela casa de banho (WC). A divisão em duas zonas deve-se à facilidade em projectar o telhado da habitação e na separação das zonas habitáveis e não habitáveis.

Introduzidos todos os dados do caso de estudo, é gerado o edifício de habitação, sobre o terreno definido e onde todos os elementos (vãos envidraçados, portas, paredes e coberturas) têm as características definidas. A partir do modelo criado pode-se realizar a simulação, analisando o comportamento actual do edifício e prever o impacto das alterações na simulação. Através de gráficos emitidos pelo *Design Builder* consegue-se obter uma análise "rápida" das questões que podem (e devem!) ser tratadas para melhorar a eficiência energética do edifício, tais como temperaturas do ar, radiação, produção de CO_2 , consumos energéticos, ganhos internos e infiltração exterior.

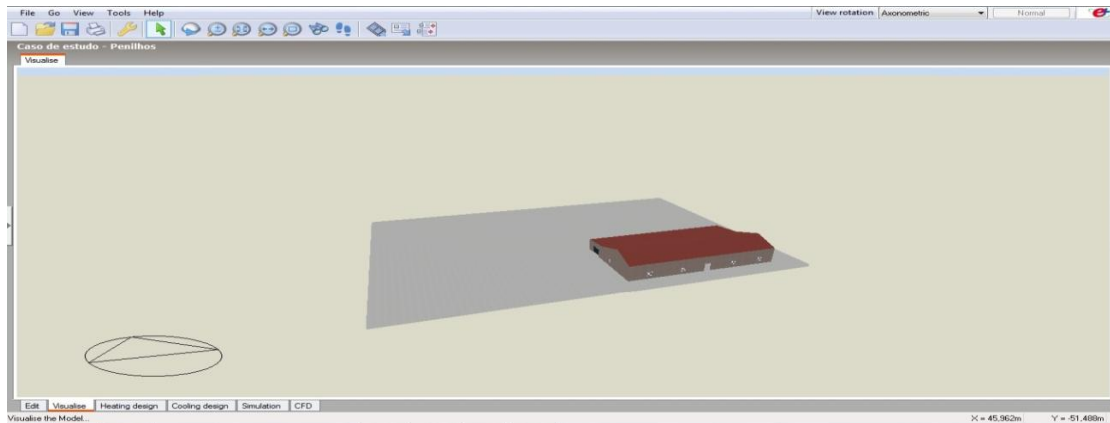


Figura 23 - Layout geral (Terreno + Edifício de habitação)

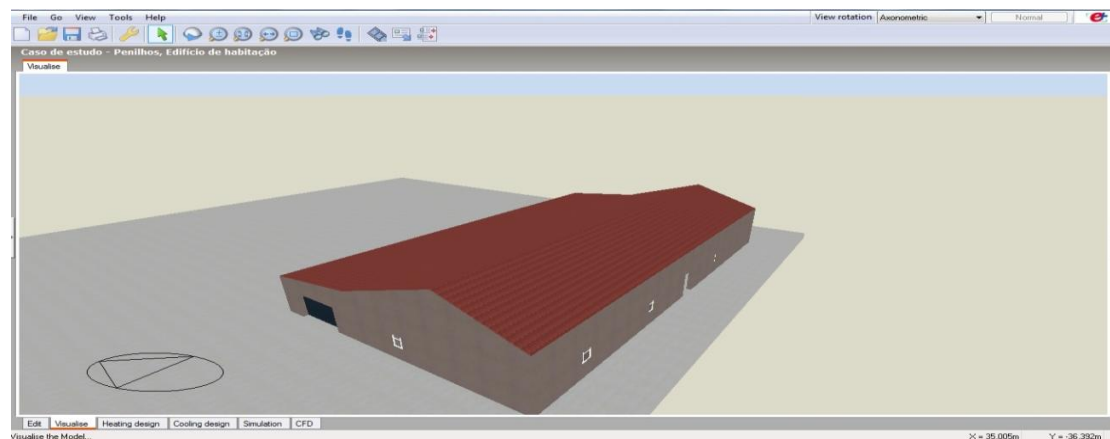


Figura 24 - Layout pormenor (Edifício de habitação)

Análise de resultados

Para a realização da análise dos resultados dividiu-se o estudo em cinco fases às quais corresponde uma simulação diferente. Foram estudados os consumos, gastos energéticos, ganhos internos, temperaturas, produção de CO_2 e infiltração, para as diferentes situações. A primeira fase, diz respeito à situação actual do edifício de habitação, sem qualquer alteração dos seus componentes. A segunda fase corresponde à substituição dos equipamentos por equipamentos mais eficientes (A+). A terceira fase do estudo, diz respeito à substituição da iluminação existente, substituindo as lâmpadas incandescentes por *LED's* (mais eficientes) [51]. A quarta fase incide sobre a introdução de estores nas janelas pelo exterior e substituição das caixilharias (madeira) e dos vidros simples por vidros duplos de mesma espessura com caixa de ar. A quinta simulação corresponde à aplicação de todas as soluções referidas atrás, em simultâneo.

Neste sub-capítulo apenas se procederá à primeira fase da simulação, sendo as restantes fases apresentadas no sub-capítulo seguinte.

Antes de apresentar a simulação actual do edifício, verifica-se a variação da temperatura no quarto e na cozinha onde se encontram um pequeno aquecedor e a lareira, respectivamente.

Fase 1: Situação actual do edifício de habitação

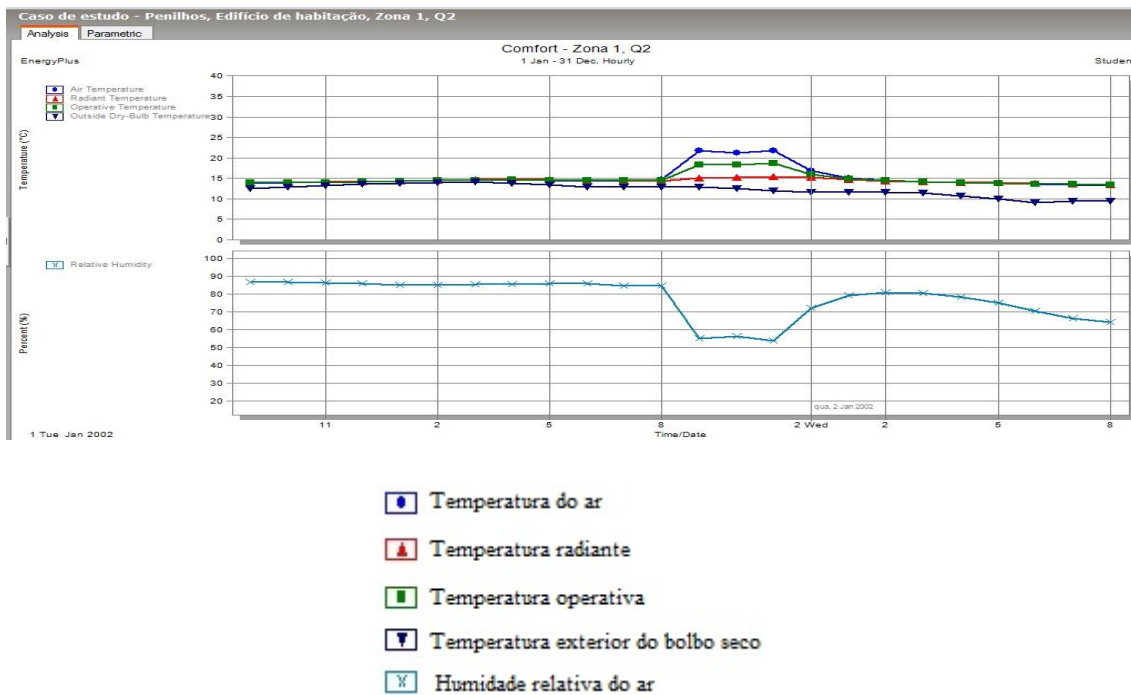


Figura 25 - Variação da temperatura do ar no quarto (Q2) devido ao aquecedor

A Figura 25 mostra a variação da temperatura do ar no quarto (Q2) considerando o horário de funcionamento do aquecedor nos meses de Inverno. Variando assim, de uma temperatura de 14,48 ° C para uma temperatura de 21,75 ° C (pico de aquecimento). Este funcionamento ocorre entre as 20h e as 23h, antes de a utente se deitar.

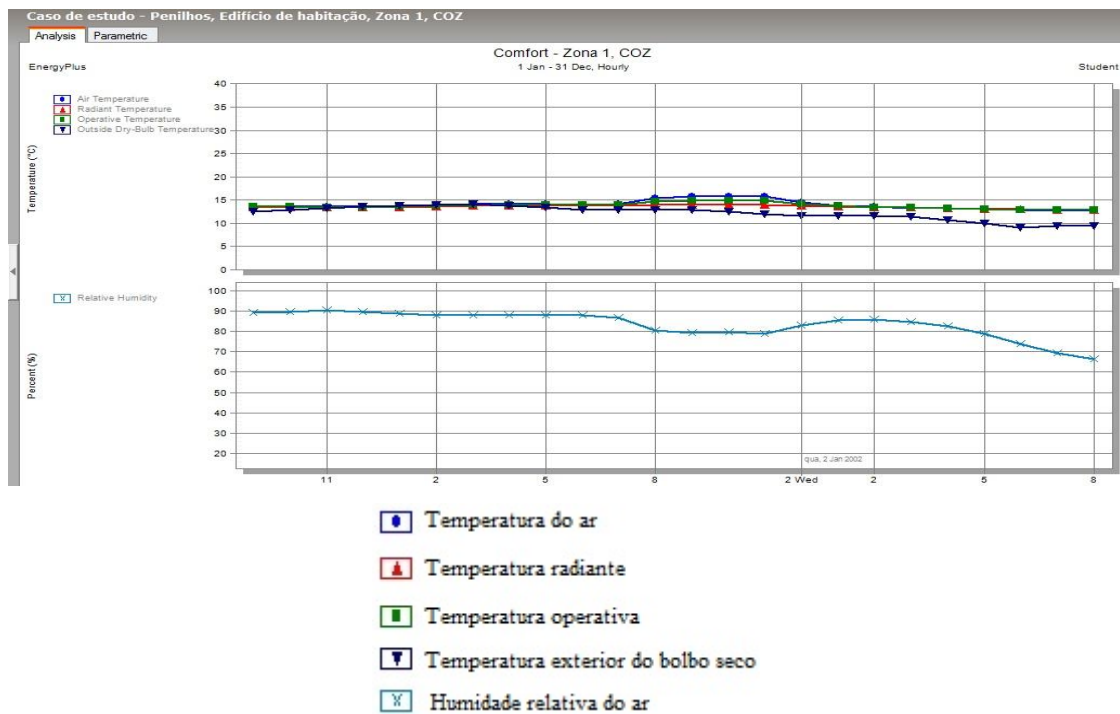


Figura 26 - Variação da temperatura do ar na cozinha devido à lareira

No horário de funcionamento da lareira nos meses de Inverno, verifica-se uma variação da temperatura do ar de 13,91 ° C para 15, 69 ° C. Esta variação não é tão acentuada como a do aquecedor no quarto devido às diferentes áreas dos espaços.

Para a sustentabilidade é bastante importante diminuir a produção de CO_2 emitida para a atmosfera, de forma a proteger o ambiente. Assim, através da Figura 27, verifica-se que o edifício de habitação no estado em que se encontra emite uma quantidade de 1866,84 quilogramas de CO_2 /ano.

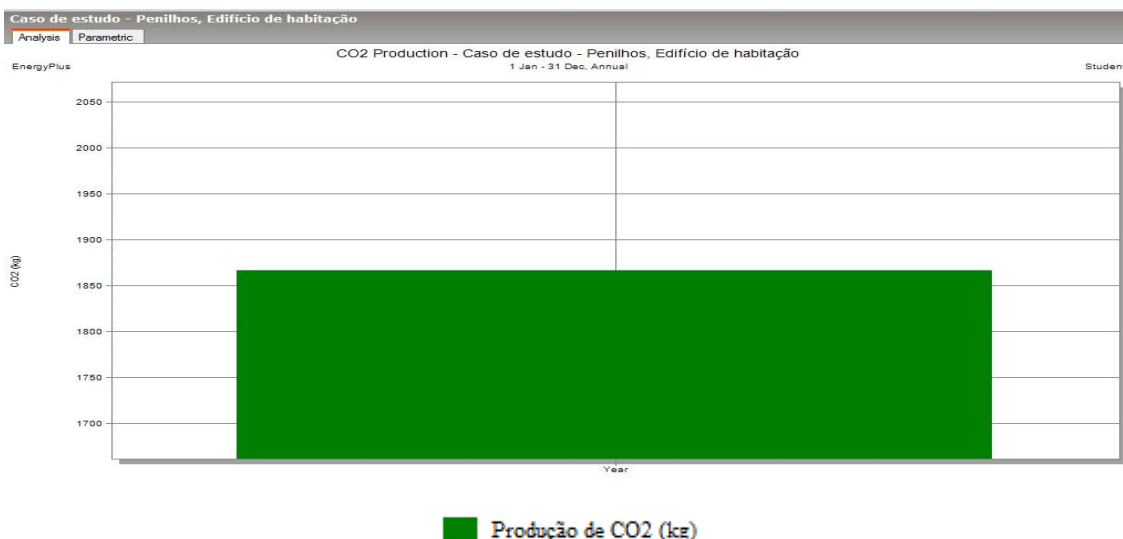


Figura 27 - Emissão anual de CO_2 (kg) do edifício de habitação

Também a infiltração externa e a ventilação de ar são factores importantes do que diz respeito ao conforto de uma habitação. Desta forma, a Figura 28 mostra o valor da infiltração externa anual do edifício (-4541,61 kWh/Ano), bem como a sua taxa de renovação de ar anual (0,606 h⁻¹/Ano).

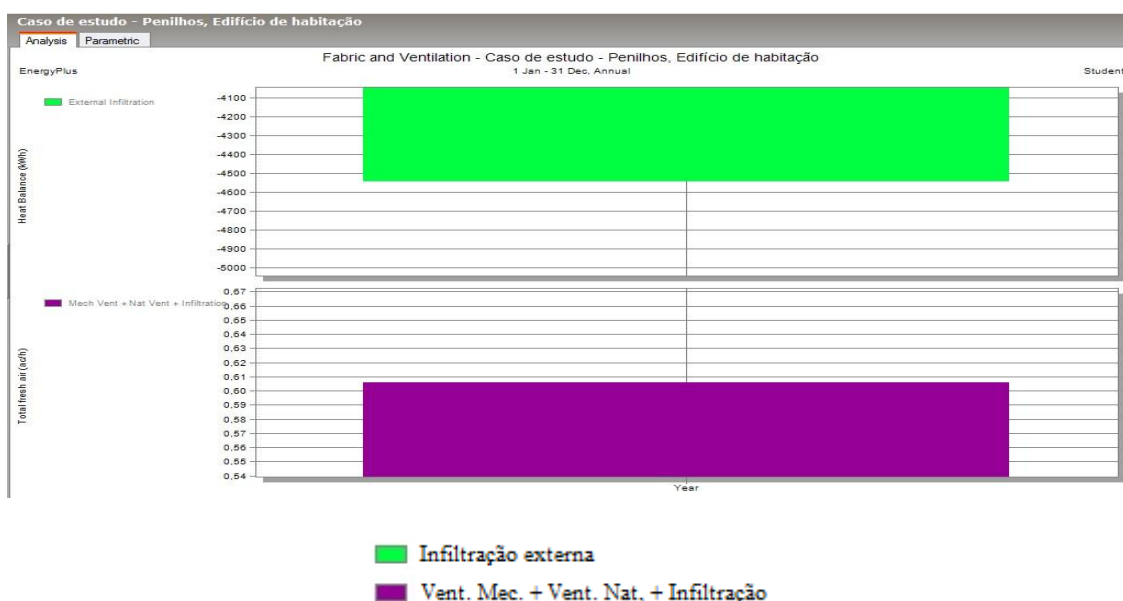


Figura 28 - Infiltração externa e taxa de renovação de ar anuais do edifício de habitação

Em questões de conforto, a temperatura do ar revela um papel de elevada importância. Desta forma, a análise da mesma é imprescindível. As figuras seguintes demonstram a variação da temperatura do ar, bem como a humidade relativa do ar, numa escala que varia desde a análise anual até à análise horária, onde se optaram pelos dias 5 de Janeiro e 29 de Agosto (escala diária) e pelos dias 1 de Janeiro e 30 de Agosto (escala horária) do ano de 2013. Estes dias foram seleccionados por se verificarem maiores diferenças e onde há uma melhor percepção da variação da temperatura do ar, assim como a temperatura radiante e a temperatura operativa.

A escolha destes dias específicos, mantém-se nas simulações mostradas mais adiante, no que diz respeito às temperaturas.

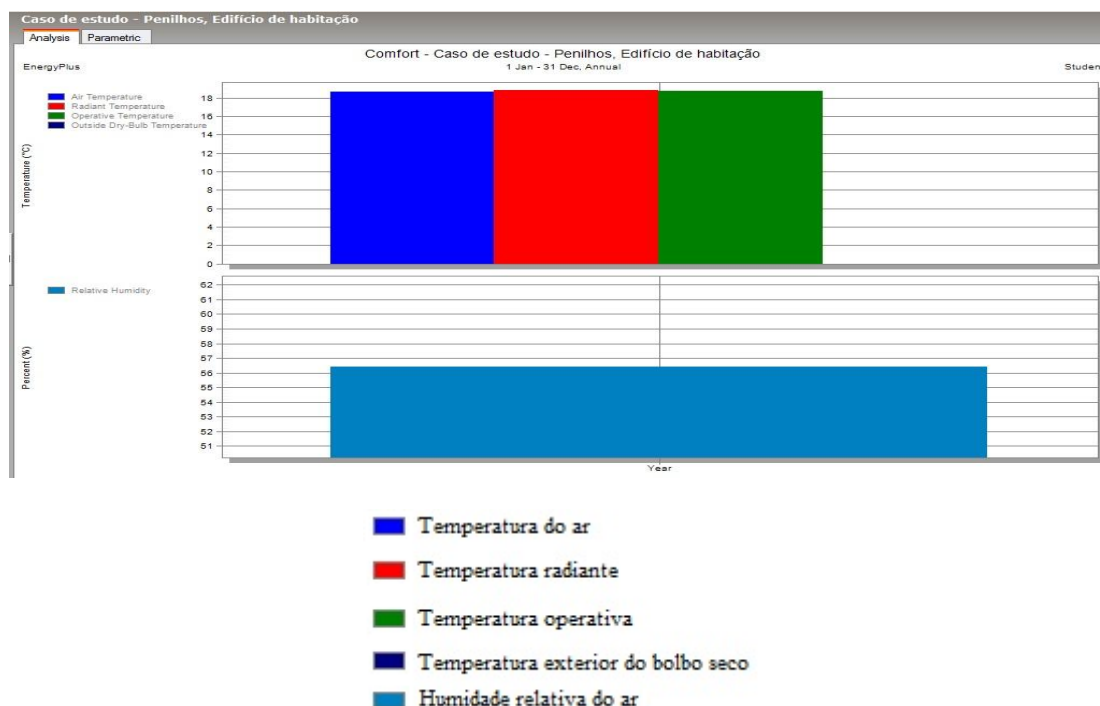


Figura 29 - valor médio anual das temperaturas do ar, radiante e operativa e da humidade relativa do edifício de habitação

Através da figura anterior, apesar de não ser muito perceptível, pois as médias anuais tornam o gráfico aparentemente uniforme, tem-se como temperaturas anuais do ar 18,68 ° C, radiante 18,81 ° C, operativa 18,75 ° C e humidade relativa do ar 56,43%.

Para se verificar melhor a variação destes elementos, a Figura 30 mostra a variação ao longo dos meses.

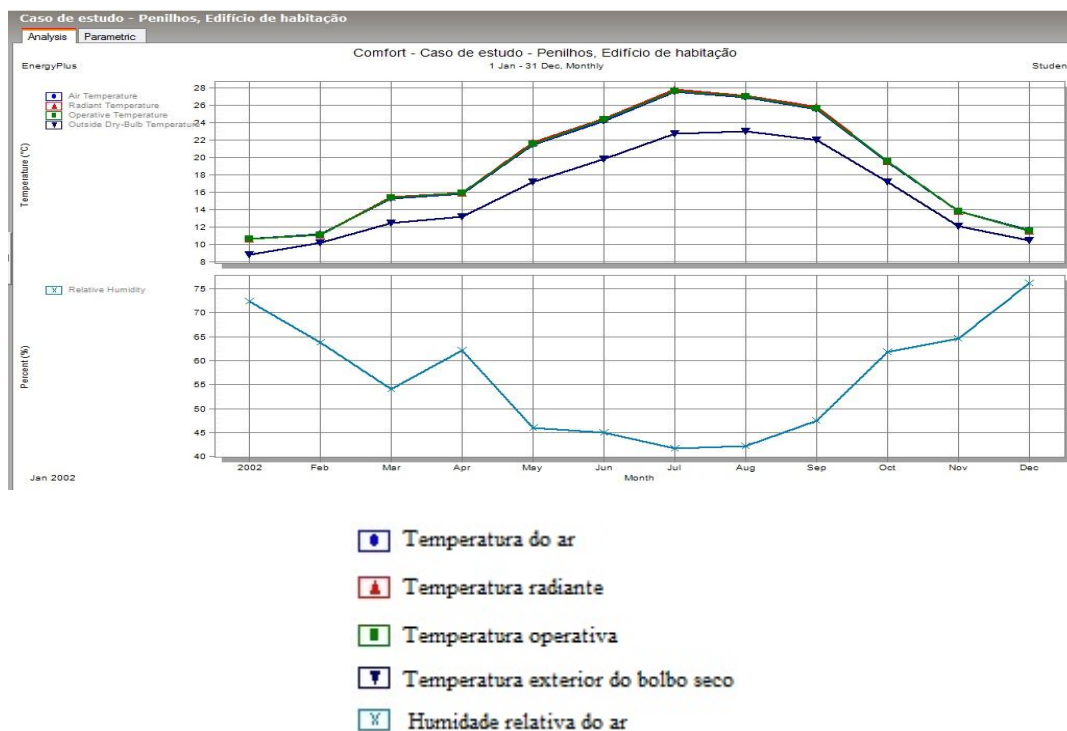
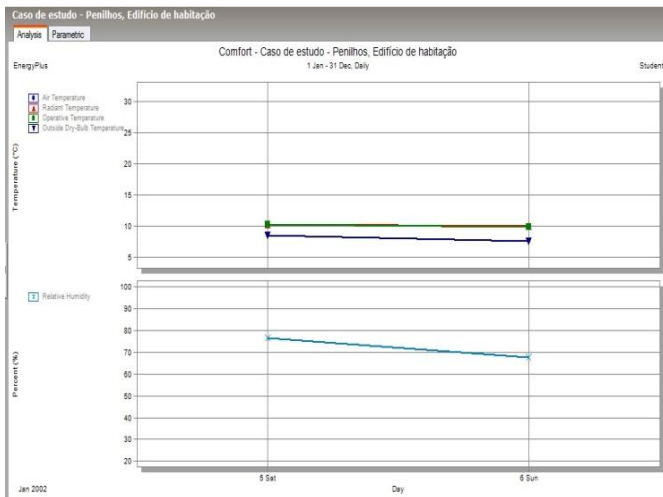


Figura 30 - Variações mensais das temperaturas do ar, radiante, operativa e da humidade relativa do ar do edifício de habitação

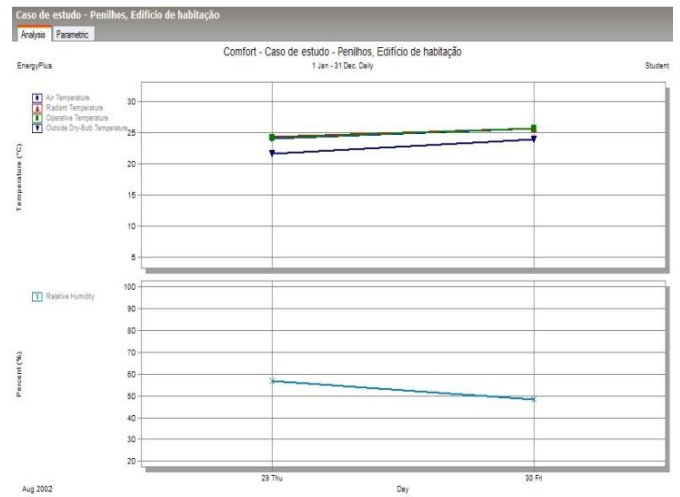
Através da figura anterior, já se percebe melhor a variação destas temperaturas que atingem o máximo no mês de Julho em cerca de $27,69^{\circ}\text{C}$ e o mínimo no mês de Dezembro com aproximadamente $11,59^{\circ}\text{C}$. Já a humidade relativa do ar, apresenta o mínimo no máximo das temperaturas com $41,69\%$ e o máximo quando as temperaturas são mínimas em cerca de $76,19\%$.

As variações diárias foram realizadas em dias específicos, como já foi referido e como demonstram as Figuras 31 e 32. No dia 5 de Janeiro as temperaturas rondaram os 10°C e a 29 de Agosto rondaram os 25°C .



- Temperatura do ar
- ▲ Temperatura radiante
- Temperatura operativa
- ▼ Temperatura exterior do bolbo seco
- X Humidade relativa do ar

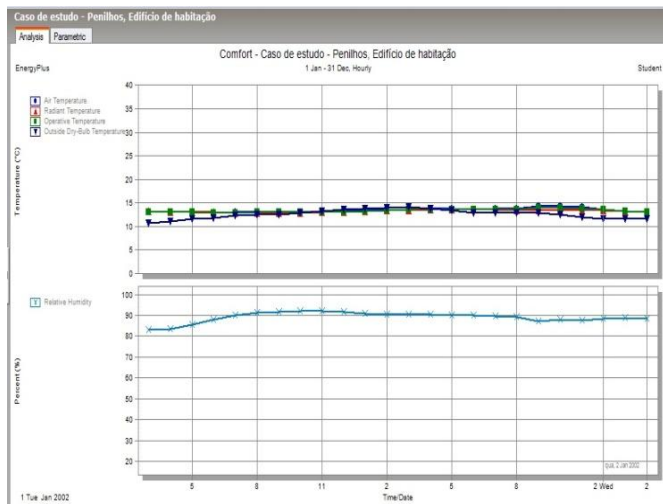
Figura 31 - Variação diária das temperaturas do ar, radiante, operativa e da humidade relativa do ar a 5 de Janeiro



- Temperatura do ar
- ▲ Temperatura radiante
- Temperatura operativa
- ▼ Temperatura exterior do bolbo seco
- X Humidade relativa do ar

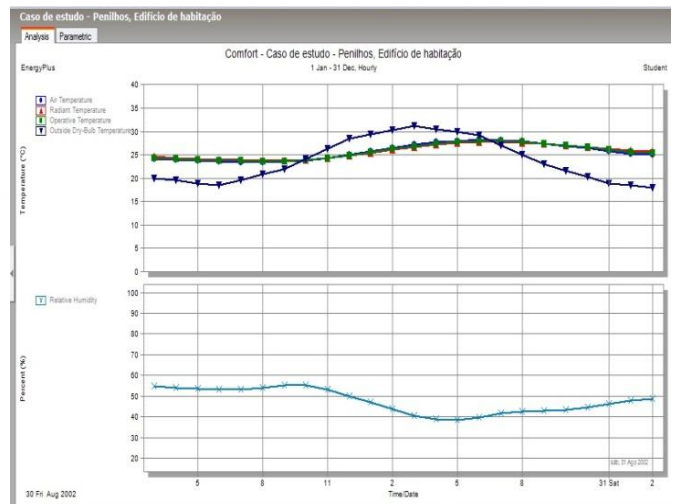
Figura 32 - Variação diária das temperaturas do ar, radiante, operativa e humidade relativa do ar a 29 de Agosto

Para que se tenham uma percepção concreta das variações das temperaturas a uma escala horária, também foram escolhidos dias específicos, como demonstram as Figuras 33 e 34.



- Temperatura do ar
- ▲ Temperatura radiante
- Temperatura operativa
- ▼ Temperatura exterior do bolbo seco
- X Humidade relativa do ar

Figura 33 - Variação horária das temperaturas do ar, radiante, operativa e humidade relativa do ar a 1 de Janeiro



- Temperatura do ar
- ▲ Temperatura radiante
- Temperatura operativa
- ▼ Temperatura exterior do bolbo seco
- X Humidade relativa do ar

Figura 34 - Variação horária das temperaturas do ar, radiante, operativa e humidade relativa do ar a 30 de Agosto

A 1 de Janeiro as temperaturas máximas e mínimas rondam os 13,91 ° C e 12,98 ° C, respectivamente. A humidade relativa do ar máxima é de 92,03% e mínima de 82,88%. A 30 de

Agosto as temperaturas máximas rondam os 28,20 ° C e as mínimas 23,79 ° C. A 30 de Agosto as percentagens máxima e mínima da humidade relativa do ar são de cerca de 38,55% e 55,14%, respectivamente.

Para que um edifício seja sustentável, é fundamental reduzir os consumos energéticos do mesmo. Para isso, é necessário saber e simular os consumos para a habitação em causa. Desta forma, estabeleceu-se um ciclo anual de consumos, onde se tem o consumo real facturado (através das facturas de electricidade fornecidas com um período de facturação entre Outubro de 2012 e Outubro de 2013). Após a introdução de todos os componentes relativos à habitação em estudo no *Design Builder*, efectuou-se uma simulação de consumos energéticos, em que a diferença entre o simulado e a realidade é inferior a 10% (aproximadamente de 5,75%), o que significa que os valores obtidos através do programa de simulação são aceitáveis.

O valor real anual facturado é de 2787 kWh e o valor simulado anual é de 2626,71 kWh (Anexo D).

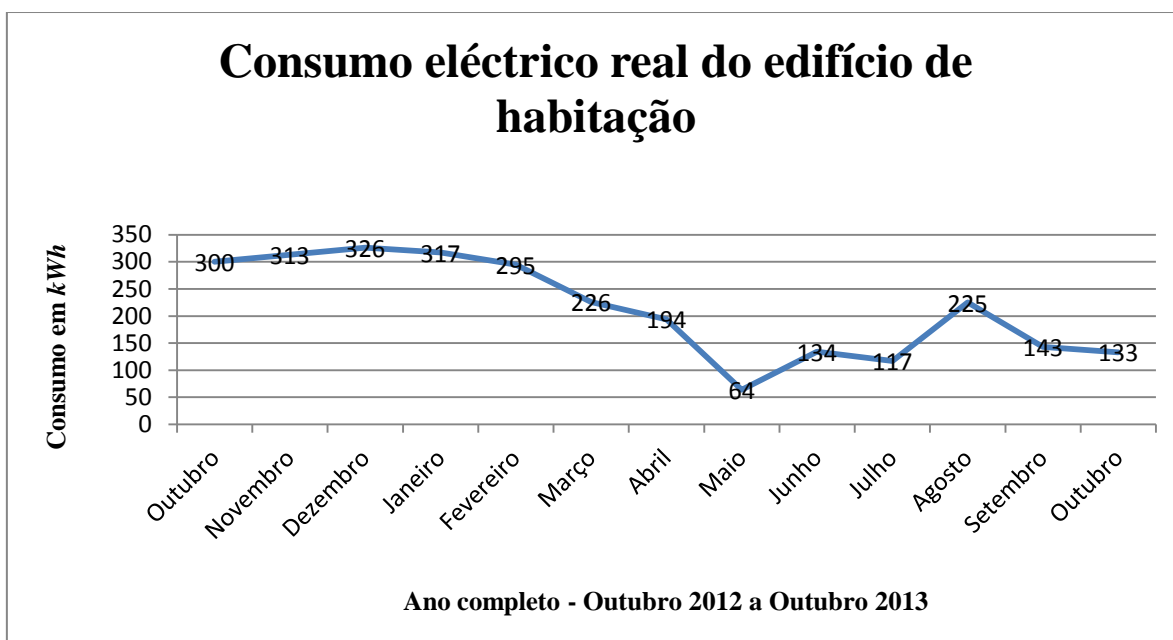


Figura 35 - Consumo eléctrico real do edifício de habitação

Através das facturas de electricidade pode ainda alargar-se este estudo aos valores pagos conforme os consumos, tal como se mostra na Figura 36.

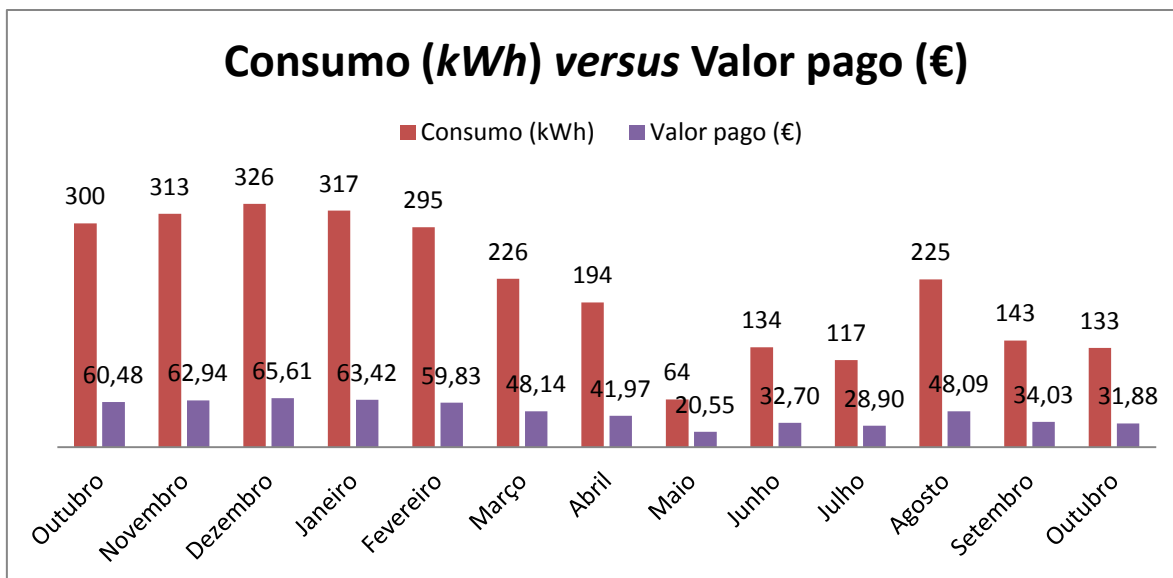


Figura 36 - Consumo (kWh) versus Valor pago (€)

Atendendo, às figuras anteriores, procede-se à análise dos resultados obtidos na simulação com o programa *Design Builder*.

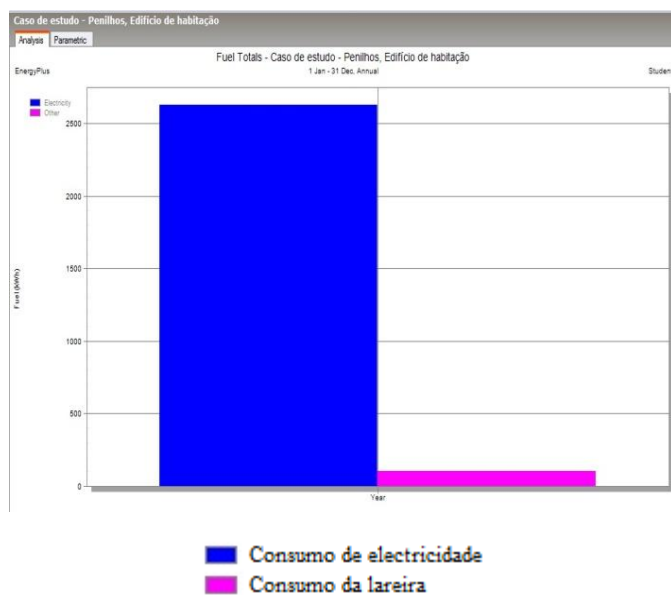


Figura 37 - Consumo anual total de energia do edifício de habitação

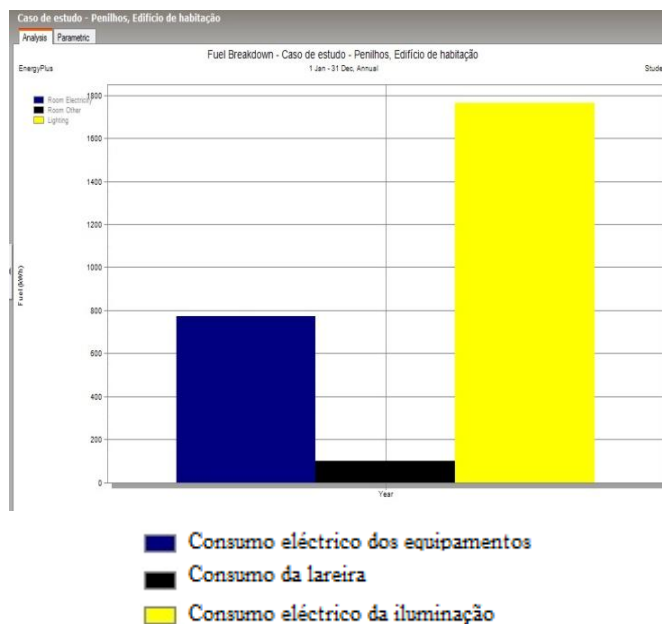


Figura 38 - Consumo anual total detalhado do edifício de habitação

As figuras anteriores dizem respeito aos consumos de energia anuais gerais e detalhados do edifício de habitação, em que na Figura 38 o consumo "Other" refere-se ao material (madeira e mineral) consumido pela lareira e que em nada contribui para a factura de electricidade. O valor do consumo anual de electricidade simulado já foi referido atrás e quando este é analisado de forma detalhada, verifica-se que a iluminação é a componente que mais contribui para o consumo total de energia com aproximadamente 1762,99 kWh/Ano. Já a componente "Room

"electricity" (electricidade consumida pelos equipamentos) tem um valor anual de 771,45 kWh e a "Room other" (matéria consumida pela lareira) é de 98,60 kWh/Ano.

Estes consumos, à semelhança da forma como foram apresentadas as temperaturas, podem ser demonstrados de uma forma mais detalhada, quando a análise se traduz por escalas mensais, diárias e horárias.

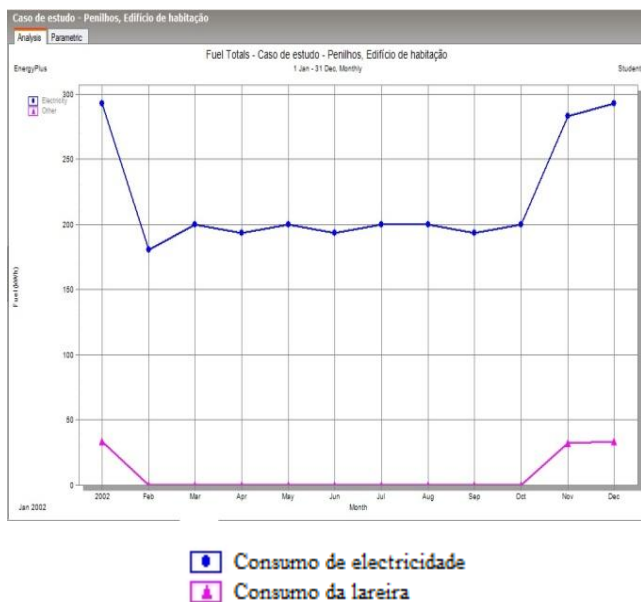


Figura 39 - Consumo mensal de electricidade do edifício de habitação

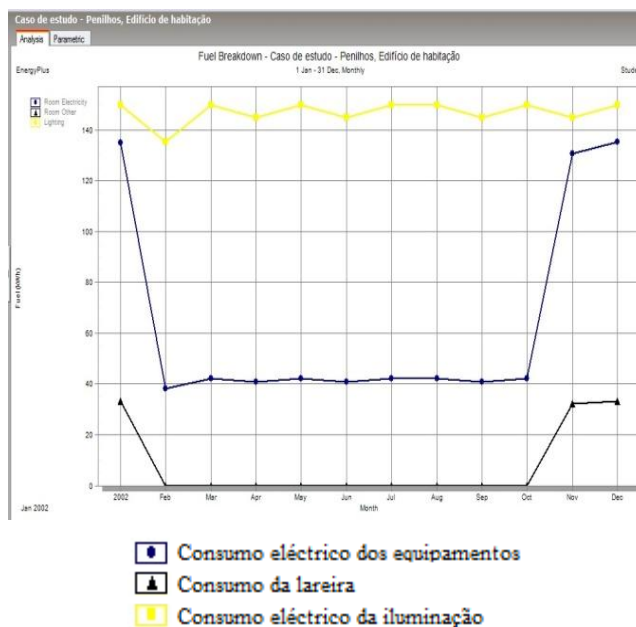


Figura 40 - Consumo mensal detalhado de electricidade do edifício de habitação

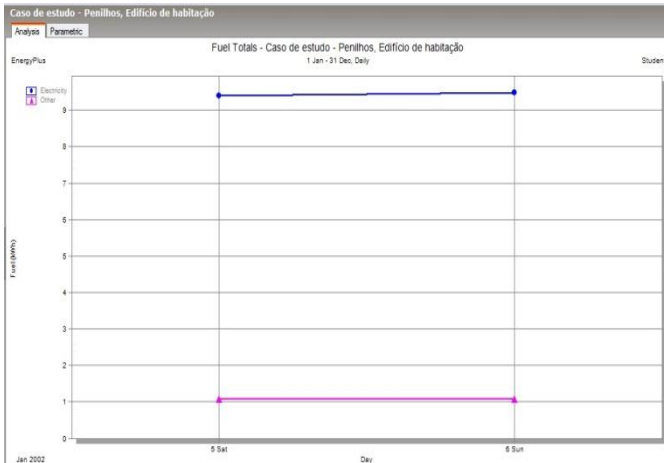
Ao analisar estes consumos mensalmente, verifica-se que o consumo de electricidade tem um pico máximo no mês de Dezembro (292,71 kWh) e um mínimo no mês de Fevereiro (180,33 kWh). Esta descida em Fevereiro, deve-se essencialmente ao abandono da utilização do aquecedor no quarto (Q2). Quando se analisa o consumo mensal de forma detalhada, verifica-se que a iluminação mantém um consumo elevado durante todo o ano com valores que variam entre 135,24 kWh (Fevereiro) e 149,73 kWh (Agosto, por exemplo). Já no que diz respeito ao consumo por parte dos equipamentos o máximo mantém-se em Dezembro (135,14 kWh) e o mínimo em Fevereiro (38 kWh).

Para analisar os consumos diários, seleccionaram-se os dias 5 de Janeiro e 29 de Agosto para o consumo geral e os dias 17 de Janeiro e 17 de Agosto para os consumos detalhados. Foram escolhidos estes dias, por serem aqueles em que se verificavam as maiores diferenças de consumos.

A Figura 41 mostra um consumo de aproximadamente 9,47 kWh no mês de Janeiro e a Figura 43 mostra um consumo geral de 6,46 kWh no mês de Agosto. Verifica-se um menor consumo de electricidade nos meses mais quentes do ano.

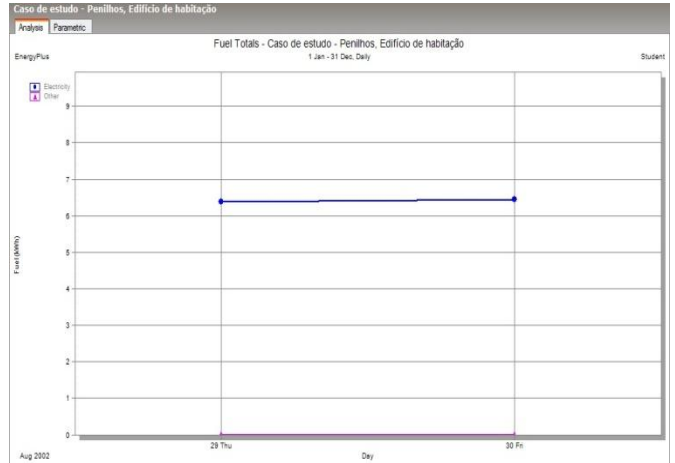
A Figura 43 mostra um consumo detalhado: 4,83 kWh (iluminação) e 4,38 kWh (equipamentos) no mês de Janeiro e a figura seguinte (Figura 44) revela um consumo de 4,83

kWh (iluminação) e 1,38 *kWh* (equipamentos). Ou seja, uma vez mais se verifica uma descida no consumo de electricidade nos meses quentes por parte dos equipamentos, o que se deve essencialmente, como já foi referido, à não utilização do aquecedor no quarto (*Q2*). Já a iluminação mantém-se "constante" ao longo de todo o ano.



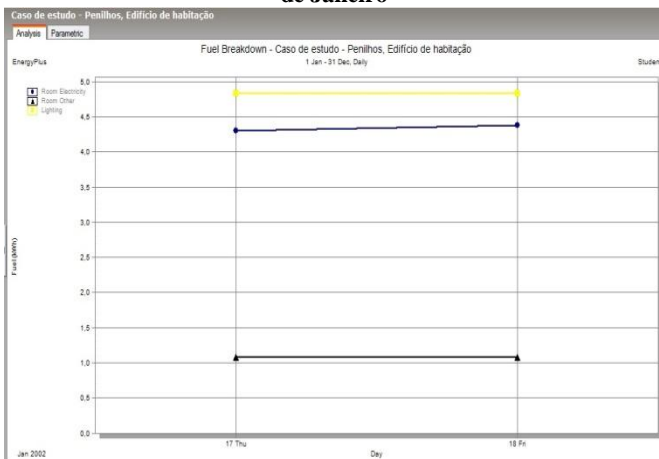
■ Consumo de electricidade
■ Consumo da lareira

Figura 41 - Consumo eléctrico diário do edifício de habitação a 5 de Janeiro



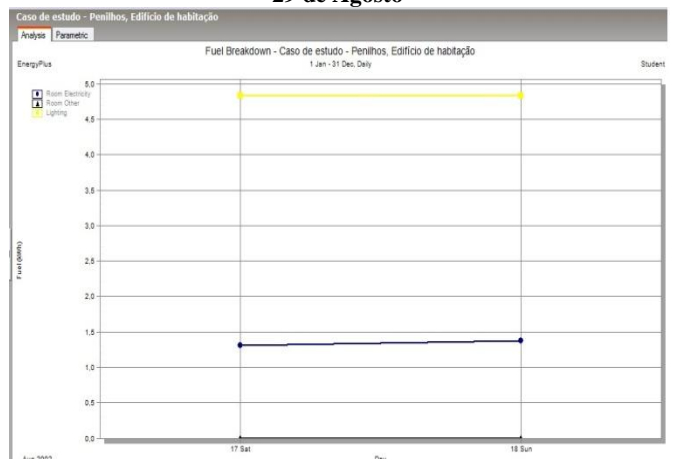
■ Consumo de electricidade
■ Consumo da lareira

Figura 42 - Consumo eléctrico diário do edifício de habitação a 29 de Agosto



■ Consumo eléctrico dos equipamentos
■ Consumo da lareira
■ Consumo eléctrico da iluminação

Figura 43 - Consumo eléctrico detalhado do edifício de habitação a 17 de Janeiro



■ Consumo eléctrico dos equipamentos
■ Consumo da lareira
■ Consumo eléctrico da iluminação

Figura 44 - Consumo eléctrico detalhado do edifício de habitação a 17 de Agosto

Para que se percebesse diferença do consumo de energia, procedeu-se à análise horária tendo em conta os dias 1 de Janeiro e 30 de Agosto para os consumos de energia total e detalhado em 24 horas. As figuras seguintes ilustram estes consumos:

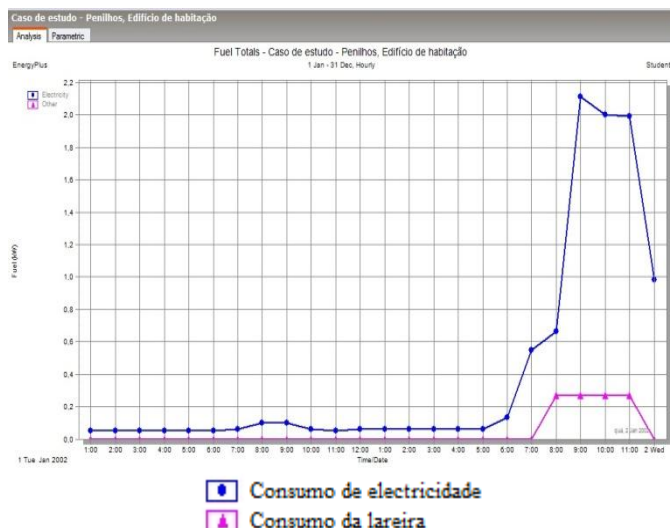


Figura 45 - Consumo total horário do edifício de habitação a 1 de Janeiro

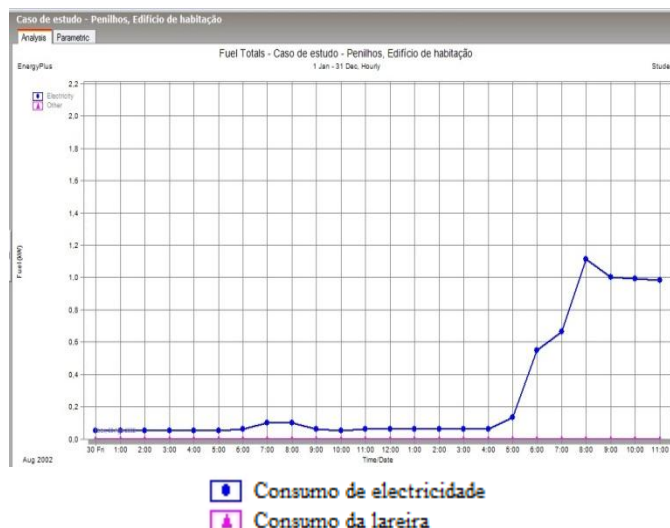


Figura 46 - Consumo total horário do edifício de habitação a 30 de Agosto

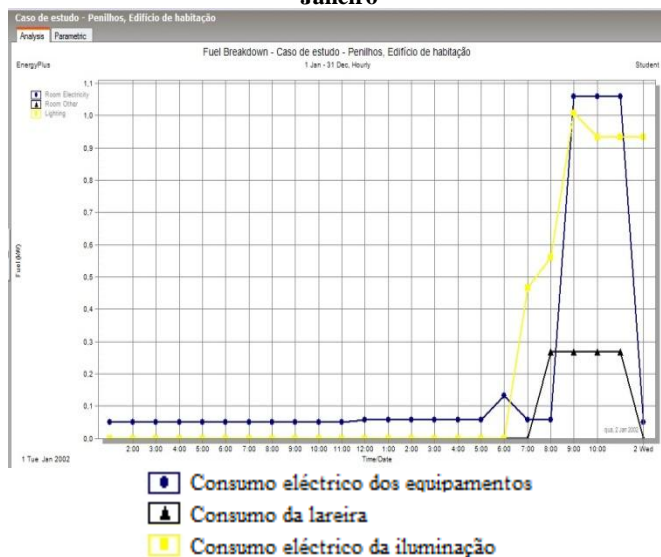


Figura 47 - Consumo total detalhado do edifício de habitação a 1 de Janeiro

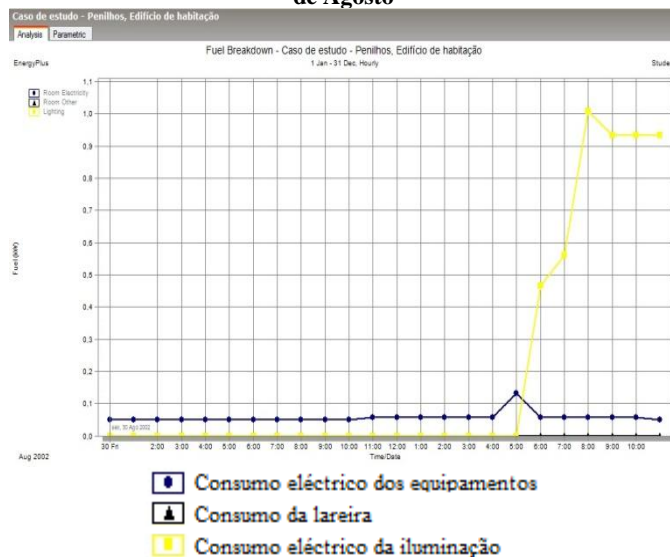


Figura 48 - Consumo total detalhado do edifício de habitação a 30 de Agosto

As Figuras 45 e 46 mostram o máximo de consumos totais de energia ao fim do dia, sendo que a 1 de Janeiro atinge um valor de 2,11 kW e a 30 de Agosto atinge 1,11 kW. Quanto às Figuras 47 e 48 que dizem respeito ao consumo total detalhado mostram que o consumo aumenta igualmente ao anoitecer, sendo que no mês de Verão nota-se um valor baixo quanto aos equipamentos. Assim, a 1 de Janeiro a iluminação tem um máximo de 1 kW e os equipamentos de 1,06 kW. A 30 de Agosto a iluminação mantém o máximo horário do mês de Inverno e os equipamentos têm uma "queda" para valor mínimo de 0,5 kW.

Por fim, e não menos importante, os ganhos internos por parte da energia solar, utilização de equipamentos e ocupação. O processo de análise é semelhante aos anteriores, apresentando-se resultados anuais, mensais, diários e horários.

As Figuras 49 e 50 mostram os ganhos da habitação através das diversas componentes:

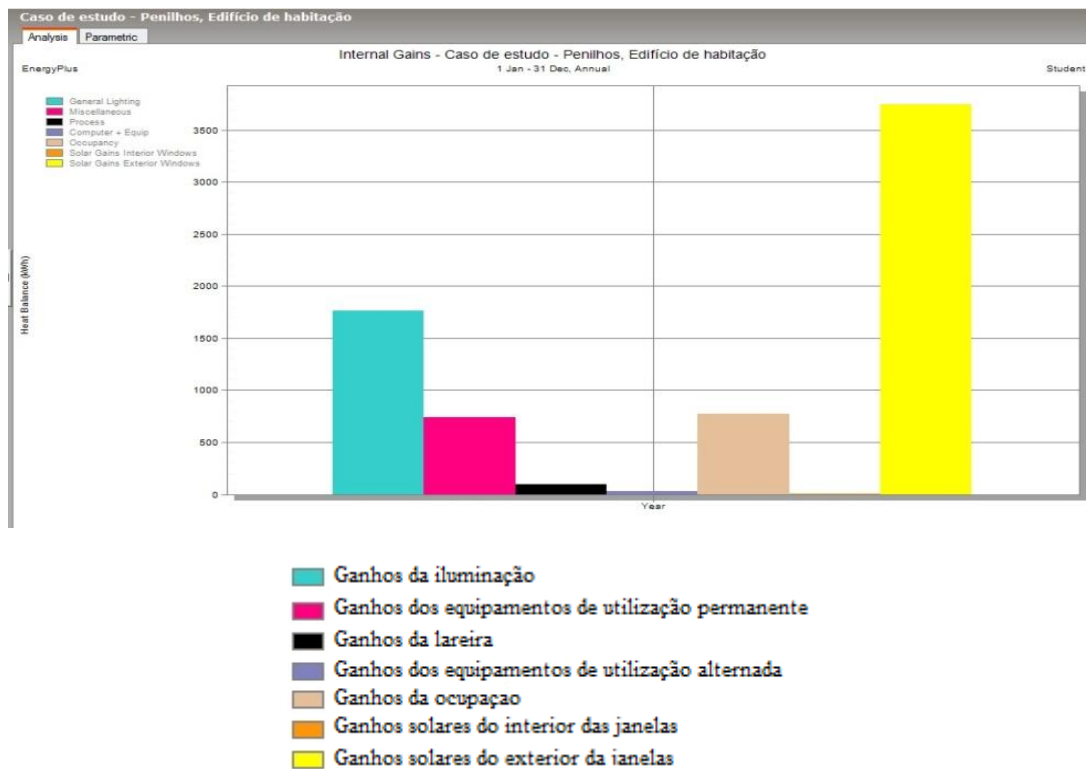


Figura 49 - Ganhos totais anuais do edifício de habitação

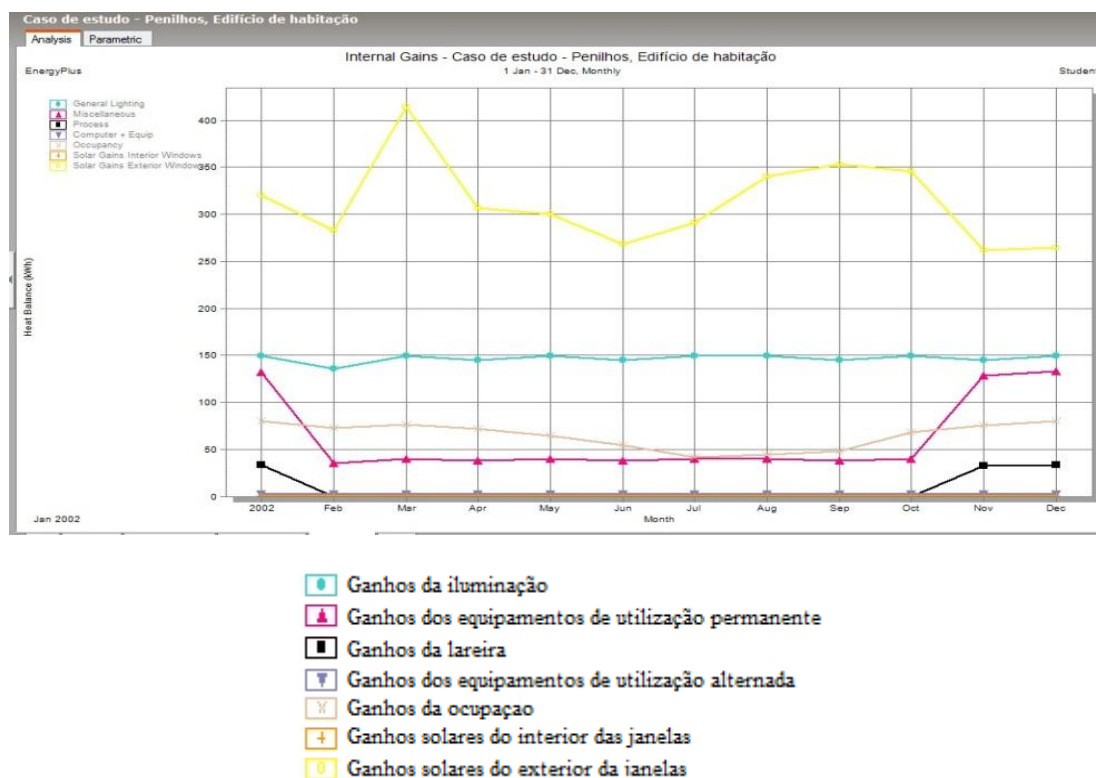


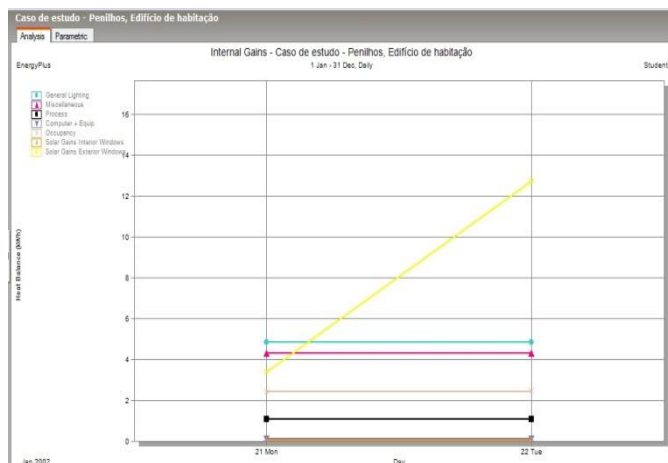
Figura 50 - Ganhos totais mensais do edifício de habitação

Na Figura 49 é visível que a maioria dos ganhos são provenientes do exterior, através da radiação solar (barra amarela), atingindo um máximo de 3746,24 kWh por ano. Em seguida, surgem os ganhos por parte da iluminação (barra azul) com 1762,99 kWh por ano. Seguindo-se

de ganhos anuais menores de 776,09 kWh e 739,49 kWh, provenientes da ocupação (barra castanha clara) e dos equipamentos que estão ligados constantemente (barra cor de rosa) - *Miscellaneous* - (por exemplo: arca congeladora e frigorífico), respectivamente. Os ganhos mínimos anuais, têm origem na lareira ("*Process*" - barra preta) com 98,60 kWh e nos equipamentos de utilização alternada ("*Computer + Equip*" - barra violeta) com 31,95 kWh.

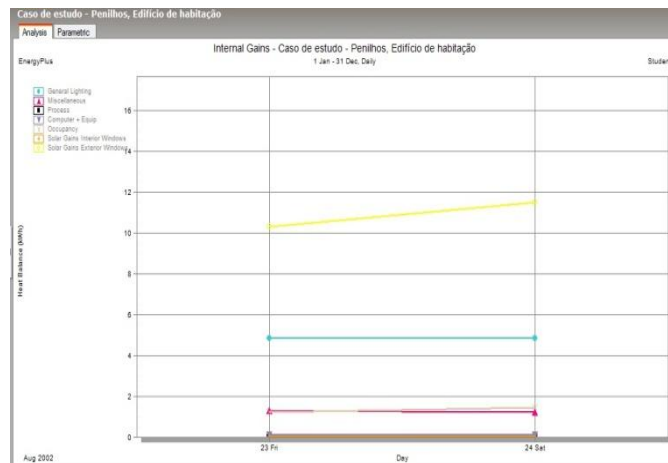
Quanto à Figura 50, note-se que os ganhos mensais, provenientes do exterior têm valores mais elevados que os restantes, sendo que a ordem de ganhos se mantém semelhante à situação anual. Desta forma os ganhos de origem exterior atingem um máximo de 414,02 kWh no mês de Março, a iluminação fornece ganhos na ordem dos 149 kWh ao longo de todos os meses, os equipamentos que funcionam constantemente têm ganhos máximos nos meses de Inverno com aproximadamente 132 kWh, a ocupação tem maiores ganhos igualmente nos meses de Inverno atingindo o máximo no mês de Dezembro com 79,78 kWh e os equipamentos de utilização alternada têm ganhos muito menores com uma ligeira subida nos meses de Inverno (2,71 kWh).

Quanto às análises diária e horária, as figuras seguintes reflectem os resultados, tendo como análise os dias 21 de Janeiro e 23 de Agosto para a escala diária e os dias 1 de Janeiro e 20 de Agosto para a escala horária.



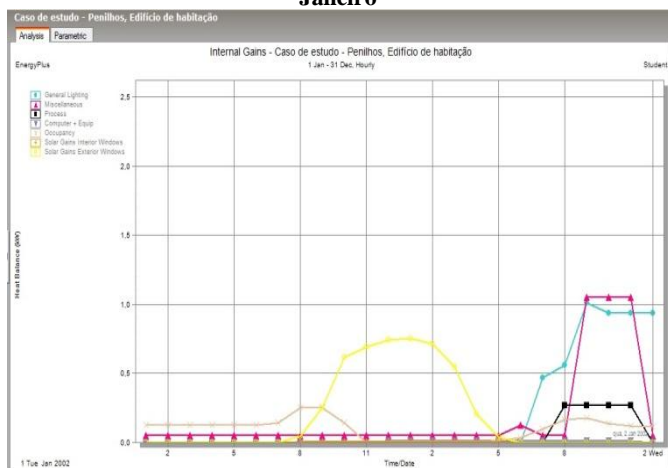
- Ganhos da iluminação
- Ganhos dos equipamentos de utilização permanente
- Ganhos da lareira
- Ganhos dos equipamentos de utilização alternada
- Ganhos da ocupação
- Ganhos solares do interior das janelas
- Ganhos solares do exterior das janelas

Figura 51 - Ganhos totais diários do edifício de habitação a 21 de Janeiro



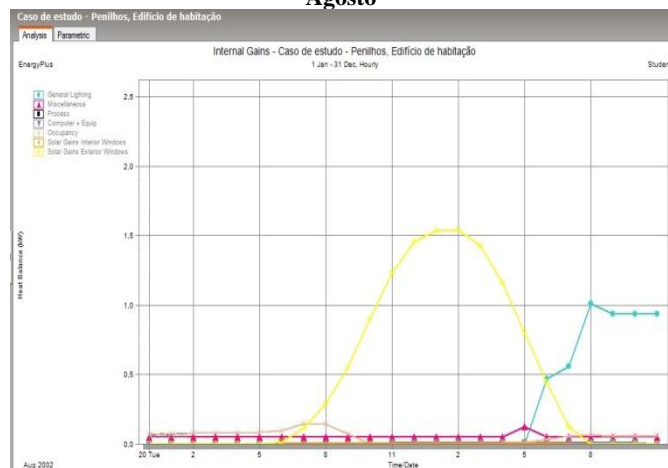
- Ganhos da iluminação
- Ganhos dos equipamentos de utilização permanente
- Ganhos da lareira
- Ganhos dos equipamentos de utilização alternada
- Ganhos da ocupação
- Ganhos solares do interior das janelas
- Ganhos solares do exterior das janelas

Figura 52 - Ganhos totais diários do edifício de habitação a 23 de Agosto



- Ganhos da iluminação
- Ganhos dos equipamentos de utilização permanente
- Ganhos da lareira
- Ganhos dos equipamentos de utilização alternada
- Ganhos da ocupação
- Ganhos solares do interior das janelas
- Ganhos solares do exterior das janelas

Figura 53 - Ganhos totais horários do edifício de habitação a 1 de Janeiro



- Ganhos da iluminação
- Ganhos dos equipamentos de utilização permanente
- Ganhos da lareira
- Ganhos dos equipamentos de utilização alternada
- Ganhos da ocupação
- Ganhos solares do interior das janelas
- Ganhos solares do exterior das janelas

Figura 54 - Ganhos totais horários do edifício de habitação a 20 de Agosto

Nos meses mais quentes verifica-se um crescimento dos ganhos provenientes do exterior, atingindo valores superiores aos restantes ganhos. Assim, no dia 21 de Janeiro estes ganhos atingem os 12,71 kWh, sendo que o pico horário ocorre no dia 1 de Janeiro por volta das 13 horas. No mês de Janeiro, os restantes ganhos atingem valores um pouco mais elevados ao anoitecer, não variando muito numa média diária. Já no mês de Agosto a variação não é tão elevada, no que diz respeito aos ganhos provenientes do exterior, mas estes são superiores,

atingindo um máximo de 11,48 kWh e no ciclo horário o pico ocorre por volta das 13 horas com 1,27 kWh (quase o dobro do mês de Janeiro - 0,75 kWh).

Assim e em suma, estabeleceu-se a tabela seguinte com os consumos anuais e mensais de todos os elementos analisados anteriormente para que posteriormente seja facilitada a percepção na comparação de resultados.

Tabela 15 - Consumos e ganhos anuais e mensais da situação actual do edifício de habitação em estudo

			Anual	Mensal		
				Máx.	Min.	
ESTADO ACTUAL DO EDIFÍCIO	Conforto	Temperatura do ar (° C)	18,68	27,69	11,59	
		Temperatura radiante (° C)	18,81			
		Temperatura operativa (° C)	18,75			
		Humidade relativa do ar (%)	56,43	76,19	41,69	
	Consumo de electricidade (kWh)	Consumo geral	2626,71	292,71	180,33	
		Iluminação	1762,99	149,73	135,24	
		Equipamentos	771,45	135,14	38	
				Anual	Mensal	
	Ganhos internos (kWh)	Ganhos exteriores pela janela	3746,24	414,02		
		Iluminação	1762,99	149		
		Equipamentos permanentes	739,49	132		
		Ocupação	776,09	79,78		
		Equipamentos alternados	31,95	2,71		
	Produção de CO₂ (kg)		1866,84			
	Infiltração externa (kWh)		-4541,61			
	Taxa de renovação de ar (h⁻¹)		0,606			

Apesar de se tratar de uma habitação unifamiliar, verificam-se consumos relativamente elevados, para ocupação permanente de apenas uma pessoa. Pois, tendo o edifício de habitação 245,276 m² de área, o consumo anual de energia corresponde a cerca de 10,69 kWh/m².

Logo, no ponto seguinte tem-se por objectivo apresentar as restantes fases, já referidas, com soluções sustentáveis e eficientes para que o consumo anual de energia baixe consideravelmente e para que o aproveitamento de todo o ambiente envolvente possa contribuir para a sustentabilidade deste edifício de habitação.

V.2) Diagnóstico projectivo

Nesta fase do estudo serão apresentadas soluções que não alterem substancialmente a construção tradicional, mas das quais se possam tirar proveitos sustentáveis e que melhorem a eficiência energética da habitação. Pretende-se, manter as características da construção típica desta região e inculindo alterações que esteticamente não provocam alterações profundas, mas que podem e devem ser adoptadas para que se consiga uma habitação mais eficiente, do ponto de vista energético.

V.2.1) Caracterização e análise projectiva

Como já foi referido anteriormente, a simulação engloba a situação actual do edifício, bem como mais quatro fases com propostas de alteração do seu estado actual. Assim, neste subcapítulo serão apresentadas as simulações das soluções que podem contribuir para a reabilitação sustentável da habitação e no subcapítulo seguinte, procede-se à descrição das mesmas, explicitando a forma como devem ser implementadas.

Fase 2: Solução 1 - Substituição dos equipamentos

Comece-se por analisar os resultados simulados em *Design Builder* da segunda fase da simulação que consiste em substituir os equipamentos actuais e já com alguma idade (logo, menor eficiência) por equipamentos de eficiência A+.

A Figura 55 mostra os valores anuais das temperaturas do ar, radiante, operativa e da humidade relativa do ar, após a introdução desta medida.

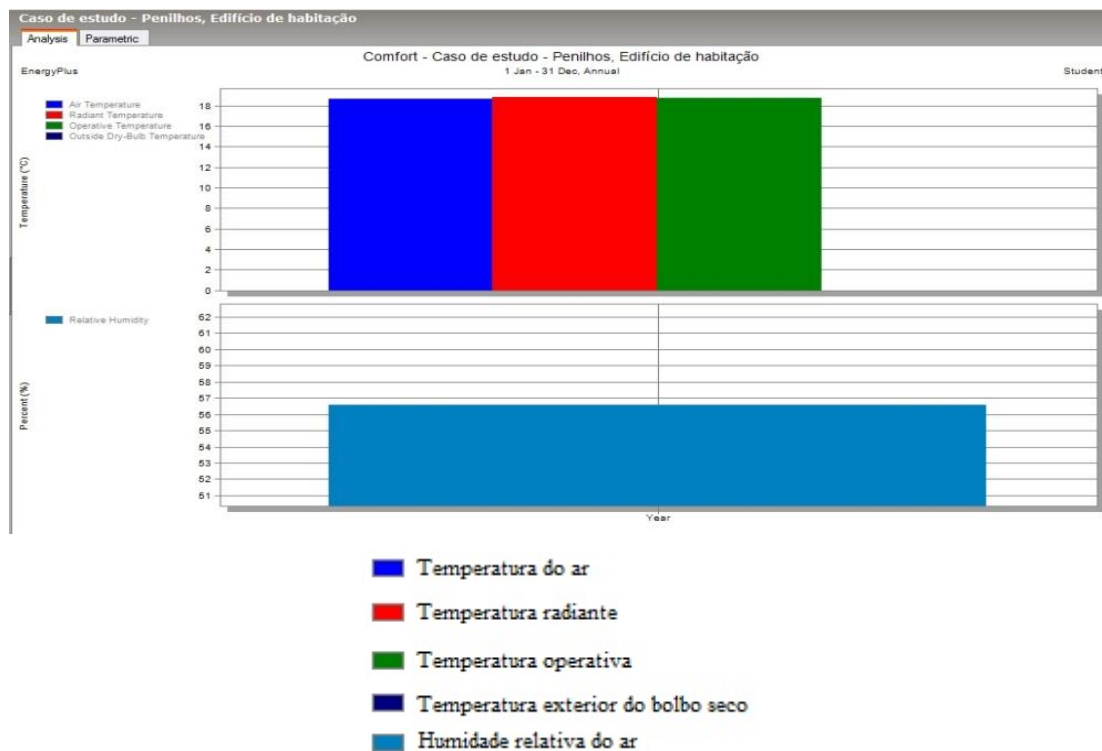


Figura 55 - Valores anuais das temperaturas do ar, radiante, operativa e humidade relativa do ar após a substituição dos equipamentos

Ao analisar a figura, percebe-se que as temperaturas tiveram uma ligeira descida e a humidade relativa do ar, conseqüentemente, uma ligeira subida. Desta forma, a temperatura do ar tem um valor de 18,64 ° C, a temperatura radiante 18,78 ° C, a temperatura operativa 18,71 ° C e a humidade relativa do ar 56,6%. Em termos anuais, as diferenças são muito pequenas e assim, será necessário analisar estes valores numa variação mensal, como mostra a figura seguinte.

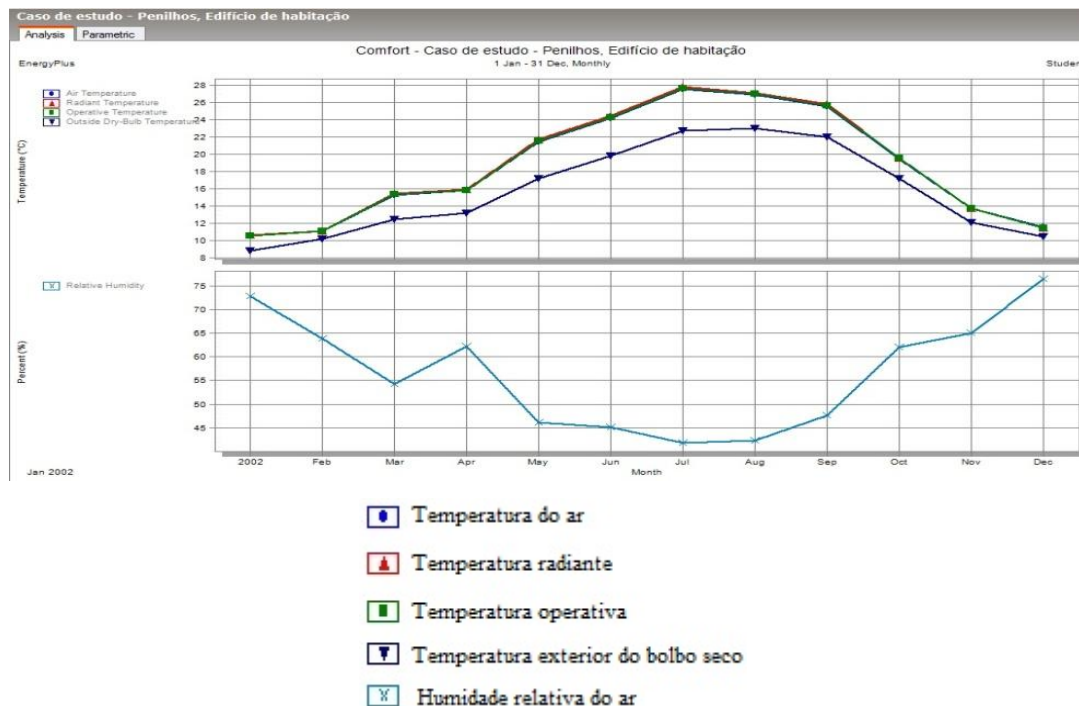
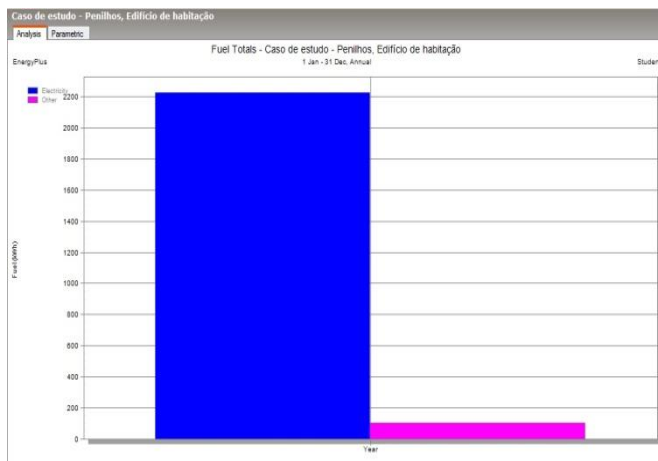


Figura 56 - Valores mensais das temperaturas do ar, radiante, operativa e da humidade relativa do ar após substituição dos equipamentos

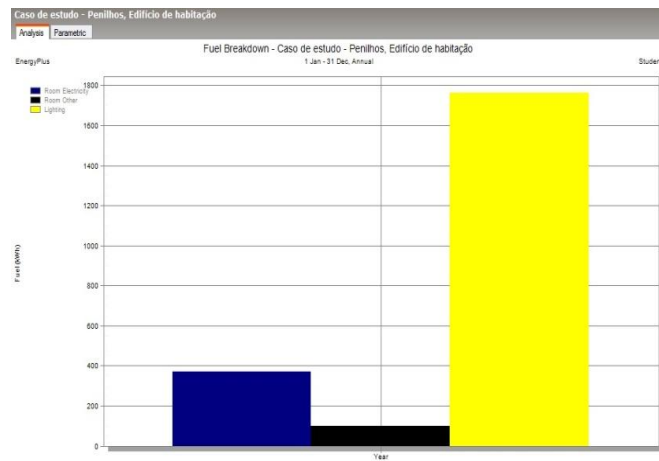
Analisando a Figura 56 de uma forma detalhada, constata-se que a variação das temperaturas e da humidade relativa do ar não são muito significativas. As temperaturas oscilam entre os 11,52 °C (min.) e os 26,66 °C (máx.) e a humidade relativa do ar entre 41,76% (min.) e 76,54% (máx.), sendo os mínimos e máximos correspondentes, respectivamente, aos meses de Dezembro e Julho para as temperaturas e o inverso para a humidade relativa do ar.

Quanto ao consumo de energia, revela-se um parâmetro no qual obviamente os equipamentos já têm uma influência maior, tanto ao nível geral como ao nível de detalhe, baixando os valores do consumo.

As Figuras 57 e 58, revelam um consumo anual inferior com um total de 2225,52 kWh, em que a iluminação mantém o valor referido no subcapítulo anterior, mas em que o consumo dos equipamentos se reduz para 370,25 kWh/Ano.



■ Consumo de electricidade
■ Consumo da lareira

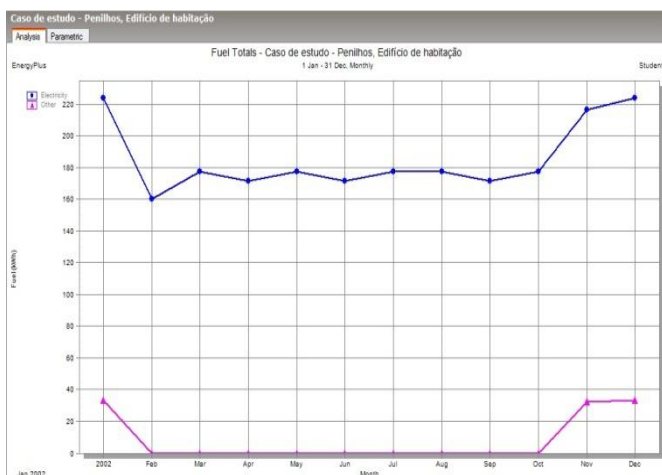


■ Consumo eléctrico dos equipamentos
■ Consumo da lareira
■ Consumo eléctrico da iluminação

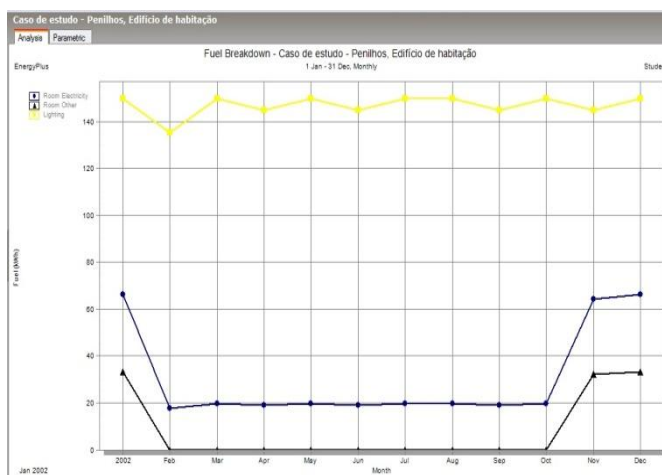
Figura 57 - Valores anuais gerais do consumo de energia após substituição dos equipamentos

Figura 58 - Valores anuais detalhados do consumo de energia após substituição dos equipamentos

Estes valores anuais podem ainda ser analisados de uma forma mais convincente, tal como nos mostram as Figuras 59 e 60, cuja análise é feita mensalmente onde o consumo geral de energia eléctrica varia entre o valor mínimo de 160,14 kWh no mês de Fevereiro a um valor máximo de 223,80 kWh no mês de Dezembro, confirmando uma redução de consumo, em relação à situação actual do edifício. Analisando o consumo mensal detalhado, verifica-se uma descida de quase metade do valor, sendo que o consumo dos equipamentos varia entre um mínimo de 17,82 kWh no mês de Fevereiro e um máximo de 66,23 kWh no mês de Dezembro.



● Consumo de electricidade
▲ Consumo da lareira



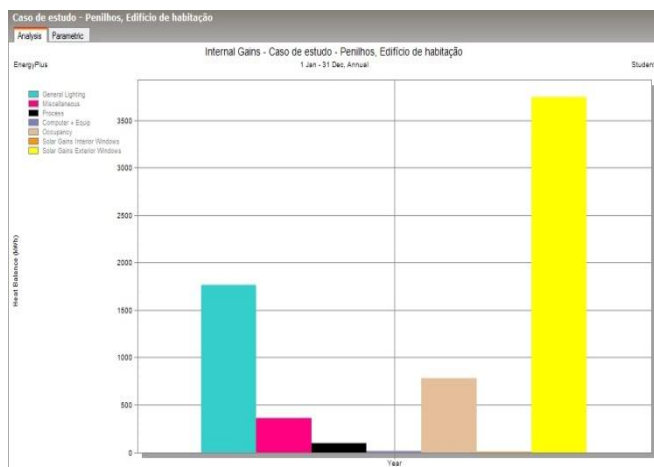
● Consumo eléctrico dos equipamentos
▲ Consumo da lareira
■ Consumo eléctrico da iluminação

Figura 59 - Consumo global mensal após a substituição dos equipamentos

Figura 60 - Consumo detalhado mensal após a substituição dos equipamentos

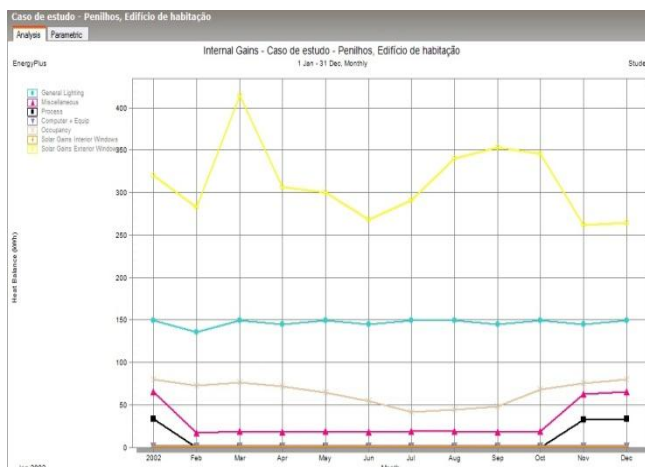
Os ganhos internos são outro parâmetro no qual se verifica uma alteração quando da substituição dos equipamentos. A simulação revela que os ganhos por parte dos equipamentos

permanentes e dos equipamentos de utilização esporádica, sofrem uma descida dos seus valores em relação aos equipamentos instalados actualmente, como ilustram as figuras seguintes:



- Ganhos da iluminação
- Ganhos dos equipamentos de utilização permanente
- Ganhos da lareira
- Ganhos dos equipamentos de utilização alternada
- Ganhos da ocupação
- Ganhos solares do interior das janelas
- Ganhos solares do exterior da ianelas

Figura 61 - Ganhos internos anuais após a substituição dos equipamentos



- Ganhos da iluminação
- Ganhos dos equipamentos de utilização permanente
- Ganhos da lareira
- Ganhos dos equipamentos de utilização alternada
- Ganhos da ocupação
- Ganhos solares do interior das janelas
- Ganhos solares do exterior da ianelas

Figura 62 - Ganhos internos mensais após a substituição dos equipamentos

As Figuras 61 e 62 mostram que os ganhos internos apenas se verificam nos equipamentos (como era esperado), onde os equipamentos permanentes têm ganhos internos anuais de 356,58 kWh e mensais de 65,07 kWh e os equipamentos alternados têm ganhos anuais de 13,68 kWh e mensais de 1,12 kWh.

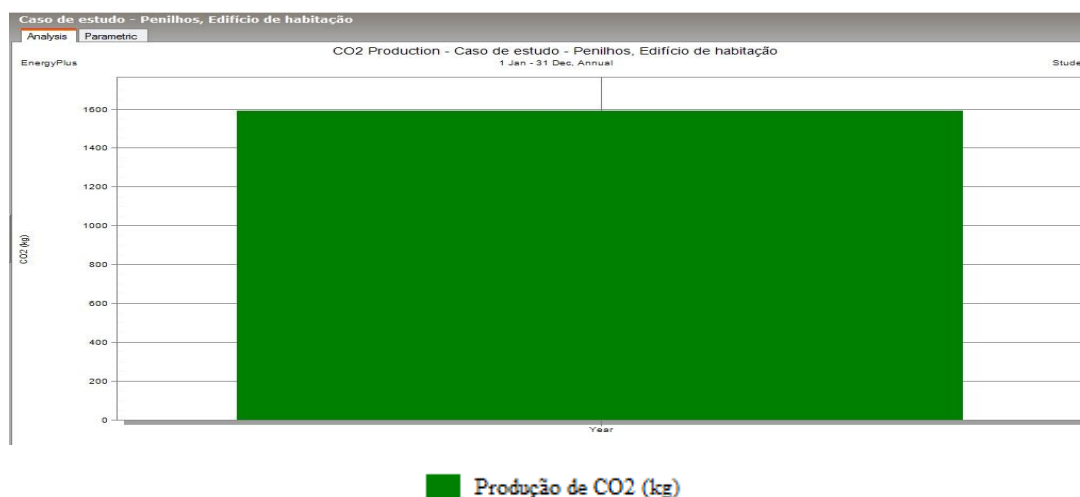


Figura 63 - Produção anual de CO₂ (kg) após a substituição dos equipamentos

A Figura 63 mostra a diminuição na produção anual de CO₂ em relação à emissão actual do edifício adoptando um valor de 1592,02 quilogramas.

Em suma:

Tabela 16 - Consumos e ganhos anuais e mensais após a substituição dos equipamentos do edifício de habitação

			Anual	Mensal		
				Máx.	Min.	
SITUAÇÃO EM QUE SE ALTERAM OS EQUIPAMENTOS (EFICIÊNCIA A+)	Conforto	Temperatura do ar (° C)	18,64	27,66	11,52	
		Temperatura radiante (° C)	18,78			
		Temperatura operativa (° C)	18,71			
		Humidade relativa do ar (%)	56,6	76,54	41,76	
	Consumo de electricidade (kWh)	Consumo geral	2225,52	223,8	160,14	
		Iluminação	1762,99	149,73	135,24	
		Equipamentos	370,25	66,23	17,82	
				Anual	Mensal	
	Ganhos internos (kWh)	Ganhos exteriores pela janela	3746,21	414,02		
		Iluminação	1762,99	149		
		Equipamentos permanentes	356,58	65,07		
		Ocupação	776,09	79,28		
		Equipamentos alternados	13,68	1,12		
	Produção de CO₂ (kg)		1592,02			
	Infiltração externa (kWh)		-4541,61			
Taxa de renovação de ar (h⁻¹)		0,606				

Com a implementação desta medida, o consumo anual de energia eléctrica passa de 10,69 kWh/m² para 9,06 kWh/m².

Fase 3: Solução 2 - Substituição da iluminação

Nesta terceira fase que corresponde à segunda solução, promove-se a substituição da iluminação de lâmpadas incandescentes para *LED's*. Estas consomem menos energia, emitem menos CO₂ e produzem a mesma luminosidade [51].

O grande impacto desta medida reflecte-se essencialmente no consumo de energia eléctrica, nos ganhos internos e na produção de CO₂ para a atmosfera, tornando desnecessária a apresentação dos gráficos de temperatura, pois estes seriam bastante semelhantes aos da solução anterior.

Consequentemente, procede-se à análise do consumo de energia anualmente e mensalmente:

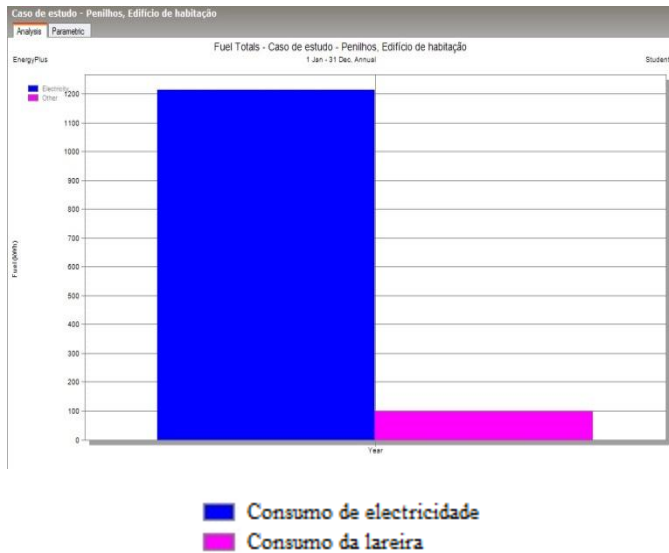


Figura 64 - Consumo anual geral de energia eléctrica após a substituição da iluminação

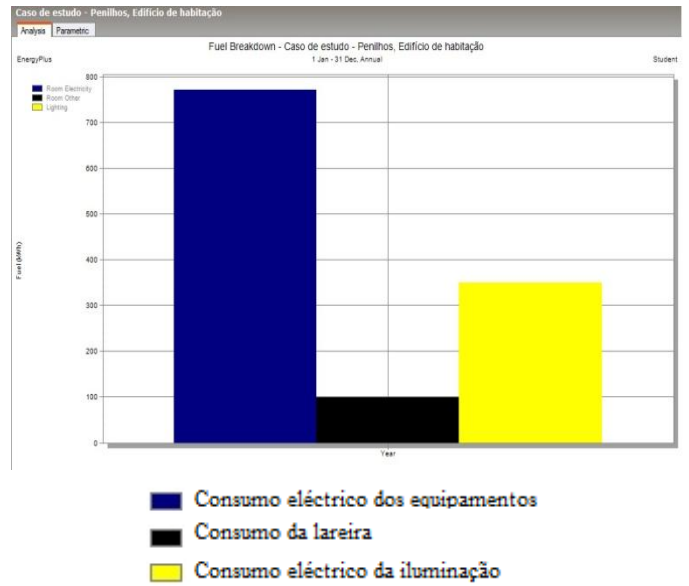


Figura 65 - Consumo anual detalhado de energia eléctrica após a substituição da iluminação

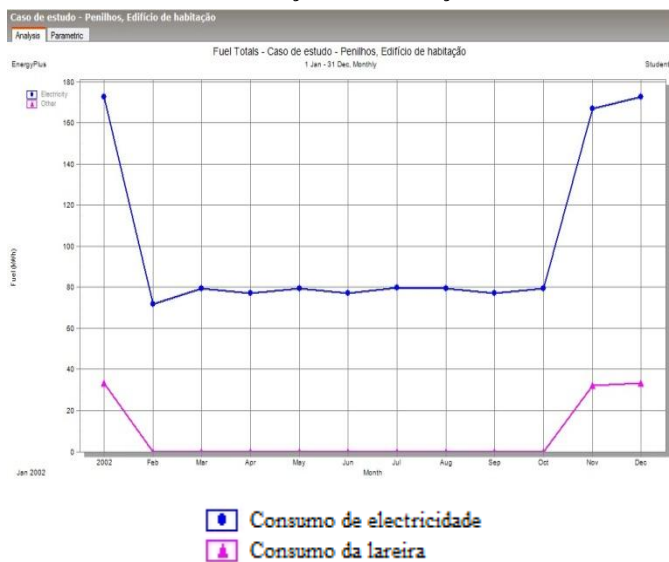


Figura 66 - Consumo mensal geral de energia eléctrica após a substituição da iluminação

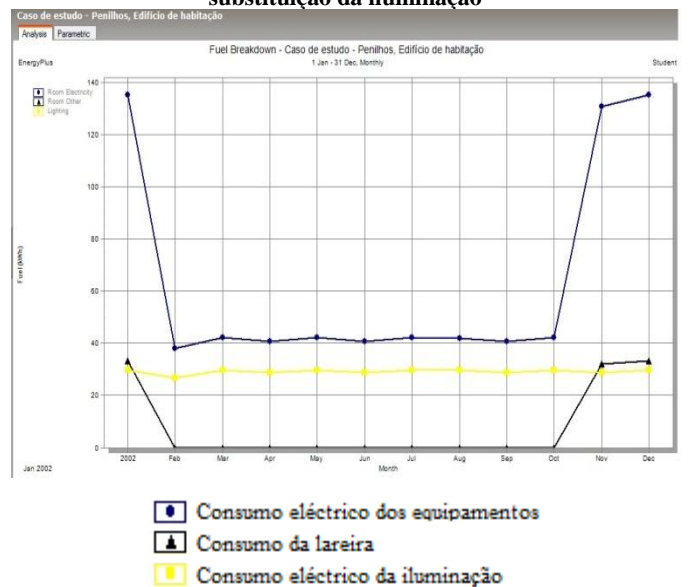


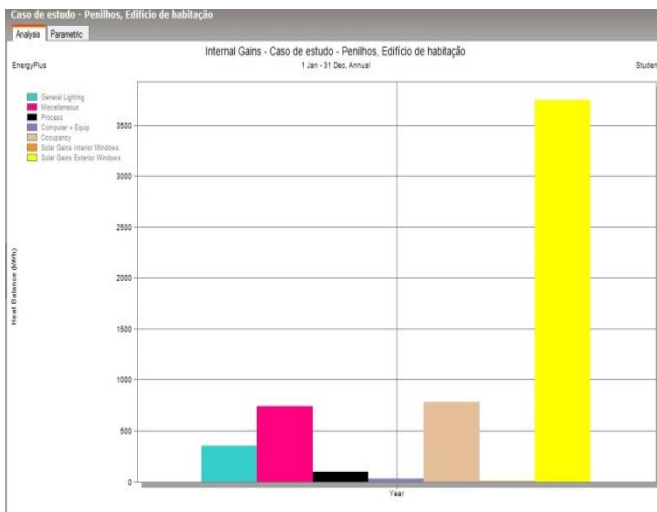
Figura 67 - Consumo mensal detalhado de energia eléctrica após a substituição da iluminação

Nas Figuras 64 e 65, apresentam-se os consumo anuais gerais e detalhados, em que na primeira figura se verifica uma descida para menos de metade do valor apresentado no estado actual do edifício, ou seja, de 1212,98 kWh/Ano. A Figura 65 apresenta este consumo de uma forma tal que a iluminação se reduz até um valor anual de 349,26 kWh, mantendo-se o valor de consumo dos equipamentos que não foram alterados nesta fase.

A Figura 66, mostra o consumo geral variado ao longo dos meses em que se verifica um máximo de 172,64 kWh no mês de Dezembro e um mínimo de 71,88 kWh no mês de Fevereiro.

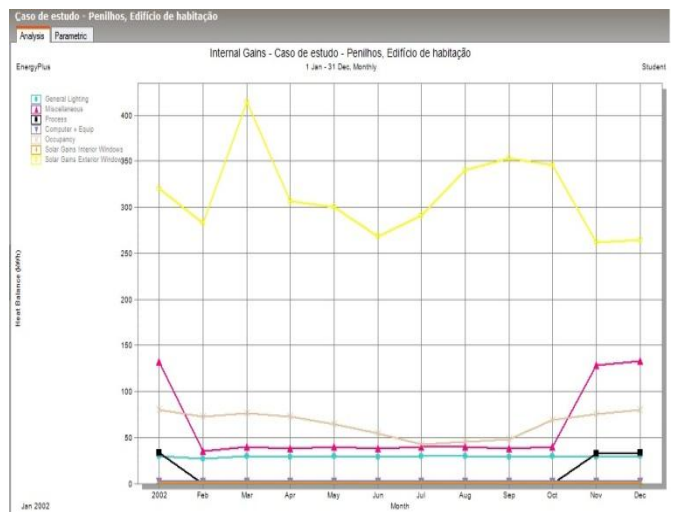
Quanto à Figura 67, diz respeito ao consumo mensal detalhado em que a iluminação apresenta um máximo de 29,66 kWh e um mínimo de 26,79 kWh.

Os ganhos internos também sofreram alterações significativas, em que o único parâmetro que varia é o que diz respeito à iluminação, atingindo um valor anual de 349,26 kWh e um valor mensal de 28,71 kWh, tal como mostram as Figuras 68 e 69:



- Ganhos da iluminação
- Ganhos dos equipamentos de utilização permanente
- Ganhos da lareira
- Ganhos dos equipamentos de utilização alternada
- Ganhos da ocupação
- Ganhos solares do interior das janelas
- Ganhos solares do exterior da ianelas

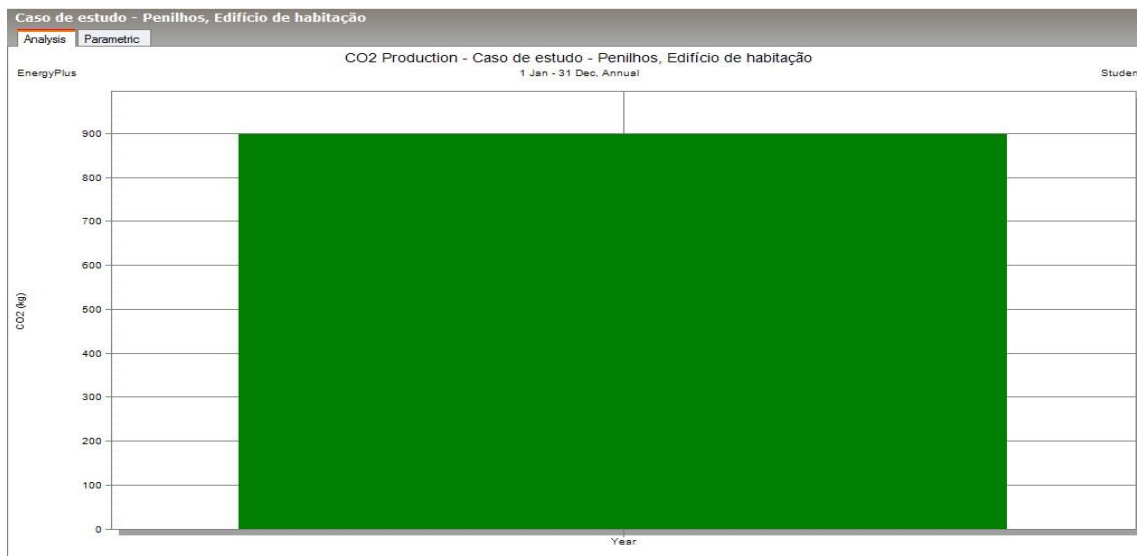
Figura 68 - Ganhos internos anuais após a substituição da iluminação



- Ganhos da iluminação
- Ganhos dos equipamentos de utilização permanente
- Ganhos da lareira
- Ganhos dos equipamentos de utilização alternada
- Ganhos da ocupação
- Ganhos solares do interior das janelas
- Ganhos solares do exterior da ianelas

Figura 69 - Ganhos internos mensais após a substituição da iluminação

Como já foi referido, também a produção de CO₂ sofreu uma descida significativa, reduzindo-se a produção e libertação para a atmosfera em quase 1000 quilogramas por ano (Figura 70).



- Produção de CO₂ (kg)

Figura 70 - Produção anual de CO₂ (kg) após a substituição da iluminação

Assim, como ilustra a Figura 70, a produção de CO_2 é de 898,44 quilogramas por ano.

A tabela seguinte mostra as alterações dos valores descritos anteriormente:

Tabela 17 - Consumos e ganhos anuais e mensais após a substituição da iluminação do edifício de habitação

			Anual	Mensal		
				Máx.	Min.	
SITUAÇÃO EM QUE SE ALTERA A ILUMINAÇÃO (LED)	Conforto	Temperatura do ar (° C)	18,56	27,58	11,48	
		Temperatura radiante (° C)	18,71			
		Temperatura operativa (° C)	18,64			
		Humidade relativa do ar (%)	56,8	76,74	41,97	
	Consumo de electricidade (kWh)	Consumo geral	1212,98	172,64	71,88	
		Iluminação	349,26	29,66	26,79	
		Equipamentos	771,44	135,24	38	
				Anual	Mensal	
	Ganhos internos (kWh)	Ganhos exteriores pela janela	3746,24	414,02		
		Iluminação	349,26	28,71		
		Equipamentos permanentes	739,49	132		
		Ocupação	776,09	79,78		
		Equipamentos alternados	31,95	2,71		
	Produção de CO_2 (kg)		898,44			
	Infiltração externa (kWh)		-4541,61			
	Taxa de renovação de ar (h^{-1})		0,606			

Com a implementação desta solução, o consumo anual de energia eléctrica passa de $10,69 kWh/m^2$ para $4,94 kWh/m^2$.

Fase 4: Solução 3 - Introdução de estores exteriores e substituição das caixilharias e dos vidros

Dada a incidência solar na sub-região do Baixo Alentejo, é importante dotar os edifícios de "protecções" que controlem a influência da radiação solar na habitação. Assim, esta solução trata disso mesmo, onde serão simuladas instalações de estores exteriores, substituindo as caixilharias e os vidros existentes (que não são eficientes). Esta medida, não conduzirá a uma alteração significativa das temperaturas no interior devido à área e ao pé direito do edifício de habitação em causa. Contudo, os ganhos internos provenientes do exterior através das janelas deverá ser o parâmetro que mais varia com esta solução, notando-se também um decréscimo da infiltração externa.

A Figura 71 mostra os ganhos internos anuais da solução adoptada:

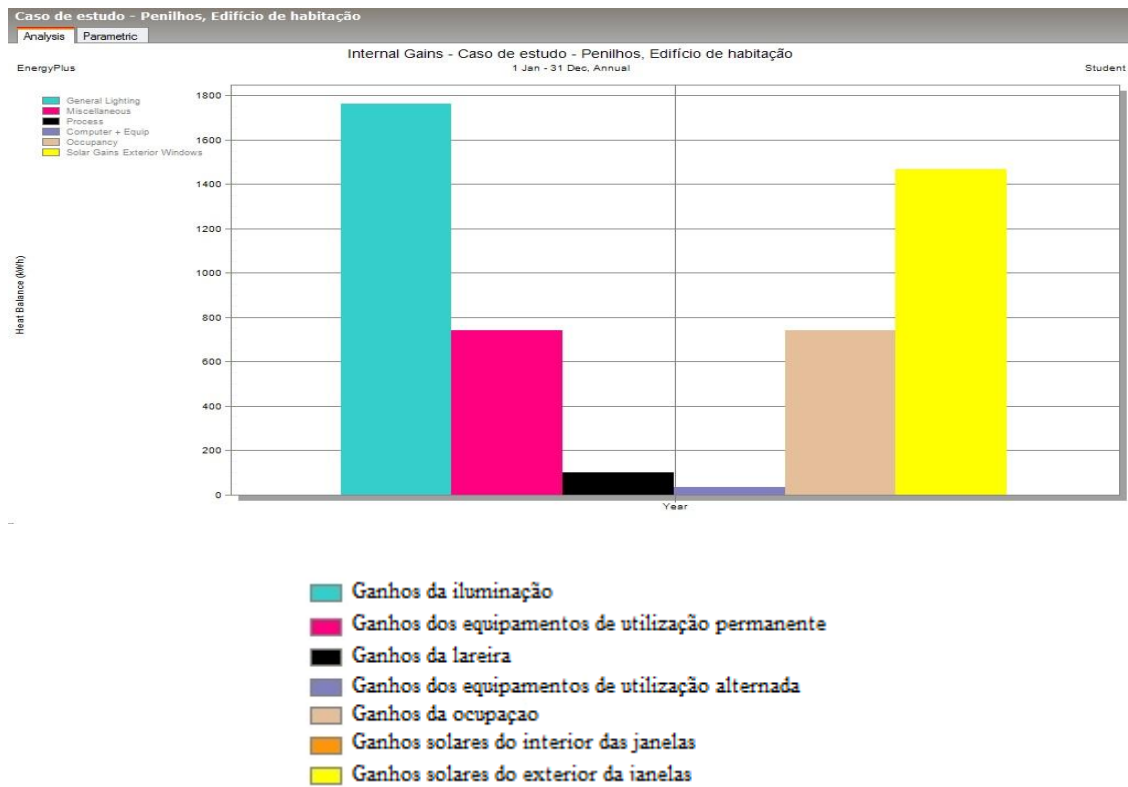


Figura 71- Valores anuais dos ganhos internos após a introdução de estores e substituição das caixilharias e dos vidros

Analisando a figura anterior, verifica-se que os parâmetros que variaram em relação à situação actual do edifício de habitação (decrécimo), foram os ganhos provenientes do exterior através das janelas e da ocupação, registando valores anuais de 1465,77 kWh e 739,55 kWh, respectivamente.

Através da figura seguinte, é possível verificar esta descida pormenorizadamente a uma escala mensal:

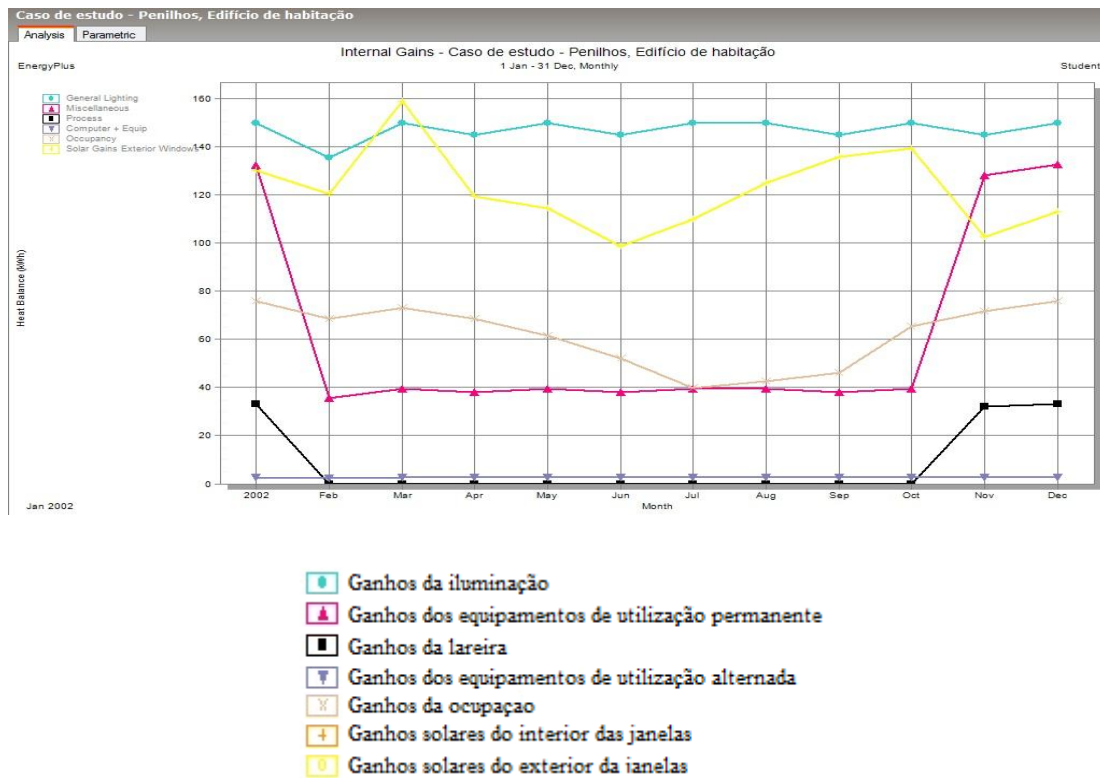


Figura 72 - Valores mensais dos ganhos internos após a introdução de estores e substituição das caixilharias das janelas e dos vidros

A Figura 72 permite verificar a diminuição dos ganhos internos no que respeita aos provenientes pelo exterior através das janelas ($158,76 \text{ kWh}$) e à ocupação ($75,74 \text{ kWh}$). Registando-se assim, uma descida de quase 300 kWh/mês , em relação à primeira situação e de cerca de 4 kWh/mês , em relação à ocupação (comparação com a actualidade).

Atendendo ao tipo de alteração imposta nesta solução, é de notar uma descida da infiltração exterior (Figura 73) para $-4408,299 \text{ kWh}$ por ano.

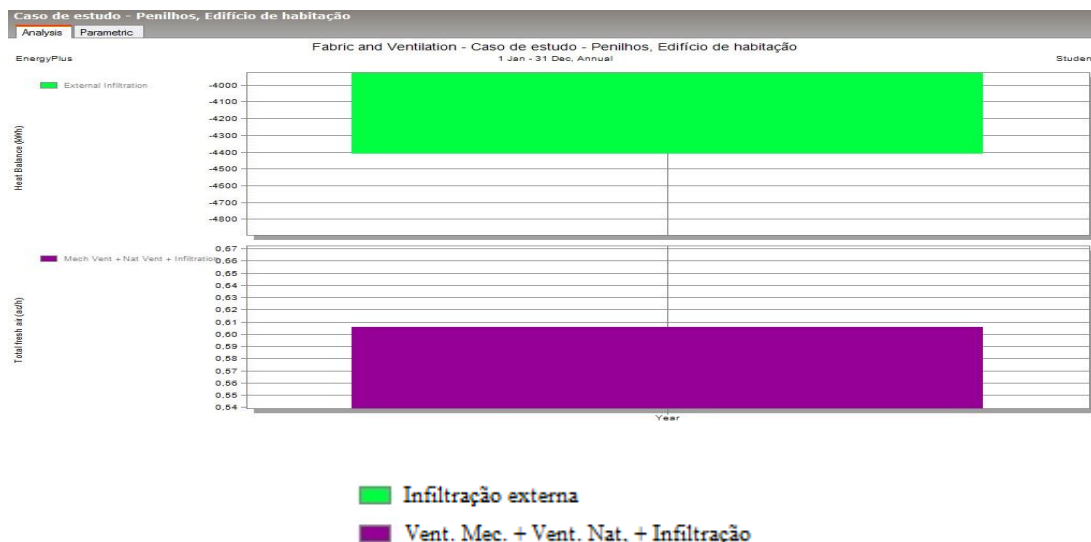


Figura 73 - Valor anual da infiltração externa após a introdução de estores e substituição das caixilharias das janelas e vidros

Assim, à semelhança do resumo que se fez para as soluções anteriores, é possível verificar os valores desta nova medida através da Tabela 18:

Tabela 18 - Consumos e ganhos anuais e mensais após a introdução de estores e substituição das caixilharias e dos vidros

			Anual	Mensal		
				Máx.	Min.	
SITUAÇÃO DE IMPLEMENTAÇÃO DE ESTORES EXTERIORES, NOVAS CAIXILHARIAS DAS JANELAS E SUBSTITUIÇÃO DOS VIDROS	Conforto	Temperatura do ar (° C)	18,6	27,63	11,52	
		Temperatura radiante (° C)	18,71			
		Temperatura operativa (° C)	18,66			
		Humidade relativa do ar (%)	56,68	76,48	41,78	
	Consumo de electricidade (kWh)	Consumo geral	2626,71	292,71	180,33	
		Iluminação	1762,99	149,73	135,24	
		Equipamentos	771,45	135,14	38	
				Anual	Mensal	
	Ganhos internos (kWh)	Ganhos exteriores pela janela	1465,77	158,76		
		Iluminação	1762,99	149,73		
		Equipamentos permanentes	739,49	132,43		
		Ocupação	739,55	75,74		
		Equipamentos alternados	31,95	2,71		
	Produção de CO₂ (kg)		1866,84			
Infiltração externa (kWh)		-4408,299				
Taxa de renovação de ar (h⁻¹)		0,606				

V.2.2) Propostas de intervenção

Analisando as patologias existentes no edifício de habitação em estudo e os seus consumos energéticos, ganhos internos, produção de CO_2 e a infiltração externa, facilmente se percebe que todos estes aspectos podem ser melhorados para que esta habitação seja mais eficiente tornando a sua reabilitação em reabilitação mais sustentável. Procedeu-se em seguida à descrição detalhada das soluções, cujas simulações foram apresentadas no subcapítulo anterior.

Fase 2: Solução 1 - Substituição dos equipamentos

A primeira solução, tem por objectivo substituir os equipamentos existentes e já com algum uso, por equipamentos mais recentes e, conseqüentemente, com maior eficiência (A+). A redução no consumo energético teve um impacto positivo, reduzindo os consumos eléctricos dos equipamentos.

As Tabelas 19 e 20 mostram os consumos antes e após a substituição dos equipamentos:

Tabela 19 - Consumo dos equipamentos actuais

	EQUIPAMENTOS (W)	ÁREA ÚTIL (m ²)	POTÊNCIA EQUIPAMENTOS (W/m ²)
Máquina Lavar	2000	245,276	8,154
TV	70		0,285
Frigorífico	200		0,815
Arca congeladora	300		1,223
Aquecedor	1000		4,077
Lareira	2000		10,468
TOTAIS	5570		14,555

Tabela 20 - Consumo dos equipamentos mais eficientes

	EQUIPAMENTOS (W)	ÁREA ÚTIL (m ²)	POTÊNCIA EQUIPAMENTOS (W/m ²)
Máquina Lavar	71,67	245,276	0,292
TV	30		0,122
Frigorífico	128,62		0,524
Arca congeladora	119,03		0,485
Aquecedor	500		2,039
Lareira			
TOTAIS	849,32		3,463

Assim, a tabela seguinte discriminam-se os valores *standard* destes equipamentos de eficiência A+:

Tabela 21 - Valor (€) e aquisição de equipamentos de eficiência A+ *standard*

CUSTO DE AQUISIÇÃO					
		MATERIAL	QUANTIDADE (Uni.)	PREÇO (€/Uni.)	TOTAL (€)
Equipamentos	Frigorífico (A+)		1	230	230
	Arca congeladora (A+)		1	270	270
	Televisão (A+)		1	99	99
	Aquecedor (A+)		1	30	30
	Máquina de lavar roupa (A+)		1	200	200
				TOTAL (€)	829

Fase 3: Solução 2 - Substituição da iluminação

A iluminação é a infra-estrutura que mais energia eléctrica consome nesta habitação. Tal facto deve-se às lâmpadas incandescentes utilizadas e às suas horas de utilização. Um outro factor que também contribui para o excesso de consumo verificado pela iluminação é o número de lâmpadas existentes nos vários compartimentos. Assim, esta solução baseia-se apenas na substituição das lâmpadas incandescentes por *LED's*.

Estas permitem obter a mesma quantidade de luminosidade, com um menor número de lâmpadas e com consumos de energia eléctrica muito reduzidos. Para além destas vantagens, ainda se contabiliza o seu tempo de vida útil que é bastante superior à da iluminação “clássica”. [51].

As Tabelas 22 e 23, demonstram a potência da iluminação antes e depois da sua substituição, justificando os valores obtidos na simulação e já apresentados.

Tabela 22 - Potência da iluminação existente

ESPAÇOS	LÂMPADAS INCANDESCENTES (W)	ÁREA ÚTIL (m ²)	POTÊNCIA LUZES (W/m ²)
Q1	160	11,412	14,020
SE	160	18,190	8,796
CORR	160	21,167	7,559
Q2	160	16,626	9,623
Q3	120	17,340	6,920
Q4	120	22,501	5,333
DISP	80	14,239	5,618
COZ	130	22,927	5,670
SJ	160	21,334	7,500
WC	60	8,087	7,419
A1	80	30,282	2,642
A2	80	12,753	6,273
GAR	65	28,418	2,287
TOTAIS	1535	245,276	89,662

Tabela 23 - Potência da iluminação LED

ESPAÇOS	LEDs (W)	ÁREA ÚTIL (m ²)	POTÊNCIA LUZES (W/m ²)
Q1	16	11,412	1,402
SE	32	18,190	1,759
CORR	32	21,167	1,512
Q2	32	16,626	1,925
Q3	24	17,340	1,384
Q4	24	22,501	1,067
DISP	16	14,239	1,124
COZ	32	22,927	1,396
SJ	32	21,334	1,500
WC	12	8,087	1,484
A1	16	30,282	0,528
A2	16	12,753	1,255
GAR	16	28,418	0,563
TOTAIS	300	245,276	16,898

O custo de aquisição desta solução é discriminado na tabela seguinte:

Tabela 24 - Custo de aquisição das lâmpadas LED standard

GASTO DE AQUISIÇÃO				
	MATERIAL	QUANTIDADE (Uni)	PREÇO (€/Uni.)	TOTAL (€)
Iluminação	LED 12W Branca Natural	5	29,11	145,55
	LED 16W Branca Natural	15	38,9	583,5
	TOTAL (€)			729,05

Fase 4: Solução 3 - Introdução de estores exteriores e substituição das caixilharias e dos vidros

Nesta terceira solução, introduziram-se novos materiais, ou seja, colocaram-se estores pelo exterior que controlam a radiação solar e permitem reduzir os ganhos internos provenientes do exterior. Também a substituição dos vidros contribui para a redução do consumo de electricidade desta habitação. Os vidros simples de 3 mm, são substituídos por vidros duplos (de 3 mm cada), separados por uma caixa de ar de 10 mm de espessura. Esta medida impede o excesso de ganhos internos, tal como foi provado através da simulação e respectivos resultados.

Assim, optou-se por utilizar estores exteriores com a caixa de recolhimento em madeira para que a estética do edifício se mantivesse, o que impede a acumulação excessiva de calor e a

incidência directa da luz solar. A introdução dos vidros duplos deve-se à sua baixa emissividade, o que permite obter melhores resultados em relação ao vidro simples.

As tabelas seguintes mostram as áreas de estores a introduzir e vidros a substituir, bem como os preços correntes:

Tabela 25 - Áreas de estores a introduzir e caixilharias e vidros a substituir

	Largura (m)	Comprimento (m)	Área (m ²)	Quantidade (Uni.)	Total (m ²)
Área de estore por janela	0,95	0,9	0,86	7	5,99
Área de vidro (30%)	0,29	0,27	0,15	7	1,08
Área de caixilharia (70%)	0,67	0,63	0,84	7	5,87

Tabela 26 - Valor (€) da introdução da Solução 3 (preços *standard*)

	Quantidade (m ²)	Preço (€/m ²)	Preço total (€)
Vidro duplo com caixa de ar (3 mm cada) <i>standard</i>	2,15	55	118,50
Caixilharia em madeira <i>standard</i>	5,87	100	586,53
Estores exteriores em madeira <i>standard</i>	5,99	80	478,80
		Total (€)	1183,83

Fase 5: Solução mais eficiente

A "solução mais eficiente", consiste em aplicar as soluções anteriores em simultâneo, constituindo, no que diz respeito à intervenção directa no edifício de habitação, a solução a utilizar em termos de sustentabilidade. Foram promovidas todas as alterações no que respeita à substituição de equipamentos, iluminação, caixilharias e vidros duplos e à introdução de estores pelo exterior.

Desta forma, apresentam-se através das figuras seguintes os resultados anuais e mensais no que respeita às condições de conforto.

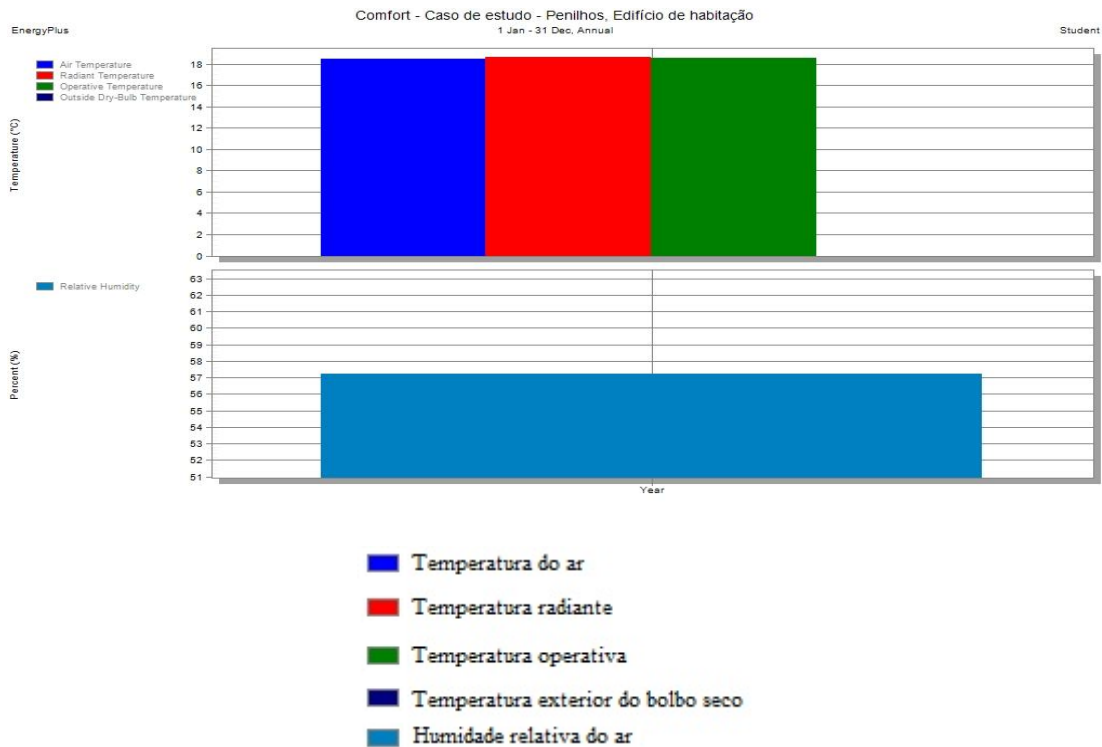


Figura 74 - Temperaturas médias anuais da solução mais eficiente

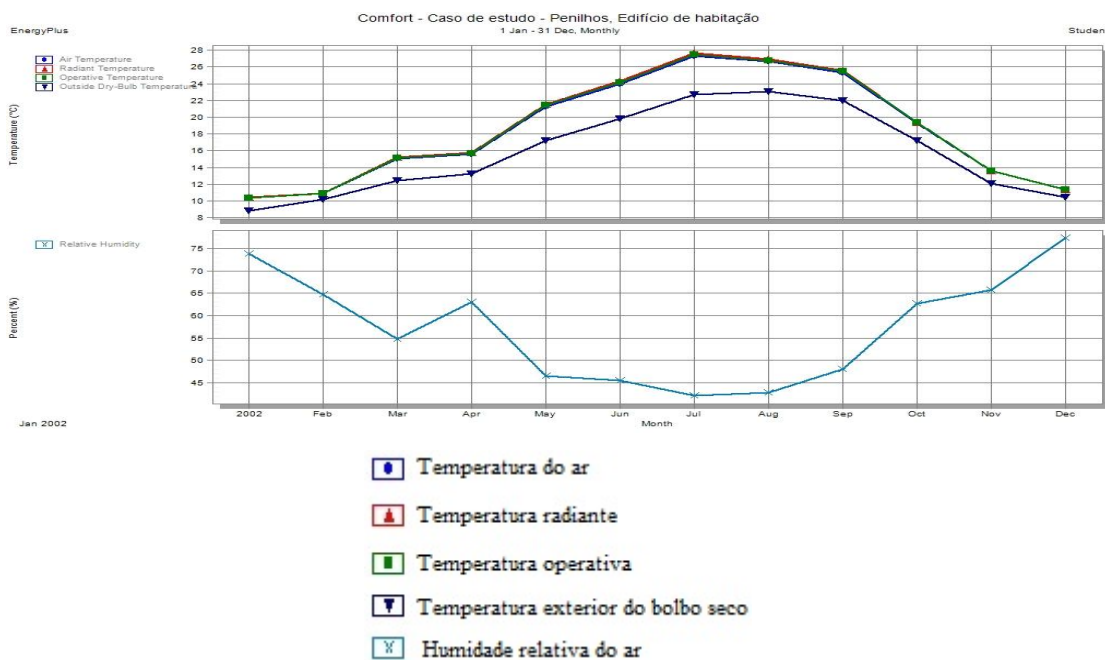


Figura 75 - temperaturas médias mensais da solução mais eficiente

A Figura 74 revela as temperaturas médias anuais e a humidade relativa do ar, em que a temperatura do ar é de 18,45 ° C, radiante de 18,61 ° C, operativa de 15,53 ° C e a humidade relativa é de 56,43%. Estes resultados comparados com a situação actual do edifício de habitação, têm variações mínimas. Ou seja, a solução escolhida pouco altera a temperatura do edifício, muito provavelmente devido às razões já referidas.

A Figura 75 diz respeito à variação das temperaturas médias mensais e da humidade relativa do ar, em que as temperaturas variam entre os 11,59 ° C e os 27,69 ° C, em Dezembro e Julho, respectivamente. Já a humidade relativa do ar, varia entre os 41,69% no mês de Julho e os 76,19% no mês de Dezembro.

No que diz respeito ao gasto energético do edifício de habitação, foi onde se verificaram as melhorias mais significativas. A introdução das soluções 1 e 2, produziu benefícios significativos, passando o consumo energético do edifício para menos de metade do actual.

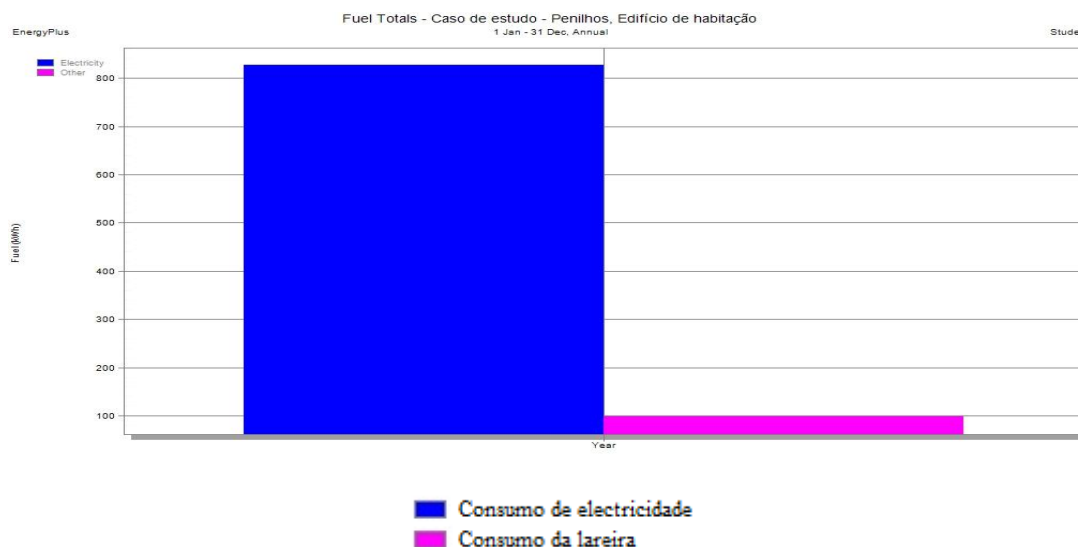


Figura 76 - Gasto anual de energia pelo edifício de habitação após a introdução das soluções 1,2 e 3 em simultâneo

A figura anterior representa o consumo anual de energia da solução mais eficiente, com um valor anual de consumo de 826,89 kWh por ano.

A Figura 77 mostra a distribuição detalhada do consumo anual de energia:

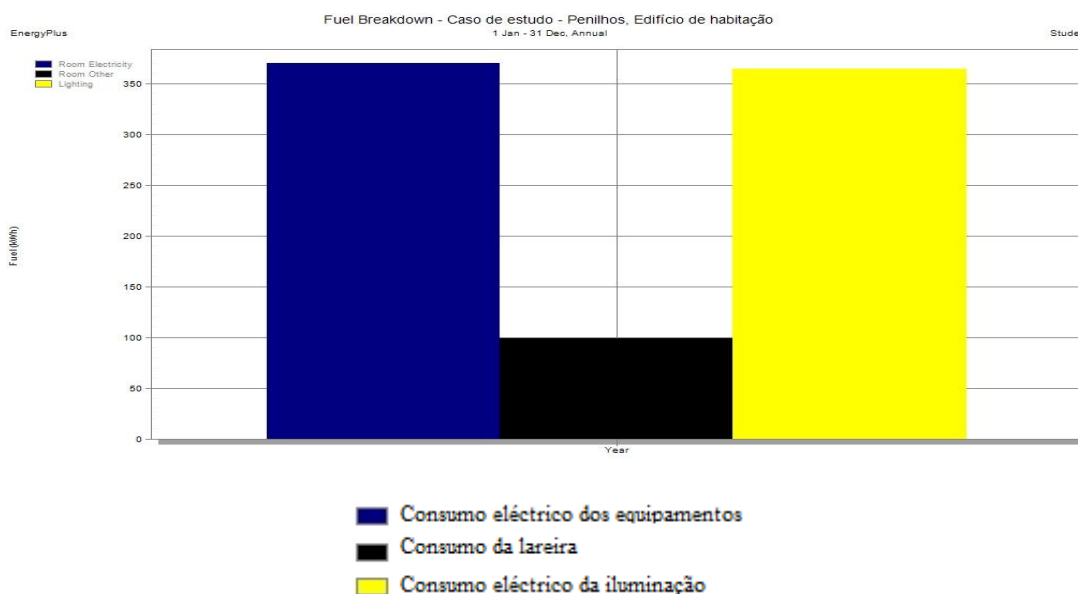


Figura 77 - Consumo anual detalhado de energia após a introdução das soluções 1, 2 e 3 em simultâneo

Nesta escala anual, a iluminação continua a liderar o consumo de energia (370,25 kWh/Ano). Contudo, com um valor bastante inferior ao actual, assemelhando-se bastante ao valor de consumo anual dos equipamentos que é de 364,36 kWh, e também inferior ao actual.

As Figuras 78 e 79, dizem respeito aos consumos de energia mensais, geral e detalhado. Verifica-se que o consumo mensal de energia eléctrica (geral) varia entre um mínimo de 52,85 kWh (Março) e 105,01 kWh (Dezembro). Analisando a imagem detalhada deste consumo mensal de energia, percebe-se que os valores de iluminação variam pouco entre os valores de 27,95 kWh/mês e 30,95 kWh/mês. Já o consumo detalhado dos equipamentos varia entre 17,82 kWh/mês e 66,23 kWh/mês.

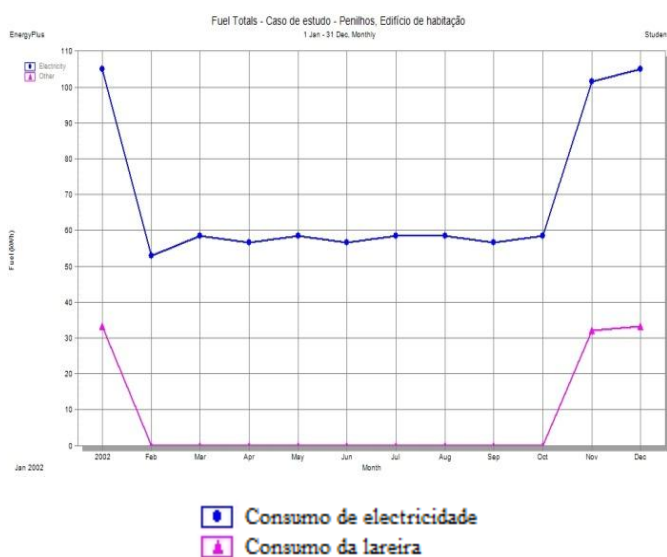


Figura 78 - Consumo mensal geral de energia após a introduções das soluções 1, 2 e 3 em simultâneo

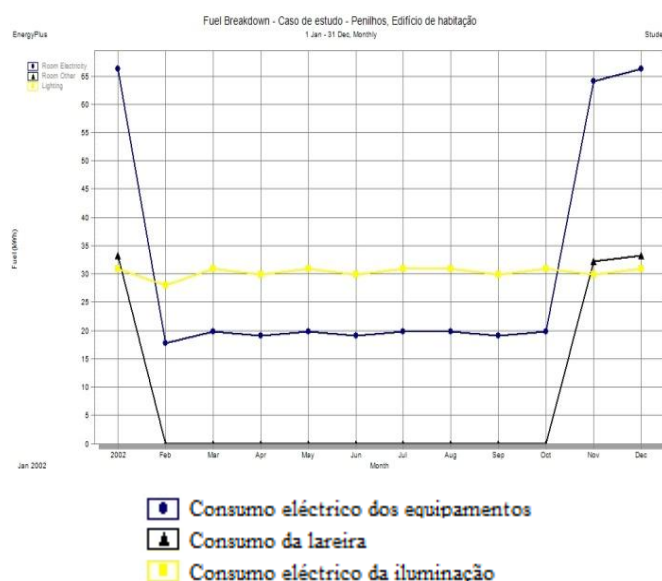


Figura 79 - Consumo mensal detalhado de energia após a introduções das soluções 1, 2 e 3 em simultâneo

A solução 3, teve um maior impacto (como era esperado) nos ganhos internos provenientes do exterior no edifício de habitação. No entanto, também as outras duas soluções contribuíram bastante na melhoria deste parâmetro, pois reduziram significativamente os ganhos com origem na iluminação e nos equipamentos (permanentes ou esporádicos).

As figuras seguintes mostram a variação anual e mensal dos ganhos internos do edifício de habitação:

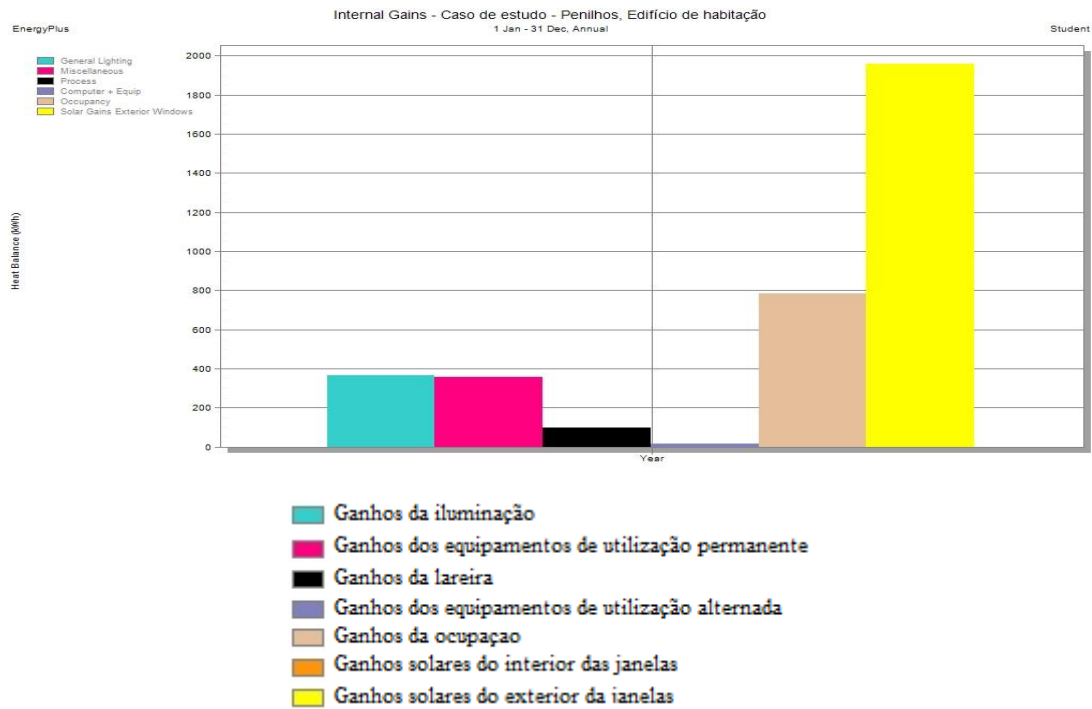


Figura 80 - Ganhos internos anuais após a introdução das soluções 1, 2 e 3 em simultâneo

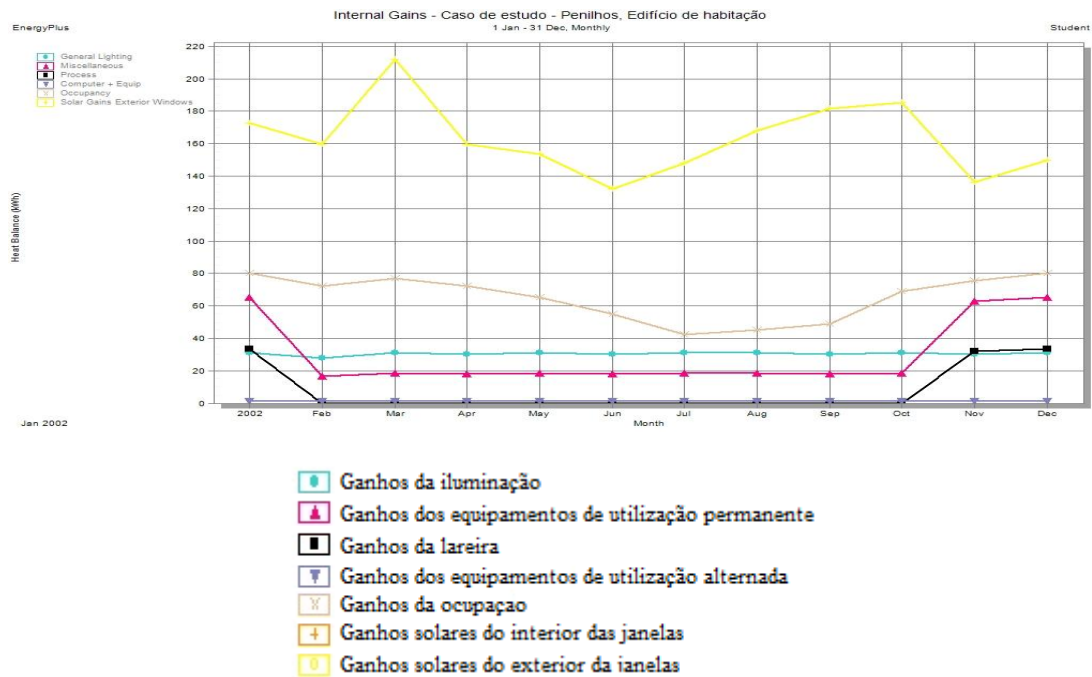


Figura 81 - Ganhos internos mensais após a introdução das soluções 1, 2 e 3 em simultâneo

A Figura 80 mostra os resultados anuais dos ganhos internos do edifício de habitação, em que os ganhos provenientes do exterior pelas janelas são de 1958,63 kWh, os ganhos internos da iluminação são de 364,36 kWh, os ganhos internos dos equipamentos permanentes são de 356,58 kWh, os ganhos internos da ocupação são de 782,17 kWh e os ganhos internos dos equipamentos esporádicos são de 13,68 kWh.

A Figura 81 mostra os resultados mensais dos ganhos internos, em que os ganhos internos das janelas são de 211,90 kWh, os ganhos internos da iluminação são de 30,95 kWh, os ganhos internos dos equipamentos permanentes são de 65,07 kWh, os ganhos internos da ocupação são de 79,95 kWh e os ganhos internos dos equipamentos esporádicos são de 1,12 kWh.

Também a produção de CO₂ e a infiltração exterior reduziram os seus valores com a implementação destas soluções em simultâneo, tal como mostram as figuras:

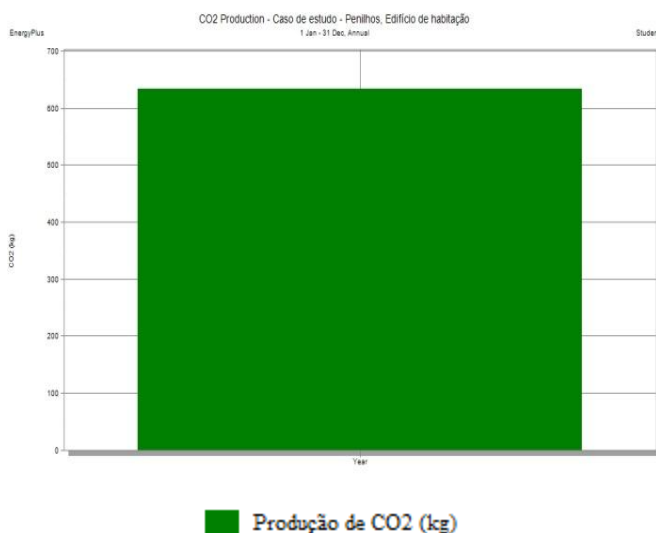


Figura 82 - Produção anual de CO₂ após a introdução das soluções 1, 2 e 3 em simultâneo

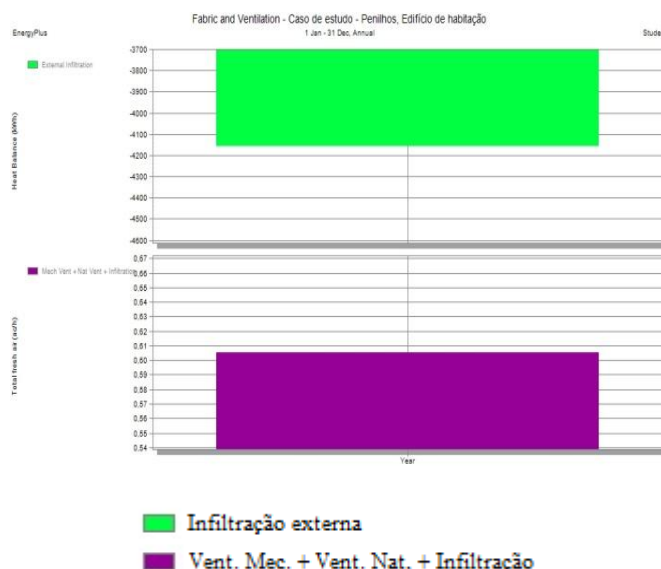


Figura 83 - Infiltração externa anual após a introdução das soluções 1, 2 e 3 em simultâneo

A produção anual de CO₂ da solução mais eficiente é de 633,96 quilogramas (Figura 82) e o valor anual da infiltração externa é de -4154,34 kWh (Figura 83).

Em suma, a tabela seguinte resume os valores anuais e mensais obtidos para esta solução:

Tabela 27 - Consumos e ganhos anuais e mensais após a introdução das soluções 1,2 e 3 em simultâneo

			Anual	Mensal		
				Máx.	Min.	
SITUAÇÃO EM QUE SE APLICAM TODAS AS MEDIDAS EM CONJUNTO	Conforto	Temperatura do ar (° C)	18,45			
		Temperatura radiante (° C)	18,61	27,5	11,35	
		Temperatura operativa (° C)	18,53			
		Humidade relativa do ar (%)	57,25	77,36	42,14	
	Consumo de electricidade (kWh)	Consumo geral	826,89	105,01	52,85	
		Iluminação	370,25	30,95	27,95	
		Equipamentos	364,36	66,23	17,82	
				Anual	Mensal	
	Ganhos internos (kWh)	Ganhos exteriores pela janela	1958,63	211,9		
		Iluminação	364,36	30,95		
Equipamentos "Constantes"		356,58	65,07			
Ocupação		782,17	79,95			

		Equipamentos "ocasião"	13,68	1,12
	Produção de CO₂ (kg)		633,96	94,69
	Infiltração externa (kWh)		-4154,34	-95,18
	Taxa de renovação de ar (h⁻¹)		0,606	0,61

Com a implementação da solução mais eficiente, o consumo anual de energia eléctrica passa de 10,69 kWh/m² para 3,37 kWh/m².

Desta forma, a tabela seguinte demonstra de uma forma comparativa, a diferença percentual entre o estado actual do edifício e a solução mais eficiente (ou seja, a solução cumulativa):

Tabela 28 - Diferença percentual e comparativa entre o estado actual do edifício de habitação e a solução mais eficiente

		Variação (%)
Conforto (° C)	Temperatura do ar (° C)	-
	Temperatura radiante (° C)	
	Temperatura operativa (° C)	
	Humidade relativa do ar (%)	
Consumo eléctrico (kWh)	Consumo geral	-68,52
	Iluminação	
	Equipamentos	
Ganhos internos (kWh)	Ganhos exteriores pela janela	-50,75
	Iluminação	
	Equipamentos permanentes	
	Ocupação	
	Equipamentos alternados	
Produção de CO₂		-66,04
Infiltração externa (kWh)		-8,53
Taxa de renovação de ar (h⁻¹)		-

Como se verifica pela tabela anterior, as diferenças percentuais são bastante elevadas, resumindo desta forma os benefícios das soluções estudadas.

V.2.3) Recomendações

Recomendação 1: Sistema de painéis fotovoltaicos

Recomenda-se a instalação de um sistema de painéis fotovoltaicos para que se possa produzir energia eléctrica, dada a elevada incidência solar na zona e ainda tentar vender à rede (Microprodução). As condições para que se seja um microprodutor estão ao abrigo do Decreto-Lei nº 118-A/2010.

Desta forma, pretende-se instalar um sistema fotovoltaico de 3,60 kW, pois, é o que produz energia mais próxima daquele que é consumida pelo edifício de habitação em causa. Segundo as tarifas médias em vigor, a energia eléctrica paga-se aproximadamente a 0,13 €/kWh e vende-se à rede por aproximadamente 0,23 €/kWh.

A energia eléctrica consumida pela habitação, após a implementação das medidas de melhoria da eficiência energética é de 826,89 kWh/Ano, o que com a tarifa média de compra conduz a um custo anual de **107 €**. Contudo, com as restantes tarifas em vigor, o valor aumenta até um total de **151,62€**, tal como demonstra a tabela justificativa do Anexo E.

Calcule-se então a energia anual produzida por um painel *standard* de 3,60 kW:

Produção anual do painel = Potência do painel x Número de horas de sol x Coeficiente de degradação do painel x Número de dias de sol.

Assim, tem-se:

- Potência do painel = 3,60 kW;
- Número de horas de sol (aproximadamente) = 8 horas;
- Coeficiente de degradação do painel = 0,75;
- Número de dias de sol = 260.

Logo:

- Produção anual do painel = 3,60 x 8 x 0,75 x 260 = **5616 kWh/Ano**

Apesar de se tratar de um sistema que não necessita de um custo avultado de manutenção, considera-se neste caso que existe um custo de **200€/Ano** em manutenção.

Determine-se a potência possível de vender:

- Potência para venda = 5616 - 826,29 = **4789,71 kWh/Ano**

Assim, obtém-se um lucro anual de:

- Lucro anual = (4789,71 x 0,23) - 151,62 - 200 = **750,01€/Ano**

Atendendo que um sistema fotovoltaico *standard* de 3,60 kW com 16 painéis, ronda um investimento inicial de **11830€ [52]**.

Assim, veja-se em quantos anos se recupera o investimento desta recomendação (Return On Investment - ROI):

- **ROI = 11830 / 750,01 = 15,77 anos, ou seja, 16 anos (economicamente viável).**

Um painel fotovoltaico tem em média as seguintes dimensões (mm): 1500 x 800 x 50 (altura x largura x espessura). Atendendo que o sistema recomendado é composto por 16 painéis, tem-se uma área de ocupação de $16 \times (1500 \times 800) = 19,2 \text{ m}^2$, o que implica que estes sejam instalados em estruturas metálicas no quintal virados a Sul (devido à falta de espaço na cobertura) (Anexo F).

Recomendação 2: Sistemas de colectores solares térmicos

Recomenda-se a instalação de um sistema de colectores solares térmicos (1 *KIT* cobertura), para que se possam produzir *AQS*, prescindindo assim das garrafas de Gás e da utilização de um esquentador. Estima-se que o gasto seja entre 4 a 7 m^3 (Tabela com valores no Anexo G) de água mensalmente. Pois, segundo o que foi possível apurar de anos anteriores (2011 e 2012), os consumos variam entre 4 m^3 e 7 m^3 , considerando-se assim a situação de maior consumo, os 7 m^3 de água por mês. Com um consumo de 7000 litros (7 m^3) de água mensal, tem-se um valor médio de 233 litros diários. Como este consumo, que raramente acontece, recomenda-se um armazenamento de 200 litros. Desta forma, um colector que acumule aproximadamente 200 litros parece razoável. Isto, porque o armazenamento terá de ser superior ao consumo e convém que este consiga prever e armazenar uma utilização para mais de uma pessoa (no caso de visitantes, por exemplo). Logo, um colector solar térmico *standard* com capacidade para armazenar 200 litros de água, como é o caso do colector solar térmico "*Termossifão Sun T200*" da *Sotecnisol*, que custa aproximadamente **1425€**. Basta colocar uma unidade na cobertura e a sua produção serve para abastecer o edifício de habitação em causa [52].

Analisando a viabilidade económica, percebe-se que o investimento inicial é elevado. Contudo, se se atender ao consumo de seis garrafas de gás por ano a um custo *standard* de 26€ cada, tem-se um custo anual em gás de **156€**. Logo, a partir do 9º ano (**1404€** poupados em gás) o investimento começa a ter viabilidade. Uma vez que a manutenção deste tipo de equipamento é quase inexistente, os **1425€** investidos inicialmente são recuperados ao 9º ano, o que torna o investimento viável do ponto de vista económico.

Um colector *standard* terá dimensões médias (mm) de 1800 x 1100 x 75 (altura x largura x espessura). Como se trata apenas de um painel, será instalado na cobertura virada a Sul, ocupando uma área de $0,88 \text{ m}^2$.

Recomendação 3: Aproveitamento das águas pluviais para rega

Recomenda-se a utilização de um sistema de aproveitamento das águas pluviais para rega. Assim, atendendo ao reservatório/tanque disponível no quintal com capacidade para

aproximadamente 22,03 m³ (cerca de 22030 litros) de armazenamento de água, a instalação de duas bombas de superfície com painel solar para extracção e bombeamento da água através de dois *KIT's* de sistema de rega gota a gota que permitem a rega do quintal, será a solução a adoptar. O preço das bombas ronda os **700 euros/cada** [53], os sistemas de rega gota a gota, aproximadamente **199,95 euros/cada** [54] e os 124,68 metros de tubagens, cerca de **124,68 euros**, abrangendo um total de 80 m² (aproximadamente), sendo que a área que necessita de ser regada varia entre 30 m² a 60 m² (planta do sistema de rega gota a gota no Anexo H).

As tabelas seguintes permitem perceber o custo total com esta recomendação e a poupança monetária possível de realizar a cada depósito/tanque:

Tabela 29 - Custo de aquisição do sistema de aproveitamento de águas pluviais

GASTO DE AQUISIÇÃO				
	MATERIAL	QUANTIDADE (Uni)	PREÇO (€/Uni.)	TOTAL (€)
Sistema de rega (Águas pluviais)	Kit bomba solar	2	700	1400
	Tubagens	124,68	1	124,68
	Kit programador gota a gota	2	199,95	399,9

Tabela 30 - Poupança de água em regas de jardim

POUPANÇA			
Escalão (Maior)	QUANTIDADE (m ³)	PREÇO (€/m ³)	TOTAL (€)
5º Escalão (> 31 m ³)	22,03	4,03	88,79

V.2.4) Análise final

Reabilitação das patologias existentes

As patologias existentes necessitam de ser reabilitadas. Assim, considera-se uma equipa de trabalho de dois pedreiros locais que fazem serventia um ao outro com um ordenado mensal de **800 euros/cada**.

Abordando a questão de uma forma breve, tem-se um orçamento da reabilitação das patologias existentes através das tabelas seguintes [55]:

Tabela 31 - Custo da Mão de obra na reabilitação das patologias presentes no edifício de habitação

CUS TO DA MÃO DE OBR A	Acção	Rendimento (H.h/m ²)	Ordenado (€/dia)	Hom ens	Quantid ad e (m ²)	Horas de trabalho	Dias de trabalho (8 horas)	Custo (€)
	Reboco	0,60	53,33	2,00	77,64	23,29	2,91	155,27
	Pavime nto	0,95	53,33	2,00	21,17	10,05	1,26	67,03
	Cobert ura	0,45	53,33	2,00	43,29	9,74	1,22	64,93
							Total (€)	287,23

Tabela 32 - Breve custo do material para reabilitação

CUSTO DO MATERIAL	Material	Quantidade (Uni.)	Custo (€/Uni.)	Preço (€)
	Cimento	6	5,08	30,48
	Cal apagada	5	12	60
	Ladrilhos	100	18	1800
	Telhas	50	0,28	14
	Areia	3	20	60
Total (€)				1964,48

As tabelas anteriores correspondem à reabilitação das patologias presentes no edifício de habitação. Trata-se de uma estimativa de custos, em que se considera, por exemplo, que uma saca de cimento de 50 quilogramas serve para realizar 15 m² de reboco.

As patologias estão presentes em panos verticais das casas de arrumos (A1 e A2) e na garagem (GAR). A reabilitação do pavimento ocorre no corredor (CORR) e a cobertura necessita de manutenção nas casas de arrumos (A1 e A2).

Assim, o custo total de reabilitação prevê-se que ronde os **2251,71 euros** (soma dos totais das tabelas 30 e 31).

Solução eficiente: simulação em *Design Builder*

Ao longo dos subcapítulos anteriores compararam-se alguns resultados, verificando-se que a solução eficiente (soluções 1, 2 e 3 em simultâneo) atinge resultados muito positivos no que respeita à redução de custos de funcionamento deste edifício de habitação.

A tabela seguinte demonstra as diferenças absolutas (anuais e mensais) entre a situação actual do edifício de habitação e a solução eficiente obtida por simulação em *Design Builder* (Diferença entre as tabelas 15 e 27):

Tabela 33 - Diferenças absolutas entre a situação actual e a solução eficiente (anuais e mensais)

		Anual	Mensal	
			Máx.	Min.
Conforto	Temperatura do ar (° C)	0,23	0,19	0,24
	Temperatura radiante (° C)	0,2		
	Temperatura operativa (° C)	0,22		
	Humidade relativa do ar (%)	0,82	1,17	0,45
Consumo de electricidade (kWh)	Consumo geral	1799,82	187,7	127,48
	Iluminação	1392,74	118,78	107,29
	Equipamentos	407,09	68,91	20,18
		Anual	Mensal	
Ganhos internos (kWh)	Ganhos exteriores pela janela	1787,61	202,12	
	Iluminação	1398,63	118,05	
	Equipamentos "Constantes"	382,91	66,93	
	Ocupação	6,08	0,17	
	Equipamentos "ocasião"	18,27	1,59	
Produção de CO ₂ (kg)		1232,88	128,58	
Infiltração externa (kWh)		387,27	29,89	
Taxa de renovação de ar (h ⁻¹)		0	0	

As diferenças são elevadas, atingindo descidas na casa dos milhares de *kWh* (na comparação anual), como são o exemplo do consumo de energia eléctrica, ganhos internos e produção de *CO*₂.

Estas medidas permitem uma redução de gastos apreciável, pois com um consumo de 826,89 *kWh*/ano de energia eléctrica (com a tarifa em vigor, a factura de energia eléctrica anual seria de **151,62 €**), a factura da electricidade desce o seu valor em aproximadamente 30%. Atendendo que o valor anual pago em electricidade atualmente ronda os **598,56 €**, permite assim, uma poupança de **446,94 €/Ano.**

Logo, esta solução traduz-se num investimento de: **829€** (substituição dos equipamentos) + **729,05€** (substituição da iluminação) + **1183,83€** (introdução de estores e substituição das caixilharias e dos vidros) = **1910,21€**. Uma vez que a solução permite uma poupança de aproximadamente **446,94€/Ano**, há retorno do investimento a partir do **6º ano**.

Recomendações (1, 2 e 3)

As recomendações permitem poupanças no consumo de energia eléctrica (1), na produção de *AQS* (2) e no aproveitamento das águas pluviais destinadas a rega. Assim, este edifício de habitação consegue produzir tudo o que consome e ainda lucra, o que faz dele um edifício de habitação sustentável, tal como demonstram os cálculos apresentados anteriormente.

CAPÍTULO VI - Conclusões e desenvolvimentos futuros

VI.1) Conclusões

O sector da construção é um dos que mais contribui para a degradação ambiental. Assim, é importante que se tentem definir novas práticas, novos hábitos de utilização e reutilizar o que está degradado.

A Europa e, principalmente, Portugal, atravessam uma crise económica que obriga a reflectir sobre como investir, qual o sector a considerar e quais as prioridades. O sector da construção passou por uma fase de grande desenvolvimento de construção nova, nas últimas décadas, atravessando uma crise profunda e necessitando de revitalização. Essa revitalização passa pela reabilitação da maioria do Património edificado que se encontra ao abandono.

Adicionalmente, as directivas europeias sobre eficiência energética de edifícios vêm exigir alteração profundas no modo de conceber, projectar, construir, manter e reabilitar.

Atendendo às exigências sobre a energia consumida e à degradação do parque edificado mais antigo, facilmente se percebe que se caminha no sentido errado.

Foi no sentido de desenvolver conhecimento sobre reabilitação de uma casa tradicional alentejana, atendendo a preocupações de redução de consumos de electricidade, água e gás, que se tentou explorar o tema.

Desenvolveu-se o estudo do caso, aplicando modelação adequada, conforme se refere no texto: *Energy Plus e Design Builder*.

É importante reabilitar, melhorar os índices de consumo energético, utilizar energias renováveis e garantir um planeta sustentável para as gerações vindouras.

Importa também aplicar novos materiais de construção e melhorar as técnicas construtivas.

O caso de estudo foi simulado a partir da situação real existente e rapidamente se percebeu que se poderiam adoptar medidas de melhoria que não alterassem significativamente o aspecto arquitectónico do edifício.

Desta forma, introduziram-se três soluções de fácil aplicação: substituição dos equipamentos, substituição da iluminação, substituição das caixilharias e dos vidros e introdução de estores pelo exterior. As melhorias são significativas, tal como se demonstrou no capítulo anterior. Atendendo a melhoria na ordem dos **50% a 68%** dos parâmetros simulados e com um retorno do investimento em **6 anos**.

Sendo a região onde se insere o edifício de habitação em estudo, caracterizada pela elevada incidência solar, apresentam-se propostas a explorar: painéis solares fotovoltaicos e colectores solares térmicos.

Os painéis fotovoltaicos e os colectores solares térmicos são práticas sustentáveis e que permitem num médio/longo prazo recuperar o investimento inicial, que se pode considerar

avultado. Tal como foi demonstrado no capítulo anterior, reflectindo-se num **retorno do investimento em 16 e 9 anos**, respectivamente. Também o aproveitamento das águas pluviais merece a devida atenção, dada à área existente que necessita ser regada, aproveitando assim o tanque disponível no quintal com capacidade para armazenar aproximadamente 22 m³ de água. Tendo esta recomendação um **retorno do investimento em aproximadamente 7 anos**.

Aplicadas estas soluções a este edifício de habitação e a outros que as adoptem, pode-se considerar que se reabilitou/conservou de forma sustentável.

Esta dissertação e todo o estudo que a envolveu, reforça a necessidade de reabilitar, conjugando esta com a sustentabilidade através de mudanças que parecem bastante dispendiosas numa fase inicial, mas que num médio/longo prazo se verificam lucrativas e que permitem reduzir custos e recursos energéticos.

Há que referir que os programas utilizados nas simulações (*Energie Plus* e *Design Builder*), são uma metodologia eficaz e credível no que respeita à aproximação da realidade neste género de edifícios.

A prática corrente de reabilitar em vez de demolir e construir novo, e a adopção de medidas simples, devidamente articuladas e não muito onerosas, que permitam reduzir consumos de electricidade nas intervenções de conservação/reabilitação, permitirá criar mercado para indústrias de equipamentos e sistemas e potenciar o desenvolvimento do sector da reabilitação.

Há que garantir a preservação da cultura, dos monumentos, das paisagens e do Património, conforme focado no caso de estudo, pelo valor histórico e económico que representa.

VI.2) Desenvolvimentos futuros

Não tendo sido possível abordar todas as soluções possíveis ao longo desta dissertação, tanto no que diz respeito a questões de reabilitação como de sustentabilidade, apresentam-se em seguida algumas sugestões para o desenvolvimento futuro do presente trabalho:

- Verificar a influência da introdução de isolante térmico na cobertura. Tanto no que diz respeito ao conforto térmico, como aos ganhos internos provenientes pelo exterior.
- Aproveitamento das águas pluviais, utilizando o tanque/reservatório disponível no quintal para utilização na lavagem de roupa e loiça e sanitários.
- Introdução de equipamentos de drenagens da cobertura, de forma a evitar infiltrações e ainda possível aproveitamento destas águas, se as mesmas forem encaminhadas para o tanque/reservatório no quintal.

- Testar equipamentos eficientes que alterem o conforto do edifício de habitação, de forma a que o mesmo se torne mais quente na estação de Inverno.

CAPÍTULO VII - Referências bibliográficas

- [1] ELIAS, I.B., Conservação e Restauro de obras de Arte em Suporte de Papel, Escola de comunicação e arte da Universidade de São Paulo, 2002. Site - <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABejYAI/aspectos-historicos-conservacao-restauro> (consultado no dia 09/05/2013)
- [2] LUSO, E., LOURENÇO, P. B., ALMEIDA M., Breve história da conservação e do restauro, Universidade do Minho, 2004
- [3] OLIVEIRA, R.D., Teoria e prática da restauração, Universidade Federal de Minas Gerais, Setembro, 2009. Site - http://www.unisantos.br/pos/revistapatrimonio/pdf/Artigo4_v6_n7_jul_ago_set2009_Patrimonio_UniSantos.pdf (consultado no dia 09/05/2013)
- [4] ROCHA, C.A.L., Teorias da restauração, Cesare Brandi, Julho, 2011, Site - <http://rethelhos.blogspot.pt/2011/07/teorias-da-restauracao-cesare-brandi.html> (consultado no dia 09/05/2013)
- [5] Carta de Atenas, Conclusão da conferência internacional de Atenas sobre o restauro dos monumentos, Atenas, Outubro, 1931
- [6] Carta de Veneza, Sobre a conservação e restauro dos monumentos e dos sítios, Veneza, Maio, 1964
- [7] IPHAN, Declaração de Amesterdão, Congresso do Património Arquitectónico Europeu, Outubro, 1975, Site - <http://www.igespar.pt/media/uploads/cc/CARTAEUROPEIADOPATRIMONIOARQUITECTONICO.pdf> (consultado no dia 22/05/2013)
- [8] Relatório de Brundtland, "Nosso futuro comum" - definições e princípios, Site - <http://www.mudancasclimaticas.andi.org.br/node/91> (consultado no dia 12/06/2013)
- [9] Biblioteca digital da câmara dos deputados, Conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente e desenvolvimento, 1995
- [10] DECRETO-LEI n.º 6/2002, 1.ª série — N.º 71 — 25 de Março de 2002, Ministério do negócios estrangeiros, Protocolo de Quioto, Março, 2002.
- [11] RIBEIRO, O., Portugal, o Mediterrâneo e o Atlântico, 4ª Edição, Lisboa, 1986
- [12] VARANDA, F., Mértola no Alentejo, 2006
- [13] Beja digital, Caracterização do Baixo Alentejo, Site - <http://www.bejadigital.biz/pt/conteudos/territorial/caracterizacao+do+distrito/> (consultado no dia 17/06/2013)
- [14] Beja digital, Caracterização do concelho de Mértola, Site - <http://www.bejadigital.biz/pt/conteudos/territorial/caracterizacao+do+distrito/Concelho+de+M%C3%A9rtola/> (consultado no dia 17/06/2013)

- [15] LOPES, T.F., Reabilitação sustentável de edifícios de habitação, Dissertação de Mestrado, Lisboa, 2010
- [16] KIBERT, C.J., Proceeding of the first international conference on sustainable construction, Tampa, Florida, 6-9 November 1994
- [17] CCE, Livro Verde, Sobre as parcerias público-privadas e o direito comunitário em matéria de contratos públicos e concessões, Bruxelas, 2004. Site - http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/pt/com/2004/com2004_0327pt01.pdf (consultado no dia 17/06/2013)
- [18] PINHEIRO, M.D., Ambiente e construção sustentável, Amadora, 2006
- [19] INE, dados do INE, Construção e habitação, Censos, 2011
- [20] INE, dados do INE, Indústria e energia, Censos, 2011
- [21] EDP, Wikienergia, Estatísticas das instalações eléctricas em Portugal, 1928 - 1950, Site - http://www.wikienergia.pt/~edp/index.php?title=Electrifica%C3%A7%C3%A3o_do_concelho_de_M%C3%A9rtola (consultado no dia 17/06/2013)
- [22] DGEG, Sales index da Marktest, Consumo de energia eléctrica, Outubro, 2010
- [23] TIRONE, L., Construção sustentável - soluções eficientes hoje, A nossa riqueza amanhã, Lisboa, 2009
- [24] RCCTE, Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios , Série - A, n° 67 (04/04/2006)
- [25] RSECE, Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios, 09 de Agosto de 2011, Site - <http://www.adene.pt/pt-pt/legislacao/em-casa/Paginas/RSECE.aspx> (consultado no dia 11/07/2013)
- [26] DECRETO-LEI n.º 96/2008, 1.ª série — N.º 110 — 9 de Junho de 2008, Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE), Junho, 2008
- [27] EPA, United States Environmental Protection Agency, Site - <http://www.epa.gov/> (consultado no dia 11/07/2013)
- [28] DECRETO-LEI n.º 79/2006. Diário da República, 1ª Série - A, n.º 67 (04/04/2006) páginas 2416-2468. Ministérios das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), Lisboa
- [29] RODRIGUES, A.M., CANHA DA PIEDADE, A., BRAGA, A.M., Térmica de edifícios, 1ª Edição, Março, 2009
- [30] DIRECTIVA 98/11/CE, Jornal Oficial das Comunidades Europeias, Conselho no que respeita à rotulagem energética das lâmpadas eléctricas para uso doméstico, Janeiro, 1998
- [31] ODYSSE, MURE, European monitoring tools for energie efficiency, Outubro, 2012
- [32] PNAC, Programa Nacional para as Alterações Climáticas, Ambiente - Portugal, ambição para o futuro, 2006, Site -

<http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=117&sub3ref=299>
(consultado no dia 11/07/2013)

[33] PNAEE, Plano Nacional de Acção para Eficiência Energética, Resolução do Conselho de Ministros n.º 80/2008, Abril, 2008

[34] DIRECTIVA 2006/32/CE, Eficiência na utilização final da energia e aos serviços energéticos, Jornal Oficial da União Europeia, Abril, 2006

[35] DECRETO-LEI n.º 78/2006. Diário da República, 1ª Série - A, n.º 67 (04/04/2006) páginas 2411-2415. Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). Abril, 2006

[36] RORIZ, L., O Regulamento de Gestão do Consumo de Energia: necessidade da revisão do regulamento (RGCE), Abril, 2008

[37] SGCIE, Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia, 2008

[38] DIRECTIVA 2010/31/EU, Parlamento Europeu e do Conselho, Desempenho energético dos edifícios, Maio, 2010

[39] LINHAS ORIENTADORAS, Construção e reabilitação sustentável, Parecerias para a regeneração urbana, 2011

[40] APPLETON, J. - Conferência Reabilitação Sustentável - Casos práticos em edifícios antigos, Monte da Caparica, Universidade Nova de Lisboa, 2011

[41] ISOLINI, P., Eficiência energética dos edifícios residências, Manual do consumidor, 2008

[42] ENERGY, A.P., Energia renováveis / Climatização / Instalações eléctricas / Domótico, Energia solar térmica, Site - <http://www.apj.pt/est.html> (consultado no dia 27/07/2013)

[43] NEW ENERGIE LABEL, Nova etiqueta de desempenho energético, 2013, Site - <http://www.newenergylabel.com/index.php/pt/home/> (consultado no dia 27/07/2013)

[44] PORTAL ENERGIA, Energias renováveis, Novembro, 2009, Site - <http://www.portal-energia.com/descricao-e-informacoes-para-a-montagem-dos-sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica/> (consultado no dia 27/07/2013)

[45] APA, I.P., Ambiente Portugal - Ambição para o futuro, Resíduos de Construção e Demolição, 2013

[46] ROCHETA, V., FARINHA, F., Práticas de projecto e construtivas para a construção sustentável, Universidade do Algarve, 2007

[47] DIRECTIVA 2008/98/CE. Parlamento Europeu e do Conselho, relativa a resíduos, Novembro, 2008

[48] DESPACHO 4015/2007. Diário da República, 2ª Série, n.º44, páginas 5708 - 5709. Ministérios do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional e das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. Março, 2007

[49] BERTRAND, G., Paisagem e geografia física global, Esboço metodológico, 1978

- [50] NASSAUER, J.I., Culture and changing landscape structure. Landscape Ecology, 1995
- [51] UNICAMP, Laboratório de Iluminação do Departamento de Artes Cênicas, Instituto de Artes da UNICAMP, Outubro, 2013, Site - <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/dicasemail/led/dica36.htm> (consultado no dia 24/10/2013)
- [52] SOTECNISOL, Materiais, Soluções solares e de climatização Site - <http://www.sotecnisol.pt/materiais/consultas/tabelas-de-precos-solucoes-solares-e-de-climatizacao/> (consultado a 31/10/2013)
- [53] SOLAR, Energias renováveis LDA, Bomas de Superfície Lorentz, Site - <http://www.ffiolar.com/index.php?lang=PT&page=produtos&field=1&category=14> (consultado 25/10/2013)
- [54] MERLIN, L., Sistema de rega gota a gota - Solgarden, Site - <http://www.leroymerlin.pt/Site/Produtos/Jardim/Sistemas-de-rega/Gota-a-gota/14907445.aspx> (consultado a 27/10/2013)
- [55] BRANCO, J. Paz, Rendimentos de Mão de obra, materiais e equipamentos em edificação e obras públicas, LNEC, Lisboa, 1983

Anexo A. Planta Geral (edifício de habitação + quintal)

Anexo B. Planta Pormenor (edifício de habitação)

Anexo C. Fotografias do caso de estudo

Anexo D. Tabela de facturação de electricidade (*EDP*)

Anexo E. Tabela de poupança anual em electricidade sem sistema fotovoltaico

Anexo F. Planta de localização dos painéis fotovoltaicos

Anexo G. Tabela de facturação de água

Anexo H. Planta do sistema de rega gota a gota