



INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Universidade Técnica de Lisboa

**Contributo da análise dos custos do ciclo de vida
para projectar a sustentabilidade na construção**

Sofia Alexandra de Carvalho Ferreira Real

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil

Júri

Presidente: Professor Doutor António Heleno Domingues Moret Rodrigues

Orientador: Professor Doutor Manuel Guilherme Caras Altas Duarte Pinheiro

Vogal: Professor Doutor Jorge Manuel Caliço Lopes de Brito

Outubro de 2010

Resumo

O principal objectivo da indústria da construção é a realização de um produto que satisfaça as exigências de funcionalidade, segurança, durabilidade, estética, economia e ambiente ao longo do seu ciclo de vida, isto é, um produto que sirva a função pretendida com segurança, sendo durável, esteticamente agradável, economicamente viável e que se traduza no menor impacte ambiental possível.

Neste sentido, surge a construção sustentável como forma de criação e gestão responsável de um ambiente construído saudável baseado em princípios ecológicos e de eficiência de recursos, envolvendo a consideração de todo o ciclo de vida dos edifícios.

Genericamente, Life Cycle Costs – LCC, em Português Custos do Ciclo de Vida, consiste na análise de todos os custos de um produto, processo ou actividade ao longo da sua vida, tendo como propósito a optimização dos seus custos totais.

A presente dissertação analisa os custos do ciclo de vida de uma fachada, nomeadamente os custos de construção, de utilização (custo de consumo energético) e de manutenção (tendo em conta necessidades de manutenção e vidas úteis das componentes).

O caso de estudo é um edifício habitacional (integrado no projecto HEXA), que está a ser desenvolvido pelo Professor Manuel Pinheiro e a sua equipa do LiderA, como caso ilustrativo de aplicação. São desenvolvidas quatro soluções para a sua fachada, determinados os seus custos de construção, utilização e manutenção, sendo, posteriormente, comparadas entre si. Finalmente, realiza-se uma análise de sensibilidade dos resultados obtidos.

Conclui-se que a LCC é uma abordagem útil, embora necessite de mais estudo e desenvolvimento, uma vez que ainda apresenta muitos problemas, principalmente relacionados com a falta de quantidade e fiabilidade de informação relativa a todos os aspectos da análise LCC. Para a resolução desses aspectos, deixam-se algumas recomendações a considerar para desenvolvimentos futuros.

Palavras-chave: Custos do ciclo de vida; Construção sustentável; Manutenção; Consumo energético; Fachada.

Abstract

The construction industry's main objective is the fabrication of a product that satisfies functional, security, durability, esthetic, economic and environmental requirements during its life cycle, in other words, a product that serves the intended function securely while also being durable, esthetically pleasing, economically viable and that translates into the smallest environmental impact possible.

Sustainable construction is a way to responsibly create and manage a healthy constructed environment based upon the ecologic and resource efficiency principles, involving the consideration of a building's life cycle.

Generically, Life Cycle Cost – LCC, consists on the analysis of all the costs of a product, process or activity during its life cycle, with the purpose of optimization of its total costs.

This dissertation analyses the life cycle costs of a façade, namely its construction, operation (energetic consumption cost) and maintenance costs (taking into consideration maintenance needs and service lives of the components).

The case study is a residential building (integrated in project HEXA), which is being developed by Professor Manuel Pinheiro and his team from LiderA, as an illustrative case of application. Four façade solutions are developed, and their construction, operation and maintenance costs are determined. After that the solutions are compared. Finally, a sensitivity analysis of the results is performed.

The conclusion is that LCC is a useful approach, although it needs further study and development, since it still presents a lot of problems, mainly related with the lack of reliable information related to every aspect of the LCC analysis in significant quantity. To solve these aspects, some recommendations are made to take into consideration in future developments.

Key words: Life Cycle Costs; Sustainable construction; Maintenance; Energetic consumption; Façade.

Agradecimentos

Primeiramente gostaria de agradecer ao Professor Manuel Pinheiro pela sua orientação, apoio e optimismo, que se demonstraram preponderantes no decorrer desta dissertação.

Um agradecimento especial à Professora Inês Flores-Colen pela sua paciência, predisposição para partilhar conhecimentos e tirar dúvidas.

Ao Professor Jorge de Brito, ao Professor Francisco Loforte Ribeiro, ao Professor Albano Neves e Sousa e à Professora Maria da Glória Gomes pela sua disponibilidade para tirar dúvidas. Ao meu padrinho, ao Eng. José Queirós e a todos os outros engenheiros, arquitectos e fabricantes que se dispuseram a disponibilizar a informação necessária à realização desta dissertação. À Dra. Marisa Oliveira da Top Informática, por proporcionar a utilização do gerador de preços do programa CYPE, o *software* para engenharia. Aos arquitectos Madalena Esquível, João Soeiro, Bruno Xisto e Duarte Nunes pelo seu auxílio em questões relativas ao projecto HEXA. Ao colega e amigo Joaquim Ferreira pelo apoio prestado.

Finalmente, gostaria de agradecer aos meus pais, restante família e amigos, pelo apoio incondicional ao longo da minha vida e por me terem ajudado a tornar em quem hoje sou.

Índice

Resumo	i
Abstract	ii
Agradecimentos	iii
Capítulo 1 Enquadramento e objectivo.....	1
1.1 Enquadramento	1
1.1.1 Impactes da construção	1
1.1.2 Desenvolvimento e Construção Sustentável.....	5
1.1.3 Custos do Ciclo de Vida.....	9
1.1.4 Caso das fachadas e sua importância.....	11
1.2 Objectivo e programa de trabalhos.....	12
1.2.1 Objectivos da investigação.....	12
1.2.2 Metodologia da investigação.....	12
1.2.3 Organização da dissertação.....	13
Capítulo 2 Estado da arte	14
2.1 O que é LCC?.....	14
2.2 Que custos são considerados?	15
2.2.1 Custos	15
2.2.2 Capacidade de influenciar os custos de um edifício no ciclo de vida.....	17
2.3 Vida útil e manutenção	18
2.3.1 Vida útil.....	18
2.3.2 Manutenção de fachadas	22
2.4 Conceitos, passos e indicadores agregados da análise LCC.....	26
2.4.1 Conceitos.....	26
2.4.2 Passos.....	27
2.4.3 O que incluir em cada alternativa e no relatório final da análise LCC.....	28
2.4.4 Indicadores agregados da análise LCC.....	30
2.5 Limitações da metodologia LCC.....	31
2.5.1 Barreiras ao LCC	31
2.5.2 Tipos e fontes de informação	33
2.5.3 Incerteza e risco	34
2.6 O que é efectuado na construção em termos de LCC?	40
2.6.1 Aplicação internacional	40

2.6.2	Construção em Portugal.....	40
2.6.3	Manutenção em Portugal	42
2.7	Como aplicar o LCC na sustentabilidade.....	43
2.7.1	Construção sustentável e o ciclo de vida.....	43
2.7.2	LiderA.....	43
Capítulo 3	Análise LCC – Influência das soluções construtivas	47
3.1	Considerações iniciais	47
3.2	Exigências funcionais dos elementos construtivos	47
3.3	Soluções construtivas para fachada.....	50
3.4	Manutenção.....	52
3.4.1	Vida útil de referência	52
3.4.2	Anomalias.....	54
3.4.3	Planos de manutenção preventiva	56
3.5	Operação/utilização	60
3.6	Demolição ou reabilitação.....	62
Capítulo 4	Aplicação ao caso de estudo.....	63
4.1	Descrição do caso de estudo	63
4.2	Custos de construção e manutenção	65
4.3	Custos de operação/utilização	65
4.4	Custos de demolição ou reabilitação.....	66
4.5	Outros aspectos a ter em conta	66
4.6	Seleccção/comparação das soluções	67
Capítulo 5	Análise de sensibilidade, discussão de evidências e limitações.....	77
5.1	Análise de sensibilidade.....	77
5.1.1	Solução de referência sem manutenção.....	77
5.1.2	Aumento do custo do kWh	77
5.1.3	Alteração da zona climática.....	78
5.1.4	Variação do período de estudo	78
5.1.5	Variação dos custos de construção	79
5.1.6	Variação da taxa de actualização.....	79
5.1.7	Variação da orientação e localização dentro do edifício.....	80
5.2	Discussão de evidências e limitações	80
Capítulo 6	Conclusões e recomendações	83

Referências bibliográficas	87
Anexos	96
Anexo I Soluções possíveis	97
Anexo II Plantas do HEXA	99
Anexo III Cálculo dos custos de manutenção actualizados ao ano 0	104
Anexo IV Cálculo do consumo energético da solução de referência	123
Anexo V Cálculo dos custos energéticos actualizados ao ano 0	136
Anexo VI Cálculo dos custos totais de cada solução para um apartamento	140

Índice de figuras

Figura 1 - Objectivo da indústria da construção	1
Figura 2 - Contribuição do sector da construção para o PIB Português entre 1995 e 2007	2
Figura 3 - Contribuição do sector da construção para o VAB entre 2000 e 2007	2
Figura 4 - Número de fogos licenciados em construções novas para habitação familiar.....	3
Figura 5 - Desenvolvimento sustentável como resultado do equilíbrio entre o ambiente, a sociedade e a economia	5
Figura 6 - Evolução das preocupações no sector da construção civil.....	7
Figura 7 - Ciclo de vida das construções	8
Figura 8 - Custos do ciclo de vida.....	9
Figura 9 - Distribuição de custos do ciclo de vida	9
Figura 10 – Planeamento dos custos do ciclo de vida nas diferentes fases da vida útil de um edifício	14
Figura 11 - LCC e alternativas eficientes	15
Figura 12 - Capacidade de influenciar os custos de construção no tempo	17
Figura 13 - Ciclo de vida económico de uma construção	20
Figura 14 – Estratégias de Manutenção	23
Figura 15 - Degradação esquemática dos diferentes grupos de propriedades	24
Figura 16 - Ciclo vicioso da implementação da metodologia LCC	32
Figura 17 - Funções de pertença para (a) conjunto convencional e (b) conjunto vago.....	38
Figura 18 – Síntese do enquadramento legal na área da manutenção e reabilitação	42
Figura 19 - Níveis de desempenho segundo o sistema LiderA.....	44
Figura 20 - Fases do desenvolvimento do ciclo de vida	45
Figura 21 - Vertentes e áreas da versão 2.0 do sistema LiderA	46
Figura 22 - Processo de melhoria continua.....	46
Figura 23 - Quarteirão tipo do projecto HEXA.....	63
Figura 24 - Piso tipo de edifício do projecto HEXA.....	63
Figura 25 - Alçado principal do edifício	64
Figura 26 - Alçado de tardoz do edifício	64
Figura 27 - Soluções de parede do projecto	64

Índice de quadros

Quadro 1 - Prós e contras da análise LCC	10
Quadro 2 – Estruturação dos custos do ciclo de vida segundo Langdon (2007).....	16
Quadro 3 - Ciclos de vida das construções em função do uso	20
Quadro 4 – Valores mínimos para a durabilidade do edifício e seus componentes	21
Quadro 5 – Vidas úteis de projecto para diferentes tipos de edifícios.....	22
Quadro 6 - Técnicas de tratamento de incerteza e risco na avaliação económica de investimento imobiliário.....	36
Quadro 7 - Constituintes do custo total de construção	41
Quadro 8 - Constituintes dos encargos com o estaleiro	41
Quadro 9 - Exigências funcionais de paredes.....	48
Quadro 10 - Exigências funcionais de revestimentos de parede	48
Quadro 11 - Exigências funcionais para portas e janelas.....	50
Quadro 12 - Soluções de revestimento de parede	51
Quadro 13 - Soluções de isolamento de parede	51
Quadro 14 - Soluções de alvenaria	51
Quadro 15 - Soluções de caixilharia	51
Quadro 16 - Soluções de envidraçado.....	52
Quadro 17 - Soluções de sombreamento	52
Quadro 18 - Vida útil de referência de paredes.....	52
Quadro 19 - Vida útil de referência de sistema ETICS	53
Quadro 20 - Vida útil de referência de revestimentos.....	53
Quadro 21 - Vida útil de referência de vãos envidraçados	53
Quadro 22 - Vida útil de referência de cantaria e guardas	53
Quadro 23 - Anomalias de vãos envidraçados.....	54
Quadro 24 - Anomalias de rebocos	54
Quadro 25 - Anomalias de tintas plásticas.....	55
Quadro 26 - Anomalias dos revestimentos de pedra.....	55
Quadro 27 - Anomalias do sistema ETICS	55
Quadro 28 - Anomalias dos revestimentos cerâmicos	56
Quadro 29 - Preço médio da energia eléctrica em Portugal em 2009.....	66
Quadro 30 - Soluções de alvenaria	67
Quadro 31 - Soluções de parede.....	68
Quadro 32 - Soluções de caixilharia	71
Quadro 33 - Soluções de vidro	72
Quadro 34 - Soluções de sombreamento	73
Quadro 35 - Constituição da solução de referência	74
Quadro 36 - Constituição da solução melhorada	74
Quadro 37 - Constituição da solução de elevado desempenho 1.....	75
Quadro 38 - Constituição da solução de elevado desempenho 2.....	75

Quadro 39 - Custos do ciclo de vida da fachada de um apartamento para um período de estudo de 50 anos.....	76
Quadro 40 - Custos do ciclo de vida da fachada de um apartamento com e sem manutenção.....	77
Quadro 41 - Custos do ciclo de vida da fachada de um apartamento para duplicação do custo do kWh	77
Quadro 42 - Custos do ciclo de vida da fachada de um apartamento para localização em Bragança	78
Quadro 43 - Custos do ciclo de vida da fachada de um apartamento para um período de estudo de 25 anos.....	79
Quadro 44 - Variação dos custos do ciclo de vida da fachada de um apartamento	79
Quadro 45 - Custos do ciclo de vida da fachada de um apartamento para uma taxa de actualização de 2%.....	80

Índice de equações

(1) – Método factorial	25
(2) – Taxa de actualização	26
(3) – Taxa sem risco	26
(4) – Valor Actualizado Líquido	30
(5) – Payback	30
(6) – Razão Custo-Benefício	30
(7) – Custo Anual Equivalente	31
(8) – Ntc segundo RCCTE (2006)	61
(9) – Necessidades energéticas	61
(10) – Coeficiente de transmissão térmica	67

Siglas

CAE – Custo Anual Equivalente
CBS – *Cost Breakdown Structure*
CC – Custo de Construção
CE – Custo Energético
CM – Custo de Manutenção
FS – Factor Solar
LCA – *Life Cycle Assessment*
LCC – *Life Cycle Costs*
PIB – Produto Interno Bruto
R – Coeficiente de Resistência Térmica
RCB – Razão Custo-Benefício
TIR – Taxa Interna de Rentabilidade
VA – Valor Actual
VAB – Valor Acrescentado Bruto
VAL – Valor Actualizado Líquido
U – Coeficiente de Transmissão Térmica
WLC – *Whole Life Costing*

Capítulo 1 Enquadramento e objectivo

1.1 Enquadramento

1.1.1 Impactes da construção

O principal objectivo da indústria da construção é a realização de um produto que satisfaça as exigências de funcionalidade, segurança, durabilidade, estética, economia e ambiente ao longo do seu ciclo de vida, isto é, um produto que sirva a função pretendida com segurança, sendo durável, esteticamente agradável, economicamente viável e que se traduza no menor impacte ambiental possível (Figura 1) (Brito, 2007 e Pinheiro, 2006).

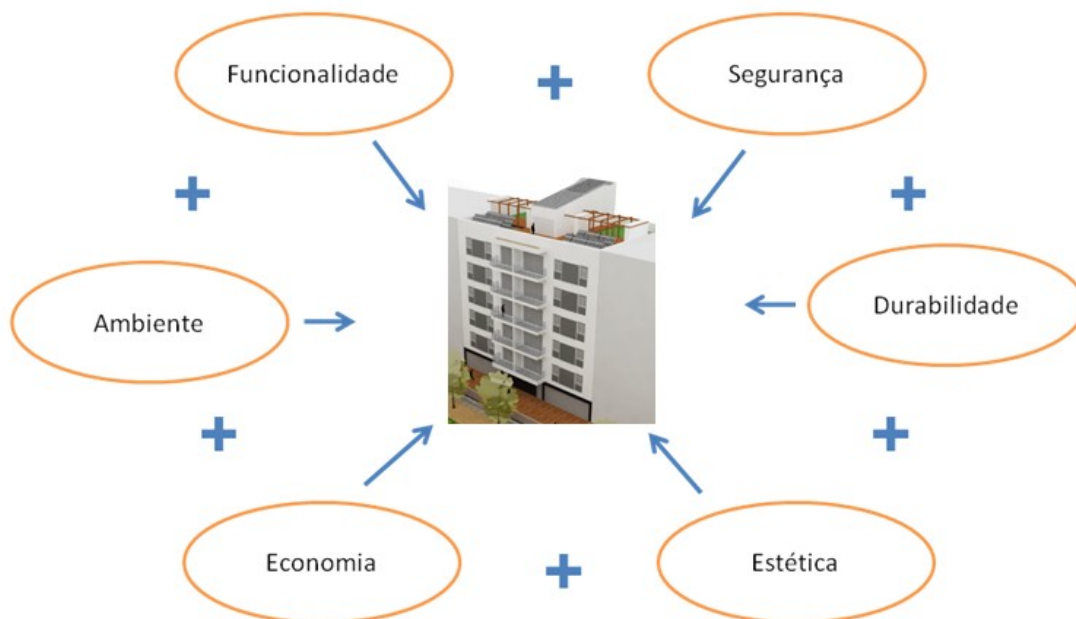


Figura 1 - Objectivo da indústria da construção (adaptado de Brito, 2007)

O ambiente construído representa uma grande percentagem do investimento global dos países, chegando a atingir mais de 50% da riqueza das nações mais desenvolvidas (Hovde, 2000), afectando de forma directa a vida e o bem-estar dos seus utilizadores.

Segundo Gaspar (2002), a construção é um sector tão vital para as economias das sociedades contemporâneas que relativiza todas as outras áreas da indústria, sobretudo quando comparadas com as sinergias económicas, sociais ou ambientais geradas em torno da construção, tanto habitacional como de transportes, comunicações, infra-estruturas e energia.

1.1.1.1 Importantes impactes económicos

O sector da construção contribui significativamente para o Produto Interno Bruto (PIB), bem como para o Valor Acrescentado Bruto (VAB).

Segundo uma publicação recente do Instituto Nacional de Estatística (INE, 2010a), que apresenta dados definitivos (ano base 2006), a contribuição do sector da construção para o PIB nacional tem vindo a decrescer nos últimos anos, conforme indicado na Figura 2.

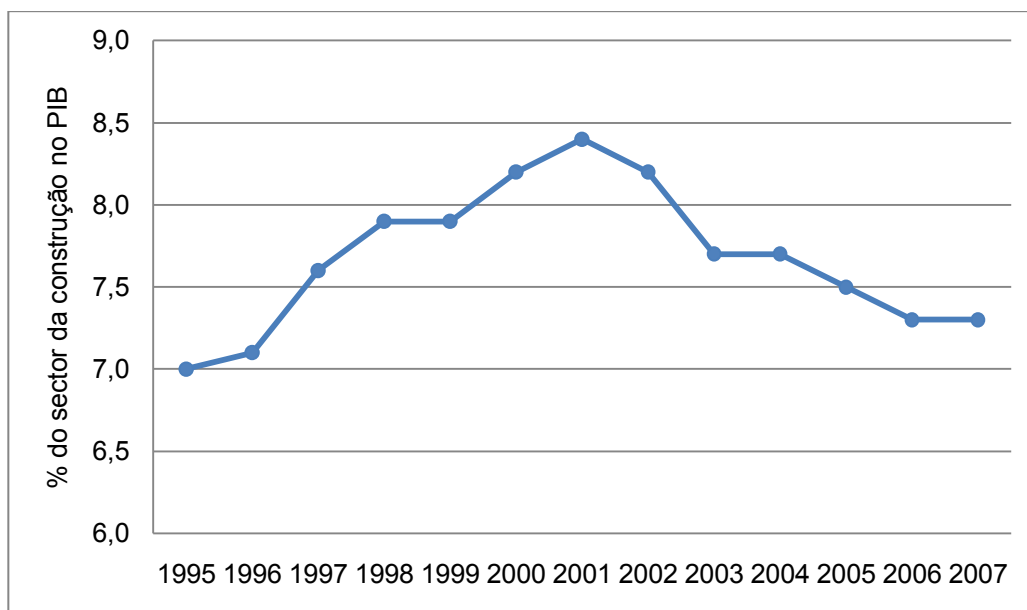


Figura 2 - Contribuição do sector da construção para o PIB Português entre 1995 e 2007 (adaptado de INE, 2010a)

Actualmente, Portugal está entre os países em que o sector da construção menos pesa no Produto Interno Bruto (PIB). Os números revelados pelo Gabinete de Estatística da União Europeia ditam que o peso do sector da construção no PIB nacional se situa em 4,9% em 2010 (MRG, 2010).

Segundo dados apresentados pelo Santander (2008), o Valor Acrescentado Bruto (VAB) do sector da construção também segue a mesma tendência de queda (Figura 3).

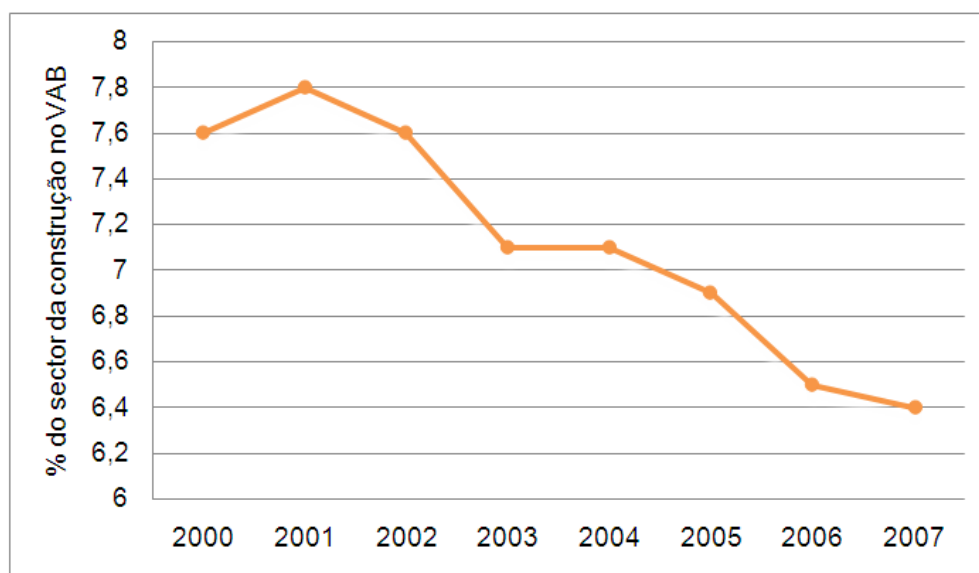


Figura 3 - Contribuição do sector da construção para o VAB entre 2000 e 2007 (adaptado de Santander, 2008)

Segundo os últimos dados disponibilizados pelo INE (2010b), o número de fogos licenciados também tem vindo a decrescer significativamente (Figura 4), confirmando o abrandamento do sector da construção.

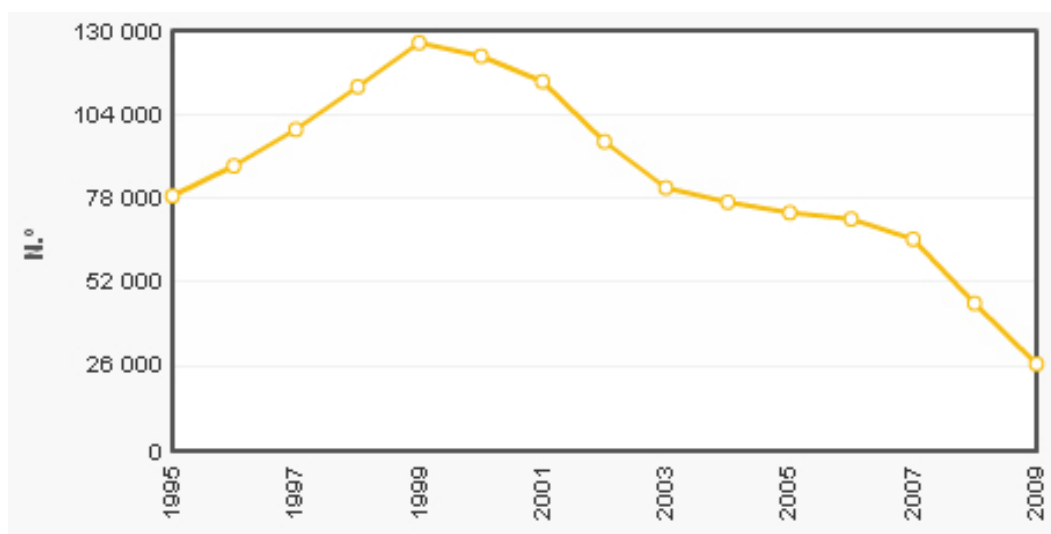


Figura 4 - Número de fogos licenciados em construções novas para habitação familiar (INE, 2010b)

Analisando o PIB, o VAB e o número de fogos licenciados referidos anteriormente, verifica-se que o sector continua a ter um importante peso, embora tenha sofrido uma forte contracção.

No entanto, as implicações económicas da construção não se resumem apenas ao contributo para o PIB ou ao investimento inicial necessário à planificação, projecto e construção, mas continuam ao longo da vida das construções devido à degradação das mesmas. Acresce, portanto, a necessidade de investimento contínuo em manutenção e gestão correntes e na reparação e substituição de componentes e sistemas ao longo do ciclo de vida (Gaspar, 2002).

O somatório de todos estes investimentos tem um tal peso económico que, mesmo uma pequena redução de recursos anuais, se pode traduzir numa importante poupança geral, geralmente com expressão directa na economia e no ambiente, duas variáveis cujo equilíbrio assegura a sustentabilidade das sociedades actuais (Gaspar, 2002).

Em resumo, a indústria da construção desempenha um importante papel nas sociedades actuais ao assegurar as necessidades habitacionais e de infra-estruturas. Contudo, este sector é um dos principais responsáveis por alguns dos principais problemas ambientais.

1.1.1.2 Importantes efeitos ambientais

São atribuídos à Construção Civil cerca de 30% de todos os recursos naturais extraídos mundialmente. Após as extracções, os impactes ambientais continuam pelos transportes diversos e pelas fábricas de materiais de construção que alimentam os estaleiros de obras, gerando, por sua vez, mais impactes (Có e Filho, s.d.).

Após a conclusão das obras, os edifícios são responsáveis pelo consumo que pode atingir 50% de toda a energia produzida no Planeta, para além dos restos de obras das diversas reformas e do lixo doméstico produzidos nos seus 50 anos de vida útil média, sem esquecer os impactes ambientais

gerados pelas demolições dessas edificações, representando, desse modo, a actividade humana que causa maior impacto sobre o meio ambiente (Có e Filho, s.d.).

Segundo Sousa (2007), na fase de construção verificam-se grandes intervenções em termos de obra e, conseqüentemente, uma significativa perturbação do meio ambiente a vários níveis: alteração de uso e ocupação temporária do solo, alteração visual da paisagem, alteração da qualidade do ar, possibilidade de acréscimo dos níveis de ruído e de vibrações, produção de águas residuais e de resíduos perigosos e não perigosos, alterações das condições de circulação rodoviária e pedonal, o que se pode traduzir na afectação dos hábitos e da qualidade de vida da população envolvente.

Contudo, tal como referido mais acima, os impactes ambientais da construção não se restringem apenas à fase construtiva. Às fases de utilização, manutenção, reabilitação e demolição também estão associados diversos aspectos ambientais. De acordo com diversos autores (UNEP, 2003; Cardoso e Degani, 2002; Briffett *et al.*, 2000 citados por Sousa, 2007), entre os principais impactes ambientais, alguns irreversíveis, que podem ser identificados durante todo o ciclo de vida de uma construção encontram-se:

- a utilização de solo em competição com outras actividades como a agricultura e a perda de *habitats*;
- a perda de biodiversidade resultante da ocupação de solos virgens como as florestas, as zonas húmidas e zonas costeiras;
- a extracção e consumo de grandes quantidades de recursos naturais que na maioria das vezes são não renováveis;
- a alteração da qualidade do ar durante o transporte de materiais e as diversas actividades construtivas devido à emissão de material particulado, CO₂, e CFC causados pela possibilidade de incêndio, utilização de equipamentos de perfuração durante a obra;
- o elevado consumo de água e descargas de águas residuais;
- a elevada produção de resíduos devido a uma deficiente gestão dos recursos;
- a elevada quantidade de energia consumida durante a construção e depois durante a fase de ocupação;
- a produção de ruído e vibrações no decorrer das actividades construtivas e que podem afectar directamente a vizinhança.

Em suma, os impactes ambientais ocorrem ao longo de todo o ciclo de vida das estruturas edificadas e não só na fase de construção, tal como acontece com os custos das mesmas, pelo que a possibilidade de procurar um equilíbrio entre os impactes e benefícios económicos, sociais e ambientais se assume crescentemente através do conceito de sustentabilidade na construção (Pinheiro, 2006).

1.1.2 Desenvolvimento e Construção Sustentável

1.1.2.1 Desenvolvimento Sustentável

Desde sempre que o Homem tem praticado actividades e estilos de vida com impactes ambientais que ultrapassam a capacidade dos ecossistemas de fornecerem os recursos naturais alocados, assim como a capacidade de absorverem os impactes associados (Limão, 2007).

O constante crescimento populacional e a sua concentração em grandes centros urbanos associados às suas actividades e ao seu estilo de vida produzem uma pressão cada vez menos sustentável sobre o meio ambiente.

A tomada de consciência deste problema tem levado à procura da sustentabilidade. O discurso ambiental tem-se intensificado e ganho importância, principalmente na formulação de políticas, modelos e teorias a respeito do desenvolvimento apoiados na concepção de um desenvolvimento sustentável. O desenvolvimento sustentável é hoje um tema indispensável nas discussões sobre políticas de desenvolvimento que visam sinalizar uma alternativa às teorias e modelos tradicionais de desenvolvimento, desgastados numa série infinita de frustrações (Gaspar, 2004).

Segundo o relatório “O nosso futuro comum” de 1987 produzido pelo WCED, também conhecido por relatório Brundtland, o desenvolvimento sustentável define-se como “aquele que satisfaz as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades”.

Esta busca de equilíbrio entre o que é socialmente desejável, economicamente viável e ecologicamente sustentável é usualmente descrita em função da chamada *triple bottom line*, que congrega as dimensões ambiental, social, e económica do desenvolvimento sustentável (Figura 5) (Silva, 2003).

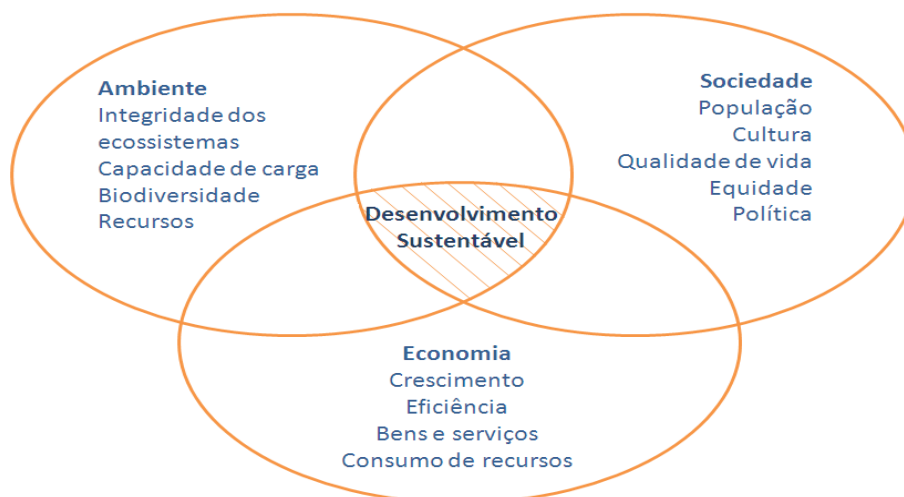


Figura 5 - Desenvolvimento sustentável como resultado do equilíbrio entre o ambiente, a sociedade e a economia (adaptado de Limão, 2007; Pinheiro, 2006; Vanegas et al.,1995)

Assegurar a sustentabilidade ao longo do tempo significa manter o equilíbrio entre uma população em crescimento e as suas exigências, a mudança na capacidade da natureza para absorver todos os resíduos rejeitados pelas actividades humanas, as possibilidades que o

conhecimento e as novas tecnologias oferecem e os valores, aspirações e instituições que conduzem o comportamento humano. Esta visão de um mundo sustentável terá necessariamente de mudar como resposta às alterações de qualquer uma das partes desta relação (Vanegas *et al.*, 1995 citado por Limão, 2007).

Neste contexto, as questões que se colocam em cada dimensão base do desenvolvimento sustentável são, de um modo geral, o bem-estar do Homem, tanto no presente como no futuro, tendo em conta a equidade entre gerações e as necessidades humanas ao encontro de uma sociedade sustentável. Por outro lado, a natureza é o suporte físico onde vivemos, pelo que é necessário reconhecer os seus limites para diminuir o impacto das actividades humanas que afectam o seu equilíbrio, e assim, caminharmos para um ambiente sustentável. Finalmente, a produção, distribuição e consumo de bens e serviços é feita, em parte, à custa dos sistemas naturais, pelo que a integração da perda ou degradação dos recursos naturais na economia é um passo para que esta se torne mais sustentável (Vanegas *et al.*, 1995 citado por Limão, 2007).

A dimensão ambiental do desenvolvimento sustentável requer o equilíbrio entre protecção do ambiente físico e seus recursos, bem como o uso destes recursos de forma a permitir que o Planeta continue a suportar uma qualidade de vida aceitável. A dimensão social requer o desenvolvimento de sociedades justas, que proporcionem oportunidades de desenvolvimento humano e um nível aceitável de qualidade de vida. A dimensão económica, por sua vez, requer um sistema económico que facilite o acesso a recursos e oportunidades e o aumento de prosperidade para todos, dentro dos limites do que é ecologicamente possível e sem ferir os direitos humanos básicos (Du Plessis, 2002).

Assim a sustentabilidade tem múltiplas interpretações, sendo uma delas o conceito que se refere ao estado ou condição que pode ser mantido por um período indefinido de tempo, isto é, assegurar a sustentabilidade ao longo do tempo significa manter o equilíbrio entre a população em crescimento e as suas exigências, a mudança na capacidade da Natureza de absorver todos os resíduos rejeitados pelas actividades humanas, as possibilidades que o conhecimento e as novas tecnologias oferecem e os valores, aspirações e instituições que conduzem o comportamento humano (Vanegas *et al.*, 1995).

1.1.2.2 Sustentabilidade na construção

O percurso do desenvolvimento que o Homem tem vindo a percorrer nos últimos séculos tem sido determinante para a vida dos ecossistemas mundiais. Neste sentido, o processo de construção tradicional tem vindo a evoluir, desde a década de 90, para um novo paradigma integrando os princípios da sustentabilidade, a construção sustentável.

Construção é um extenso processo ou mecanismo para a realização de assentamentos humanos e criação de infra-estruturas de suporte ao desenvolvimento. Isso inclui extracção e beneficiação de matérias-primas, manufactura de materiais e componentes, projectos para a construção e desconstrução, e administração do ambiente construído (Du Plessis, 2002).

Kibert (citado por Agenda 21, 1999) define construção sustentável como a criação e gestão responsável de um ambiente construído saudável baseado em princípios ecológicos e de eficiência de recursos.

Segundo Pinheiro (2006), a construção sustentável tem em conta todo o seu ciclo de vida e considera que os recursos da construção são os materiais, o solo, a energia e a água. A partir destes recursos, Kibert estabeleceu os cinco princípios básicos da construção sustentável:

- reduzir o consumo de recursos;
- reutilizar os recursos sempre que possível;
- reciclar materiais em fim de vida do edifício e usar recursos recicláveis;
- proteger os sistemas naturais e a sua função em todas as actividades;
- eliminar os materiais tóxicos e os sub-produtos em todas as fases do ciclo de vida.

Assim, é fundamental considerar uma abordagem integrada no ciclo de vida de uma construção com vista à sustentabilidade.

Enquanto o processo de construção tradicional se preocupa apenas com o custo, o tempo e a qualidade, tentando otimizar a produtividade e diminuir o período de construção, mantendo o nível de qualidade exigido em projecto, a construção sustentável acrescenta a estes critérios a minimização do gasto de recursos escassos e degradação ambiental, e ainda a criação de um espaço construído saudável (Kibert, 1994), integrando na sua abordagem o ciclo de vida do imóvel (Figura 6).

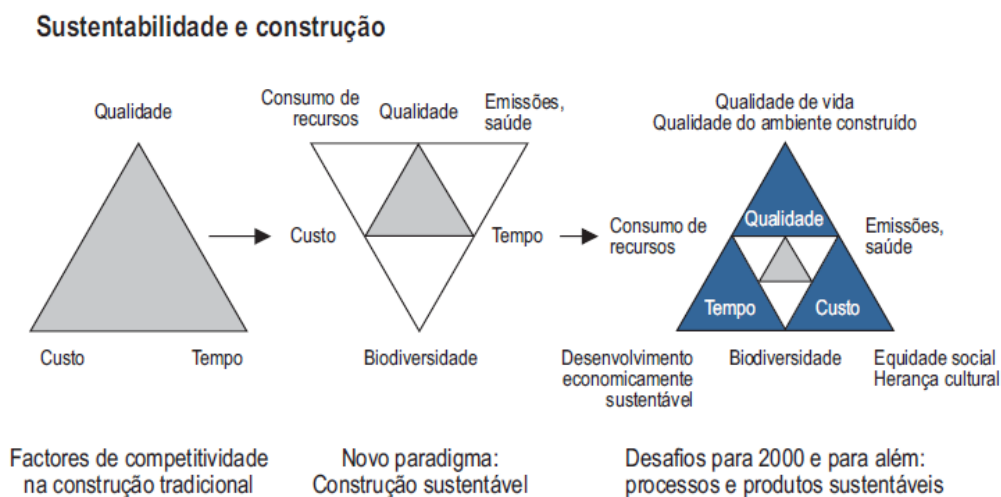


Figura 6 - Evolução das preocupações no sector da construção civil (Bourdeau et al., 1998, Pinheiro, 2006)

Neste novo paradigma da construção sustentável, o papel dos vários agentes é decisivo, incluindo o sector da extracção dos materiais, o da construção, os clientes das estruturas edificadas, os gestores e os responsáveis da manutenção. Pode, assim, dizer-se que este novo modo de conceber a construção procura satisfazer as necessidades humanas, protegendo e preservando simultaneamente a qualidade ambiental e os recursos naturais (Pinheiro, 2006), contabilizando, além do capital de investimento inicial, os custos e os benefícios ao longo de toda a vida útil (Limão, 2007).

Na perspectiva das três dimensões, a construção sustentável não pretende nem desempenho ambiental excelente sacrificando a viabilidade financeira de uma empresa, nem desempenho financeiro excepcional à custa de importantes efeitos adversos no ambiente e na sociedade.

Na prática, ainda são poucas as empresas que procuram produzir construções de elevada qualidade e durabilidade, dado que o investimento inicial necessário para garantir reduzidos custos de operação e manutenção não lhes é compensatório. Tal deve-se ao facto de, na maioria dos casos, o empreiteiro não ser o dono de obra, isto é, o construtor não ser o utilizador/explorador final da edificação. Desta forma, o empreiteiro apenas tem de assegurar um prazo de garantia de 10 a 15 anos, sendo este o tempo mínimo admissível para um produto como por exemplo uma habitação. Em particular, nas obras públicas, o prazo de garantia considerado é de 10 anos, no caso de elementos construtivos estruturais, e de 5 anos, no caso de defeitos relativos a elementos construtivos não estruturais ou a instalações técnicas. (Dias, 2009).

Em suma, ao empreiteiro apenas cabem os custos de construção, enquanto os custos de operação e manutenção são suportados pelo dono da edificação. Por isso, o empreiteiro não tem interesse em aumentar os seus gastos para reduzir os custos de outrem, isto é, não pretende um acréscimo de custos na fase de construção para obter benefícios que apenas se reflectem na fase de operação/exploração beneficiando os utentes da edificação em operação.

Assim, no que respeita à indústria da construção, a construção sustentável pretende permitir a integração do Homem com a natureza utilizando os recursos naturais, preservando o ambiente e procurando soluções plausíveis. É ainda considerada como um produto da moderna sociedade tecnológica, recorrendo ou não a materiais e/ou produtos provenientes da reciclagem de resíduos, focando a importância de uma abordagem holística, integrada e prática numa perspectiva interdisciplinar, como forma efectiva de concretizar esses princípios (Pinheiro, 2006) e focando a abordagem no ciclo de vida.

Segundo Godfaurd (2005), a construção sustentável envolve a consideração de todo o ciclo de vida dos edifícios, uma vez que a minimização e redução dos impactes na Natureza depende do desempenho dos edifícios durante todas as suas fases: projecto, construção, operação, renovação e demolição (Figura 7). Esta perspectiva equilibrada da análise do ciclo de vida deve substituir a consideração do custo de investimento como factor único.



Figura 7 - Ciclo de vida das construções (adaptado de Pinheiro, 2006)

1.1.3 Custos do Ciclo de Vida

Genericamente, Life Cycle Costs – LCC, em português Custos do Ciclo de Vida, consiste na análise de todos os custos de um produto, processo ou actividade ao longo da sua vida (Figura 8).

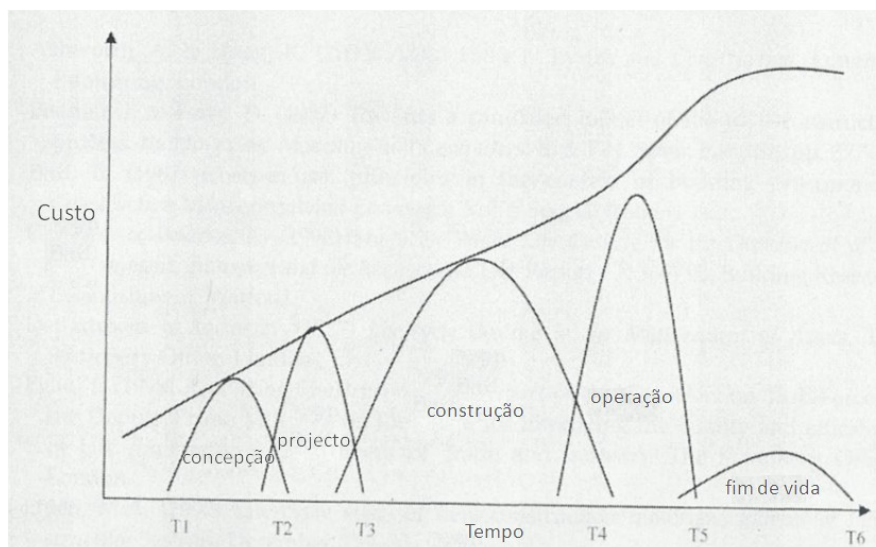


Figura 8 - Custos do ciclo de vida (adaptado de Boussabaine e Kirkham, 2004)

Os custos do ciclo de vida de um edificado incluem custos de projecto, custos de construção, custos de operação, custos de manutenção, custos de reabilitação e custos de demolição/desconstrução. Simplificadamente, os custos do ciclo de vida podem ser estimados através da contabilização dos recursos dispendidos em cada uma das fases do mesmo. Estes recursos podem ser uma disponibilidade financeira, material, humana ou imaterial consumida ou utilizada na execução de actividades.

Como referência, Gupta (1983) chega a afirmar que em torno de 75% do custo de vida útil do edificado podem estar relacionados com a sua utilização e manutenção, pelo que se torna incontornável a consideração dos custos do ciclo de vida aquando da análise de uma construção. Outros autores como Silva e Soares (2003) e OZ (2008) confirmam o supracitado com o gráfico apresentado na Figura 9.

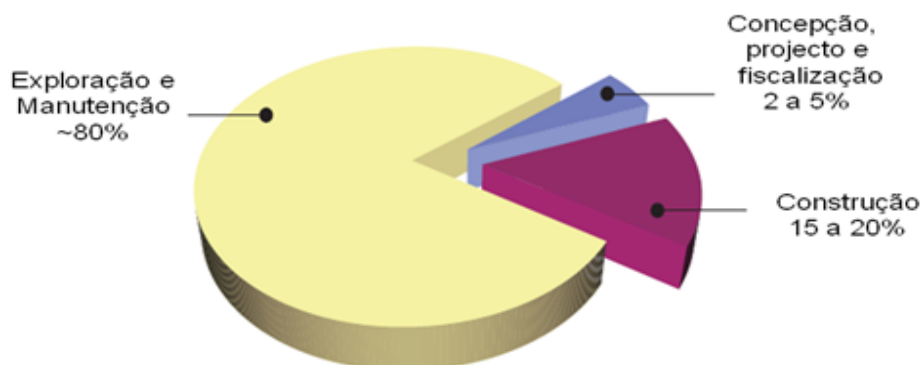


Figura 9 - Distribuição de custos do ciclo de vida (Silva e Soares, 2003; Ferreira, 2009 adaptado de OZ, 2008)

Neste sentido, LCC é uma metodologia de carácter económico que pode contribuir para seleccionar, de entre as alternativas analisadas ao longo de um período de tempo, a mais eficiente em termos de custos tendo em conta custos como os de construção, de operação, de manutenção, de reabilitação e de fim de vida.

A norma ISO 15686-5 (2006) define LCC como uma metodologia que permite uma comparação entre avaliações de custos feitas durante um período de tempo específico, tendo em conta todos os factores económicos relevantes em termos de custos iniciais bem como em custos operacionais futuros.

Apesar de apresentar um conceito muito apelativo e potencialmente útil para a escolha adequada de soluções e suportar a dimensão económica da sustentabilidade, a análise LCC é uma abordagem ainda pouco utilizada e a merecer ser alvo de desenvolvimento e de criação de exemplos de aplicação prática.

Por outro lado, a sua aplicação em situações em que os custos ou benefícios são ambientais (num recurso público) ou a satisfação do conforto dos utentes tem-se identificado como um problema de não tangibilidade e desenvolvimento metodológico.

Segundo Gluch e Baumann (2004), a análise LCC apresenta ainda outros prós e contras representados no Quadro 1.

Quadro 1 - Prós e contras da análise LCC (Gluch e Baumann, 2004)

Prós da análise LCC	Contras da análise LCC
Utiliza uma unidade reconhecida, a unidade monetária	Falha na tomada de decisões perante incerteza
Dá uma indicação de quais os aspectos a considerar	Falha em lidar com decisões irreversíveis
Limita o fluxo de informação através da simplificação de alternativas com vários atributos	Negligencia <i>items</i> sem dono, como é o exemplo do ambiente
Pode implicar aprendizagem através da participação no processo de cálculo	Sobre simplifica problemas ambientais numa dimensão monetária
Tem uma perspectiva do ciclo de vida	Subestima custos ambientais futuros
	Sofre de fraca disponibilidade e fiabilidade de informação
	Baseia-se em muitas variáveis estimadas devido à complexidade do edifício e do processo de construção
	Os resultados são influenciados pelos valores pessoais do decisor
	Pode restringir a aprendizagem se for demasiado mecanizado
	Sofre de confusão conceptual devido à existência de muitas ferramentas orientadas para a análise LCC e ciclos de vida inconsistentes

Para que a análise dos custos do ciclo de vida seja amplamente aceite, as preocupações acerca das incertezas nas previsões devem ser tratadas e reduzidas progressivamente. Tal pode ser feito através da recolha de informação mais fiável ou através do desenvolvimento de modelos de previsão mais fiáveis ou introduzindo as incertezas no sistema fazendo com que o nível de risco seja quantificado. Empreiteiros, fornecedores com o dono de obra devem ser encorajados a colaborar e a proporcionar informação fiável acerca da durabilidade, manutenção e substituição dos produtos, facilitando a previsão do funcionamento do edifício a longo prazo (TG4, 2003). O funcionamento do edifício é ainda afectado por factores operacionais que não são necessariamente mensuráveis em termos de custos na fase de projecto, como são os factores ambientais e o bem-estar dos utilizadores (consumo de recursos).

Devido ao seu potencial para resolução de problemas dos edifícios a longo prazo, a metodologia LCC necessita de maior atenção e desenvolvimento para resolução das suas lacunas e, em especial, o fomento à sua aplicação no sector da construção, através da ilustração em casos concretos, sendo esse o foco global desta dissertação.

Acresce que cada sector e tipo de actividade cria uma situação particular, o que impede a elaboração de uma receita padrão para estimar o LCC (Brick e Pilla, s.d.), sendo fundamental a sua aplicação e desenvolvimento em casos concretos.

Na construção, as actividades estão associadas à dimensão económica e à necessidade de avaliar os custos. Se na escolha de equipamentos, a aplicação da LCC já é muitas vezes comum, como é exemplo o programa ENEU94 promovido pela Sweden's National Energy Agency (Langdon, 2007a), já na escolha de soluções construtivas, como por exemplo as soluções de fachada (com necessidade de estudo da sua durabilidade e necessidade de manutenção ou do seu contributo para o desempenho energético), a sua aplicabilidade é mais reduzida e perspectiva uma zona de difícil aplicação do LCC. Pelas razões explicitadas anteriormente, optou-se por focar a investigação no exemplo particular das fachadas.

1.1.4 Caso das fachadas e sua importância

A fachada constitui a envolvente vertical exterior de um edifício que, em conjunto com a cobertura, protege o seu espaço interior contra toda e qualquer acção externa e contribuindo directamente para o conforto dos seus utilizadores. Em termos estéticos, a fachada contribui para a beleza arquitectónica de um edifício, bem como para a sua integração paisagística.

A fachada é responsável por uma parte significativa dos custos de construção de um edifício. Por se encontrar sujeita a maior degradação por acção de agentes externos, torna-se um elemento com grande necessidade de manutenção e, portanto, elevados custos de manutenção associados.

Uma vez que a fachada influencia directamente o conforto dos utilizadores, nomeadamente térmico, também tem impacte no desempenho térmico do edifício (nas necessidades energéticas de aquecimento e arrefecimento) e, portanto, nos custos de consumo energético do mesmo.

Desta forma, a fachada pode ser vista como um elemento preponderante na constituição de um edifício, cujo ciclo de vida deve ser estudado.

1.2 Objectivo e programa de trabalhos

1.2.1 Objectivos da investigação

A hipótese da dissertação assenta na possibilidade e utilidade de tirar partido da análise dos custos do ciclo de vida (LCC – Life Cycle Costs) para procura da sustentabilidade.

Para tal, esta dissertação apresenta os seguintes objectivos específicos:

- ✓ analisar as abordagens da LCC aplicadas à sustentabilidade;
- ✓ investigar que soluções e actividades estão associadas aos custos da construção sustentável;
- ✓ apreciar a sua possibilidade de aplicação;
- ✓ aferir a sua utilidade, limitações e perspectivas.

1.2.2 Metodologia da investigação

Inicia-se a dissertação com o estudo e pesquisa de todos os aspectos da metodologia LCC, resultando num capítulo de revisão da literatura sobre conceitos e modos de abordagem.

Como forma de ilustrar a aplicação da análise LCC, centra-se o estudo na fachada de um edifício dado ser uma das partes do edifício que mais contribui para a manutenção e aquela com maior potencial para redução de consumos de aquecimento e arrefecimento em todo o edifício.

Considera-se um período de estudo de 50 anos, que corresponde aproximadamente à vida útil para que é actualmente projectado um edifício, e que o edifício se localiza em Lisboa.

Pesquisam-se possíveis soluções para constituição de uma fachada, nomeadamente tipos de parede exterior, caixilharia, vidro e sombreamento.

Tendo em conta que o uso pretendido é o de habitação, seleccionam-se as soluções mais apropriadas, excluindo aquelas que não preencham as exigências funcionais ou que não se adequam ao uso.

Realiza-se uma pesquisa de mercado de preços de construção e manutenção, bem como de características térmicas das soluções seleccionadas. Os preços são essencialmente obtidos através do contacto com empresas de construção, bem como fornecedores de materiais de construção, utilizando-se também o gerador de preços do programa CYPE, o *software* para engenharia e construção da Top Informática.

Excluem-se as soluções para as quais não seja possível obter valores que permitam a sua comparação com as restantes ou que não sejam fiáveis.

Aprofunda-se o estudo da manutenção e vida útil dos elementos seleccionados, apresentando-se um plano de manutenção para cada um.

Avalia-se expeditamente a contribuição desses elementos para a térmica do edifício através do seu coeficiente de transmissão térmica – U.

Comparam-se as parcelas dos custos de cada solução em separado e constroem-se as soluções finais completas de fachada (com paredes exteriores, caixilharia, vidro e sombreamento), avaliando-se posteriormente o consumo energético de um apartamento segundo o Decreto-Lei nº 80/2006 de 4

de Abril – Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), para cada uma das mesmas.

Considera-se uma taxa de actualização real com *cashflows* a preços constantes.

Somam-se os custos relativos à construção, manutenção e consumo energético actualizados ao ano zero para as quatro soluções completas seleccionadas e realiza-se a comparação das mesmas entre si como preconizado pela metodologia LCC.

Faz-se uma análise de sensibilidade dos resultados obtidos.

Conclui-se com uma avaliação crítica dos resultados e recomendações para o futuro.

Na fase intercalar de pesquisa e estudo, foi publicado um artigo na conferência “Portugal SB10 – Sustainable Building affordable to all – Low cost sustainable solutions” (Real e Pinheiro, 2010).

1.2.3 Organização da dissertação

A dissertação encontra-se dividida em 6 capítulos com o conteúdo disposto da forma que se descreve seguidamente.

O capítulo 1 – Enquadramento e objectivo – apresenta o tema dos custos do ciclo de vida, relacionando-o com a sustentabilidade na construção e tratando a sua importância para as gerações futuras. Também identifica hipótese e objectivos desta dissertação, bem como a sua disposição em capítulos;

O capítulo 2 – Estado da Arte – desenvolve os conceitos ligados à temática LCC, abrindo caminho para um melhor entendimento da mesma;

O capítulo 3 – Soluções e LCC – apresenta soluções de fachada a ter em conta na aplicação ao caso de estudo, assim como as considerações relativas às diferentes fases da vida da fachada de um edifício;

O capítulo 4 – Aplicação ao caso de estudo – apresenta e selecciona soluções referidas no capítulo anterior, aplicando-as ao caso de estudo;

O capítulo 5 – Análise de sensibilidade, discussão de evidências e limitações – realiza uma análise de sensibilidade, discute evidências e limitações da análise LCC;

Finalmente o capítulo 6 – Conclusões e recomendações – encerra a dissertação, apresentando as conclusões finais desta dissertação e fazendo recomendações tanto para a aplicação da análise LCC, como para estudos académicos futuros.

Capítulo 2 Estado da arte

2.1 O que é LCC?

Hoje em dia, existem diferentes termos utilizados na literatura como *cost in use*, *through-life-costing*, *total-life-costing*, *total-cost-of-ownership*, *ultimate life cost*, *total cost*, *life cycle costs (LCC)*, *whole life costing (WLC)*. A terminologia tem vindo a modificar-se com o tempo de *cost in use* para *life cycle costs* e mais tarde para *whole life costing* (Figura 10).

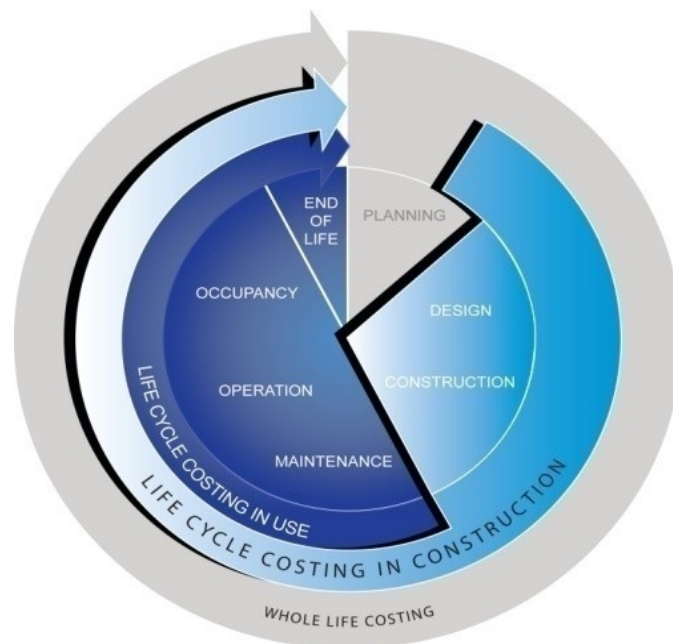


Figura 10 – Planeamento dos custos do ciclo de vida nas diferentes fases da vida útil de um edifício (ISO 15686-5, 2006)

A norma ISO 15686-5 (2006) diferencia os termos WLC e LCC. O WLC é então considerado equivalente ao LCC somado com o custo externo. A norma indica que o termo LCC deve ser utilizado para descrever análises limitadas a algumas componentes, enquanto WLC deve ser entendido como um termo mais alargado, cobrindo uma análise mais abrangente.

Outras normas, como a NS 3454 (2000), definem que LCC inclui tanto os custos originais como os incorridos ao longo do tempo de vida funcional do imóvel incluindo a demolição.

As discussões acerca das terminologias são divergentes, pelo que nesta dissertação se considera que LCC e WLC são termos equivalentes.

LCC é, portanto, um conceito que tem como propósito otimizar os custos totais de um produto através da identificação e quantificação de todos os custos incorridos durante a vida do produto (Figura 11).

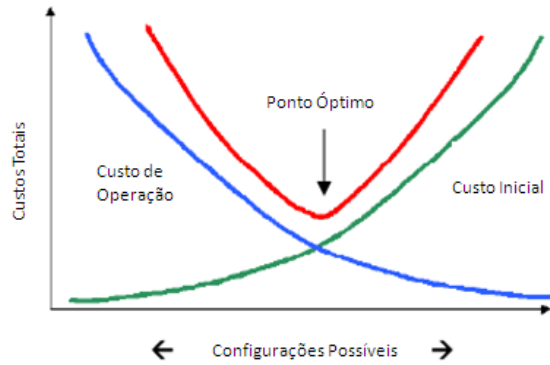


Figura 11 - LCC e alternativas eficientes (adaptado de King County LCCA Guide, s.d.)

Segundo o Royal Institute of Chartered Surveyors, os principais objectivos do LCC são:

- permitir que as opções de investimento sejam avaliadas com maior eficiência;
- considerar o impacto de todos os custos em vez de apenas os custos capitais iniciais;
- assistir na gestão efectiva de edifícios acabados e de projectos;
- facilitar a escolha entre alternativas competitivas.

2.2 Que custos são considerados?

2.2.1 Custos

Em abordagens como a do LCC, torna-se necessário dividir os custos em parcelas que possam ser definidas e estimadas de forma distinta, facilitando tanto a quantificação dos custos como a comparação entre alternativas.

O CBS – Cost Breakdown Structure – representa uma forma de separação e classificação os custos. O estabelecimento de uma estrutura de custos ajuda na obtenção de um planeamento e controlo de custos eficiente, bem como facilita a introdução de medidas de redução de custos (Dussmann Service, s.d.).

Existem várias abordagens à divisão dos custos do ciclo de vida.

Mearig *et al.* (1999) separa os custos totais em custos iniciais de investimento, custos de operação, custos de manutenção, custos de reabilitação e valor residual.

O TG4 (2003) divide-os em custos de aquisição e construção, custos de operação, custos de manutenção, custos de reabilitação e custos de demolição.

Outros, autores distinguem também uma categoria de custos financeiros (que inclui impostos, taxas de desconto, taxas de inflação, financiamento e taxas de juro) (Boussabaine e Kirkham, 2004).

ISO 15686-5 (2006), Langdon (2007) e TG4 (2003) apresentam uma estruturação semelhante à apresentada no Quadro 2.

Quadro 2 – Estruturação dos custos do ciclo de vida segundo Langdon (2007)

Aquisição Custos não construtivos	Aquisição Projecto e construção	Operação	Manutenção	Reabilitação	Fim de vida/remoção	Rendimento
Terreno (aluguer/ compra do terreno e/ ou edifício(s) existentes /bem(s), incluindo taxas e impostos associados)	Serviços profissionais (gestão de projecto, arquitectura, engenharia estrutural/civil/ambiental, gestão de custo e valor)	Gestão das instalações (limpeza, segurança, gestão de resíduos)	Gestão da manutenção (inspecções, gestão de contratos)	Adaptação (evacuação, trabalhos, re-comissões, equipamentos)	Inspeção da condição final do edifício incluindo taxas	Venda do terreno, juros sobre bens, materiais recuperados
Finança (juro ou custo do capital; impactes económicos mais vastos)	Limpeza de terreno, trabalhos temporários	Taxas/impostos locais, encargos do terreno	Pequenas reparações/ substituições/ renovações	Grandes substituições/ renovações/ restaurações (evacuação, trabalhos, re-comissões, equipamentos)	Restauração/ readmissão (Segundo aluguer ou contrato)	Subsídios, facilidades nos impostos
Recursos internos do cliente (gestão de propriedade/projecto, administração/ <i>overheads</i>)	Construção (infraestrutura, estrutura, envelope, serviços, colocação de equipamentos, comissão, entrega)	Custos reguladores (inspecções de fogo, acessos)	Perda de instalações/custo de oportunidade de negócio durante inactividade	Perda de instalações/custo de oportunidade de negócio durante inactividade	Descomissionamento	Rendimentos externos (rendas, taxas de serviço)
Aconselhamento profissional (de planeamento, legal, preparação de comunicados, sustentabilidade)	Acessórios fixos, encaixes, mobiliário	Energia (aquecimento, arrefecimento, soluções com potências reduzidas, iluminação, transporte interno (elevadores))	Manutenção de exteriores		Demolição, remoção, limpeza do local	
	Paisagismo, arranjos exteriores	Serviços (água, esgoto, telefone)	Redecoração			
		Renda	Limpeza			
		Seguros				

2.2.2 Capacidade de influenciar os custos de um edifício no ciclo de vida

A fase de projecto é muito importante para a definição dos custos. Efectivamente, para além do custo de construção, 80 a 90% do custo de operação e manutenção é determinado na fase de projecto (Kishk *et al.*, 2003), o que significa que o custo de posse de um edifício é definido, quase na sua totalidade, nas fases iniciais da sua vida (Figura 12). Tal deve-se ao facto de as principais decisões deverem ser tomadas durante as fases iniciais da realização do empreendimento face aos custos que as alterações em fases mais avançadas do processo poderão implicar (Dias, 2009).

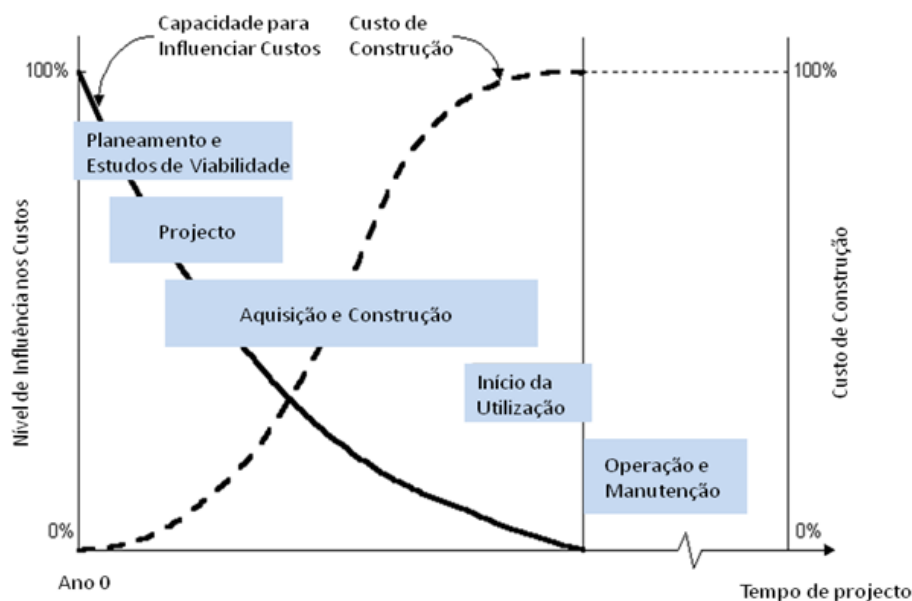


Figura 12 - Capacidade de influenciar os custos de construção no tempo (adaptado de Hendrickson, 1998)

Desta forma, a disponibilidade para influenciar as variações de custo diminui de 100% para 20% ou menos no início da construção (Paulson, 1976 ; Fabrycky e Blanchard, 1991 citados por Kishk *et al.*, 2003). Mais ainda, uma vez construído, existem muito poucas hipóteses de modificar o custo de vida do edifício dado que a decisão de ser proprietário ou comprar um edifício normalmente compromete os utilizadores para com a maioria dos custos de propriedade (HMSO, 1992 citado por Kishk *et al.*, 2003).

2.3 Vida útil e manutenção

2.3.1 Vida útil

Segundo ISO 15686-1 (2000), vida útil (*service life*) corresponde ao período de tempo, após a construção, em que o edifício ou seus elementos igualam ou excedem os requisitos mínimos de desempenho.

Segundo Gaspar (2002), a vida útil é um conceito relativo que depende da definição dos níveis mínimos aceitáveis de desempenho para o período de serviço do elemento considerado, dos critérios de quem avalia determinada característica (seja o desempenho de um impermeabilização, a viabilidade económica de uma solução de caixilharia ou o padrão mínimo de conforto de uma habitação) e do respectivo contexto social, económico, político, estético, ambiental ou normativo que enquadram essa avaliação.

A esperança de vida de um edifício pode ser teoricamente indefinida quando correctamente desenhado, construído e devidamente mantido ao longo da sua vida (Kishk *et al.*, 2003). No entanto, na prática tal não se verifica devido à deterioração física e outras formas de obsolescência.

A vida útil de um edifício é dada por uma grande quantidade de diferentes factores, incluindo eficácia do *design*, detalhes construtivos e métodos empregues na sua construção. Também depende da forma como o edifício é utilizado, das suas políticas de manutenção e práticas empreendidas durante a sua vida (Ashworth, 1996).

Desta forma, a previsão da vida útil de um imóvel é fundamental para a análise do ciclo de vida do mesmo, pelo que se torna necessário conhecer os requisitos específicos a serem satisfeitos durante esse tempo.

2.3.1.1 Outros conceitos de vida útil

Segundo Kelly e Hunter (2007), existem seis determinantes da vida de um imóvel:

1. Vida económica – período de ocupação que é considerado como a opção de menor custo que satisfaça os objectivos funcionais requeridos, isto é, período de tempo até que a obsolescência económica dite que seja substituído por uma alternativa de custo inferior;
2. Vida funcional – período de tempo até que o edifício deixe de funcionar com o propósito para o qual foi construído;
3. Vida legal – vida do edifício ou componente até que já não satisfaça os requisitos legais;
4. Vida física – vida do edifício ou componente até à altura em que o colapso físico seja possível, isto é, período de tempo durante o qual se espera que o edifício dure fisicamente;
5. Vida social – vida do edifício até que o desejo humano dite a sua substituição por razões não económicas;
6. Vida tecnológica – vida do edifício ou componente até que deixe de ser tecnologicamente melhor que as alternativas.

Segundo Gaspar (2002), podem distinguir-se os seguintes pontos que influenciam a vida útil de um edifício ou componente:

- deterioração física;
- obsolescência económica;
- obsolescência funcional;
- obsolescência tecnológica;
- obsolescência ou mudanças do contexto social;
- mudanças ou obsolescência do contexto envolvente (factores de localização);
- alterações normativas;
- obsolescência visual, de imagem ou estética;
- mudanças ambientais.

Entende-se por obsolescência, segundo ISO 15686-1 (2000), a perda da capacidade de um elemento para cumprir satisfatoriamente as mudanças das exigências de desempenho.

Gaspar (2002) conclui que todos os pontos podem ser resumidos em três grupos de factores que determinam o final da vida útil de um elemento:

- vida útil funcional ou de imagem;
- desempenho económico;
- vida útil física ou durabilidade.

2.3.1.2 Vida útil funcional

Gaspar (2002) afirma que a vida útil funcional se traduz no período de tempo durante a qual uma organização ou estrutura social pode usar e habitar o edifício sem necessidade de proceder a alterações generalizadas, tendo a construção a capacidade de acomodar as necessidades funcionais para as quais foi concebida, adaptada ou ocupada.

Segundo Sousa (2008), podem identificar-se alguns factores que contribuem para a obsolescência funcional dos edifícios, como:

- facilidade da alteração da compartimentação ou substituição de acabamentos interiores;
- acesso ou não a infra-estruturas;
- facilidade de instalação ou substituição de componentes;
- possibilidade de monitorização, inspecção e diagnóstico do comportamento do edifício;
- relação área/volume e superfície de fachadas das construções para limitação de gastos energéticos;
- características dimensionais e construtivas.

Finalmente, Gaspar (2002), para avaliar o ritmo e a natureza das alterações pontuais e regulares que ocorrem em diferentes edifícios com diferentes tipos de usos, apresenta o Quadro 3.

Quadro 3 - Ciclos de vida das construções em função do uso (Gaspar, 2002)

Uso	Δt entre intervenções, por autor (anos)		Natureza das mudanças
	Andersen <i>et al.</i> (1999)	Gaspar (2000)	
Comércio	3 a 5	3 a 5	Mudanças rápidas, muito dependentes do mercado imobiliário e da respectiva performance económica
Serviços	10 a 20	10 a 15	Grande rotatividade e dependência tecnológica nomeadamente a nível das infra-estruturas de comunicação e climatização
Habitação	20 a 50	30	Mudanças pequenas e permanentes. Mudanças cíclicas nas zonas de águas e acabamentos, especialmente em períodos de compra e venda
Administração	-	50	Mudanças lentas e crescimento constante, muitas vezes para além da capacidade original do edifício
Obras de Arte	-	100 a 200	Longos períodos de serviço. Intervenções normalmente para manutenção e reforço estrutural

2.3.1.3 Desempenho económico ou vida útil económica

A vida útil económica traduz-se no período de tempo a partir do qual a manutenção/reabilitação se torna demasiadamente dispendiosa ou complicada ou quando se encontram disponíveis alternativas à manutenção praticada.

Segundo Gaspar (2002), a vida útil económica define-se como o período de tempo que decorre até que esta seja substituída do seu propósito inicial por outra construção ou actividade mais rentável, ou enquanto mantiver uma relação de custo/benefício anual inferior às alternativas (Figura 13). Os possíveis aumentos e reduções do investimento são ditados pela conjugação das disponibilidades económicas do investidor com as necessidades de intervenções na construção (por exemplo de reabilitação ou manutenção), influenciando directamente os possíveis rendimentos.

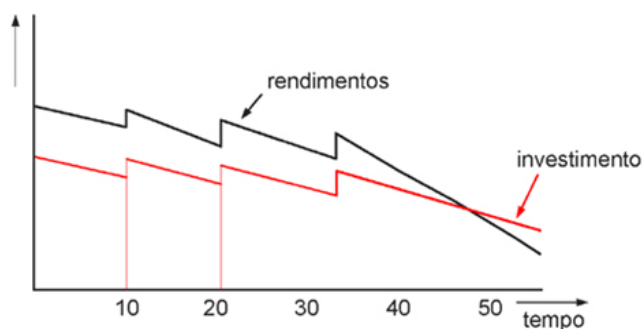


Figura 13 - Ciclo de vida económico de uma construção (Gaspar, 2002 adaptado de Ang e Wyatt, 1999)

2.3.1.4 Vida útil física ou durabilidade

Entende-se por durabilidade a qualidade daquilo que é durável, isto é, a caracterização daquilo que resiste no tempo.

Muitos documentos técnicos e normativos (ISO 15686-1 (2000), guia GD002 de EOTA (1999), ASTM E632 (1982), EMODico (2001)) abordam a durabilidade ou vida útil dos materiais, componentes, sistemas ou construções.

A ISO 15686-1 (2000) define durabilidade como o período de tempo, após a construção, em que o edifício ou seus elementos igualam ou excedem os requisitos mínimos de desempenho. Como tal, apresenta o seguinte quadro dos valores mínimos para a durabilidade do edifício e seus componentes (Quadro 4), tendo em conta a necessidade de manutenção e a possibilidade de serem indicados valores mais reduzidos de durabilidade.

Quadro 4 – Valores mínimos para a durabilidade do edifício e seus componentes (ISO 15686-1, 2000)

Durabilidade do edifício	Elementos estruturais ou sem acesso	Elementos cuja substituição seja onerosa	Elementos facilmente substituíveis	Serviços
Ilimitada	Ilimitada	100	40	25
150	150	100	40	25
100	100	100	40	25
60	60	60	40	25
25	25	25	25	25
15	15	15	15	15
10	10	10	10	10

Nota: 1 – Alguns dos elementos facilmente substituíveis, por exemplo pinturas exteriores, poderão ter durabilidade inferior, de 3 a 6 anos;

2 – A vida ilimitada deve ser utilizada apenas em casos raros porque reduz significativamente as opções de projecto.

A durabilidade de um edifício está, portanto, dependente da durabilidade dos seus componentes, da compatibilização dos mesmos entre si e também da forma como a manutenção deles é realizada.

De acordo com a Canadian Standard Association (1995), a durabilidade tende a variar também consoante o tipo de edifício e os tipos de componentes neles instalados. Esta associação caracteriza as vidas úteis de projecto de acordo com o Quadro 5.

Quadro 5 – Vidas úteis de projecto para diferentes tipos de edifícios (CSA, 1995)

Duração	Vida de projecto para edifícios	Exemplos
Temporária	Até 10 anos	Edifícios não permanentes; escritórios de venda temporários
Curta	10 a 24 anos	Salas de aula temporárias
Média	25 a 49 anos	Edifícios industriais, estacionamentos
Longa	50 a 99 anos	Edifícios de serviços, escritórios e habitacionais, entre outros
Permanente	Mais de 100 anos	Edifícios históricos e patrimoniais (museus, igrejas, galerias, entre outros)

No caso específico de um edifício de habitação, pode concluir-se que este possui, em geral, uma vida longa, pelo que o período de vida mínimo será de 50 anos.

A vida do imóvel deve então ser calculada, tendo em conta a durabilidade das suas componentes, o risco de falha das componentes, a qualidade de fabrico e produção, planos de manutenção e reabilitação, restrições em termos de custos e frequência e intervalos de tempo entre operações de manutenção, bem como de substituição (Boussabaine e Kirkham, 2004).

Stone (1980), citado por Woodward (1997), chamou a atenção para a importância da influência da previsão da vida do edifício na análise do ciclo de vida declarando que erros de cinco ou dez anos na previsão de vida não farão muita diferença nos custos equivalentes previstos quando a vida é de cinquenta ou sessenta anos. Os erros nos custos previstos, e portanto nas decisões de *design*, são expectavelmente superiores quando a vida do edifício considerada é substancialmente inferior àquela que as condições permitem, do que quando a vida é superior àquela que se justifica.

2.3.2 Manutenção de fachadas

A norma BSI BS 3811 (1984) define manutenção como a combinação de todas as acções técnicas e administrativas, incluindo o seu controlo, necessárias à reposição de determinado elemento num estado no qual este possa desempenhar a preceito a funcionalidade pretendida (RICS, 2000).

2.3.2.1 Estratégias de manutenção

Segundo Flores (2002), é necessário que uma estratégia seja clara nos objectivos e métodos a aplicar durante as fases posteriores à construção. A gestão da manutenção deverá partir de pressupostos aceitáveis, designadamente de carácter legal e técnico (nomeadamente exigências de saúde e segurança), o controlo orçamental, a satisfação dos utentes e o controlo e execução dos raciocínios de manutenção.

As estratégias de manutenção subdividem-se em manutenção reactiva e manutenção proactiva (Figura 14).

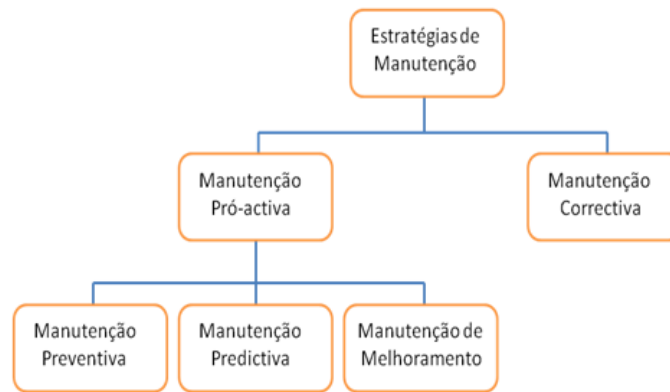


Figura 14 – Estratégias de Manutenção (Brito e Branco, 2001; Flores-Colen, 2009; Ferreira, 2009; Barbosa, 2009; entre outros)

A manutenção reactiva, resolutive, curativa ou correctiva, consiste em deixar operar o mecanismo de degradação do elemento e depois intervir na acção de reparação das anomalias, isto é, não existe qualquer tipo de manutenção periódica, procedendo-se apenas à manutenção de emergência aquando da actuação do mecanismo de degradação do elemento. Este tipo de manutenção pode implicar um aumento significativo dos custos de manutenção de um edifício, uma vez que a manutenção não é planeada e apresenta carácter de urgência.

A manutenção pró-activa ou sistemática, ao contrário da reactiva, pretende agir antes da ocorrência da anomalia e conseqüente mecanismo de degradação, o que implica um planeamento das acções de manutenção no sentido de reduzir a probabilidade de determinado elemento se deteriorar abaixo das exigências estabelecidas.

Este tipo de estratégia subdivide-se em três formas de manutenção: manutenção preventiva, manutenção predictiva e manutenção de melhoramento.

A manutenção preventiva consiste na execução de actividades de manutenção segundo um planeamento de operações com periodicidades fixas e de seus custos, numa tentativa de evitar trabalhos extraordinários e subseqüentes custos acrescidos. Por norma, este plano é elaborado na fase de projecto e posteriormente actualizado ao longo da fase de utilização de forma a adequar o plano às condições reais do edifício.

A manutenção predictiva assenta no planeamento de inspecções com periodicidade fixa e não de actividades de manutenção. Após a observação e análise do estado de degradação do edifício, procede-se às intervenções que se considerem adequadas de forma a evitar/resolver possíveis mecanismos de degradação, anomalias e defeitos. Neste caso, também devem entrar na definição do plano os custos de intervenção e, se possível, os custos de reparação conseqüentes.

A manutenção de melhoramento baseada na execução de actividades que visam a melhoria das características iniciais, através da modificação de soluções ou componentes aumentando a vida útil da mesma.

Segundo Flores (2002), qualquer estratégia do tipo preventivo está sempre associada a um comportamento teórico de um elemento, pelo que esta poderá apresentar-se desenquadrada da realidade, caso exista uma informação pouco consistente. Por outro lado, a estratégia predictiva permite avaliar periodicamente o comportamento médio dos elementos e definir adequadas acções

de manutenção, sendo vantajosa sempre que se apresente baseada num método correcto método de inspecção. No entanto, em geral, não possibilita uma previsão dos possíveis custos de acções de manutenção resultantes das inspecções.

Uma vez que o propósito desta dissertação não passa por realizar um estudo intensivo dos diversos tipos de manutenção de um elemento construtivo, considera-se que o esquema de manutenção mais adequado ao tema da dissertação é o de manutenção preventiva, por se basear no planeamento de acções e, conseqüentemente, de custos, tornando-o passível de ser considerado na abordagem.

2.3.2.2 Fim de vida útil

Segundo Moser (2004), o fim de vida útil é o momento a partir do qual a função para que o edifício foi concebido deixa de ser cumprida.

Já Gaspar (2002) descreve o fim da vida útil de uma construção como o ponto em que a mesma deixa de poder assegurar as actividades que nela se desenvolvem, por obsolescência funcional, falta de rentabilidade económica ou degradação física das suas camadas hierarquicamente mais determinantes (estrutura, envelope e, em certos casos, infra-estruturas).

O fim de vida útil é condicionado por critérios de segurança (relacionado com a manutenção da integridade de um edifício ou parte dele), funcionalidade (relacionado com as funções para as quais o edifício foi concebido) e estética (relacionado com a aparência estética do edifício) (Moser, 2004).

No gráfico apresentado na Figura 15, Moser (1999) representa os diferentes tipos de degradação das propriedades segurança, funcionalidade e estética, indicando os diferentes níveis mínimos de exigência para cada um deles.

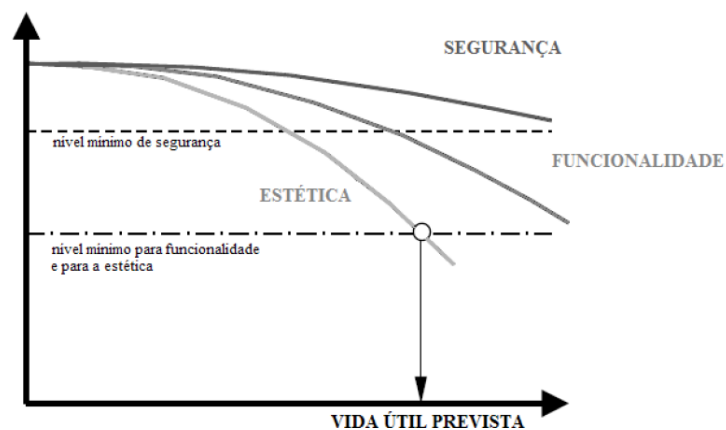


Figura 15 - Degradação esquemática dos diferentes grupos de propriedades (Moser, 1999)

2.3.2.3 Nível de qualidade

O nível de qualidade para determinado elemento corresponde às exigências pré-estabelecidas no restabelecimento das relações entre o cumprimento das necessidades dos utentes e os valores compatíveis com o custo global do edifício (Flores, 2002 e Ferreira, 2009).

Segundo Flores (2002) e Falorca (2004), os níveis de qualidade estão relacionados com o grau de exigência de tolerâncias admissíveis, com ensaios e testes exigidos, bem como com especificações técnicas estabelecidas em projecto.

O nível de qualidade corresponde então ao mínimo aceitável do desempenho de um dado elemento definido pelo Dono de Obra ou Promotor segundo critérios técnicos, funcionais, estéticos e económicos.

Segundo Ferreira (2009), para a escolha do nível mínimo de qualidade torna-se necessário comparar factores que lhe estão intimamente ligados, num enquadramento económico, social e político do investimento. Por outras palavras, o grau de exigência do nível de qualidade depende do orçamento disponível, do desempenho dos materiais e das necessidades dos utentes (Falorca, 2004).

Ferreira (2009) acrescenta ainda que, na realidade, a um nível mínimo de qualidade está directamente associado um estado de degradação onde coexistam diversas anomalias que se traduzam num não cumprimento de exigências ou pré-requisitos.

2.3.2.4 Métodos para a estimativa da vida útil física

Em geral, os métodos de previsão da vida útil dividem-se em duas abordagens principais: métodos determinísticos e métodos probabilísticos.

Os métodos determinísticos definem a vida útil estimada como função da vida útil de referência (vida útil em condições normais de uso e manutenção, por exemplo proveniente de indicações do fabricante) e de factores que quantificam os diversos tipos de degradação do elemento em estudo.

O método determinístico mais generalizado é o método factorial adoptado pela norma ISO 15686-1 (2000) que é dado pela seguinte expressão:

$$VUE = VUR \times A \times B \times C \times D \times E \times F \times G \text{ (anos)} \quad (1)$$

onde:

VUE – vida útil estimada

VUR – vida útil de referência

A – factor associado à qualidade dos materiais

B – factor associado ao nível de projecto

C – factor associado ao nível de execução

D – factor associado às condições do ambiente interior

E – factor associado às condições do ambiente exterior

F – factor associado às condições de uso

G – factor associado ao nível de manutenção

Os métodos probabilísticos surgem da consciencialização de que a degradação dos edifícios, bem como as condições em que se encontram ao longo do tempo, nunca se repetem. Estes baseiam-se no cálculo matricial ou probabilístico como forma de lidar com a incerteza relacionada com a forma de degradação e condições de serviço dos edifícios, sendo, em geral, dados por modelos muito complexos (Gaspar, 2002).

Uma vez que o propósito desta dissertação não é o estudo da vida útil de um edifício nem dos seus modos de degradação, o plano de manutenção aplicado baseia-se primeiramente em estudos de manutenção já realizados dos elementos a considerar e, apenas em casos de inexistência de dados relativamente a este aspecto se aplica o método factorial.

2.4 Conceitos, passos e indicadores agregados da análise LCC

2.4.1 Conceitos

Para maior compreensão da metodologia LCC, torna-se necessária a introdução dos seguintes conceitos utilizados na sua aplicação.

Taxa de desconto ou de actualização: o valor actual usa uma taxa de desconto para transformar os custos futuros nos seus valores presentes. Há dois tipos de taxas de desconto – taxa de desconto real e taxa de desconto nominal. A taxa de desconto real não inclui inflação ao contrário da taxa de desconto nominal (King County LCCA Guide, s.d.).

A taxa de actualização pode ser calculada a partir da seguinte fórmula:

$$t_{act} = t_s + t_i + t_r \quad (2)$$

onde t_s representa uma remuneração real mínima sem qualquer risco ou taxa de iliquidez, t_i representa a taxa de inflação (publicada em estatísticas) e t_r representa a rendibilidade adicional ou prémio de risco, também denominada taxa de risco.

A taxa de inflação representa o crescimento contínuo e generalizado dos preços dos bens.

A taxa de risco depende das incertezas associadas ao tipo de investimento.

A taxa sem risco corresponde a $t_{sr} \approx t_s + t_i$ (3) e equivale à taxa de obrigações do tesouro.

Taxa de inflação: consiste na quantificação do aumento geral dos preços dos bens e serviços ao longo do tempo na economia como um todo, sem a isto corresponder um aumento no valor (Sterner, 2002). A inflação pode ser medida mensalmente, trimestralmente ou anualmente, em comparação com um índice conhecido (ISO 15686-5, 2006).

Período de estudo: o período de estudo é o espaço de tempo durante o qual os custos e benefícios de um imóvel são avaliados (Mearig *et al.*, 1999). Tem início numa data base, data para a qual todos os *cashflows* são descontados. O período de estudo pode ou não incluir todo o tipo de períodos como os de planeamento, construção, implementação, ocupação e demolição. No entanto, o período de tempo deve ser o mesmo para todas as alternativas consideradas (Fuller, 2006).

Ciclo de vida: Período de tempo considerado na análise LCC, indo desde o projecto do edifício até à sua desactivação ou demolição no final da sua vida.

Valor actual (VA): O valor actual (*Present Value*) é o valor temporal equivalente dos *cashflows* do passado, presente ou futuro reportado ao início do ano base.

O cálculo do valor actual utiliza a taxa de desconto e o tempo em que o custo incorreu ou incorrerá para estabelecer o valor actual do custo no ano base do período de estudo. Uma vez que a maioria dos gastos iniciais ocorre por volta da mesma altura, considera-se que estes ocorrem durante o ano base do período de estudo, não sendo, por isso, necessário calcular o valor actual dos mesmos dado que o seu valor actual iguala o seu custo real (Mearig *et al.*, 1999).

A determinação do valor actual dos custos futuros está dependente do tempo decorrido entre os custos iniciais e os referidos. O cálculo do valor actual permite somar os custos iniciais com os futuros reportados ao ano base (Mearig *et al.*, 1999).

Em suma, diferentes alternativas terão diferentes combinações de custos iniciais associados a custos futuros e benefícios futuros. Portanto, para facilitar a comparação de alternativas, os custos iniciais e futuros são convertidos para o presente ou valor actual para permitir a comparação (King County LCCA Guide, s.d.).

Custo em valor corrente: preço previsto a ser pago no momento ou quando contratualizado incluindo as mudanças relacionadas com preço estimado para essa mudança de desempenho esperada, a inflação, a deflação e a tecnologia (ISO 15686-5, 2006).

Para garantir a precisão dos estudos financeiros, recorre-se geralmente a custos correntes. A utilização de custos em valor constante permite explorar a informação disponível no momento do processo de análise (ISO 15686-5, 2006).

Custo em valor constante: custo expresso como um valor para a data de referência, incluindo as variações de preço estimado causado por mudanças esperadas de desempenho e tecnologia, mas excluindo a inflação ou deflação de preços em geral (ISO 15686-5, 2006).

Custos recorrentes: são custos que ocorrem todos os anos no decorrer do período de estudo da alternativa considerada. A maioria dos custos de operação e manutenção são custos deste tipo. De forma simplificada, estes custos são expressos em custos anuais incorridos no final de cada ano (Mearig *et al.*, 1999).

Custos únicos: são custos que não ocorrem todos os anos no decorrer do período de estudo, como é o exemplo dos custos de substituição/reabilitação. Tal como nos custos recorrentes, estes são também incluídos no final do ano em que ocorrem (Mearig *et al.*, 1999).

Valor residual: O valor residual de um sistema ou componente é o seu valor restante no final de um período de análise. O valor residual pode ser baseado no valor de revenda, valor de recuperação, valor de venda das suas partes, conversão ou custo de deposição (King County LCCA Guide, s.d.).

Uma vez que o LCC é dado pela soma de todos os custos, um valor residual negativo indica que existe valor associado ao final no período de estudo do edifício. Um valor residual positivo indica a existência de custos de deposição no final do período de estudo. Finalmente, um valor residual nulo indica que não existe qualquer valor ou custo associado ao edifício no final do período de estudo (Mearig *et al.*, 1999).

Valor temporal do dinheiro: O valor temporal do dinheiro varia devido à mudança de poder de compra no tempo (por exemplo taxas, inflação e deflação) e devido ao potencial de ganho de uma alternativa de investimento (King County LCCA Guide, s.d.).

2.4.2 Passos

Diversos são os autores que referem os possíveis passos para gerar uma análise LCC eficiente. Entre eles encontram-se King County LCCA Guide (s.d.), Langdon (2007) e Kelly e Hunter (2007). Todavia, em todas as sequências de passos são identificados os mesmos pontos fulcrais.

A alternativa apresentada por Kelly e Hunter (2007), citando Ruegg *et al.* (1980) e Flanagan e Jewell (2005), identifica os seguintes passos:

1. Identificação dos objectivos do projecto, opções e restrições;
2. Estabelecimento das suposições básicas respeitantes ao período de estudo, taxa de desconto, nível de compreensão, requerimentos de informação, *cashflows* e inflação;
3. Compilação da informação;
4. Descontar os *cashflows* para comparação num tempo base;
5. Calcular os custos totais do ciclo de vida, comparar opções e tomar decisões.

Efectivamente, em todas as sequências são considerados os aspectos que se descrevem de seguida.

Devem inicialmente ser identificados os objectivos do projecto e as suas alternativas, incluindo nesta fase todos os indivíduos (dono de obra, equipa de *design* ...) afectados pelas alternativas. É também importante que se desenvolvam critérios específicos que meçam a eficiência das alternativas propostas, isto é, métodos de avaliação económica.

Os tipos de alternativas considerados dependem da criatividade da equipa de *design* e gestão, devendo representar um espaço alargado de soluções que satisfaçam os objectivos propostos.

O gestor do projecto deve identificar o período de estudo e uma taxa de desconto para o estudo que será equivalente para todas as alternativas. No caso de ser considerada, deve também ser determinada a taxa de inflação a utilizar.

Devem ser identificados e calculados todos os custos e benefícios de cada solução baseados na informação disponível, seguindo-se a avaliação de todas as alternativas de projecto, utilizando o mesmo período de estudo e taxa de desconto.

Finalmente, comparam-se as alternativas entre si e avaliam-se as incertezas e riscos das mesmas para ver qual a que responde melhor aos objectivos propostos, interpretando os seus resultados e apresentando um relatório final.

2.4.3 O que incluir em cada alternativa e no relatório final da análise LCC

2.4.3.1 O que incluir em cada alternativa

Segundo Mearig *et al.* (1999), a análise LCC só precisa de ter em conta categorias de custos pertinentes para o âmbito do projecto. No entanto, para assegurar a comparação adequada das alternativas, todas as avaliações de LCC das alternativas dos projectos têm que incorporar as mesmas categorias de custos.

A avaliação de cada alternativa deve incluir:

- uma breve descrição da alternativa do projecto;
- uma breve explicação da razão pela qual a alternativa foi seleccionada;
- uma breve explicação das suposições feitas durante a análise LCC;
- documentação conceptual ou esquemática indicativa da intenção de *design* da alternativa;
- análise LCC detalhada da alternativa do projecto;

- tabela sumário que compare os custos totais do ciclo de vida do investimento inicial, operação, manutenção, reabilitação, demolição/desconstrução/valor residual das alternativas de projecto.

2.4.3.2 O que se deve incluir no relatório final

De forma a documentar correctamente a análise LCC, deve ser elaborado um relatório final que, segundo a ISO 15686-5 (2006), dê claramente a entender tanto os seus resultados como as suas implicações, incluindo pressupostos, limitações e incertezas.

Este relatório inclui:

- uma breve descrição do projecto (ISO 15686-5, 2006; Kelly, 2008 e Langdon, 2007);
- uma explicação do propósito do estudo e do âmbito do projecto (ISO 15686-5, 2006 e Kelly, 2008);
- uma nota acerca da proveniência da informação para o exercício do LCC, isto é, se é baseada num modelo ou em informação paramétrica (Kelly, 2008);
- identificação do ano base, ponto a partir do qual o período de estudo se inicia (Kelly, 2008);
- indicação do período de estudo, bem como a unidade de tempo (anos, meses, semanas ou dias) (Kelly, 2008);
- os materiais e soluções consideradas (ISO 15686-5, 2006);
- descrição das suposições relativas a taxas de juro, a actividades de gestão do imóvel no período de estudo, a valores residuais (Kelly, 2008), taxas de inflação e taxas de desconto (Langdon, 2007);
- todas as restrições e riscos identificados (ISO 15686-5, 2006) e método de análise de risco (Kelly, 2008);
- identificação do método de depreciação (Kelly, 2008);
- as alternativas consideradas na análise (ISO 15686-5, 2006), incluindo perfis de custos totais (ao nível dos preços actuais e como custo descontado) e *cashflows* anuais (custo num ano, custos acumulados, custos nominais (inflacionados) anuais, VAL do custo anual, VAL do custo acumulado) (Langdon, 2007);
- comentários sobre a interpretação dos resultados, incluindo os riscos considerados e os excluídos (ISO 15686-5, 2006);
- um modelo LCC detalhado com perfis de custos detalhados para todos os *items*/categorias de custo para cada ano, incluindo os tempos de aplicação e a extensão do custo de todos os *items* futuros (Langdon, 2007);
- uma interpretação gráfica dos resultados, para facilitar a compreensão dos resultados (ISO 15686-5, 2006);
- um plano ou programa de manutenção e substituição (ISO 15686-5, 2006);
- uma apresentação das conclusões relacionadas com os objectos do estudo e recomendações para um possível aprofundamento do trabalho (ISO 15686-5, 2006).

2.4.4 Indicadores agregados da análise LCC

Existe um grande número de diferentes técnicas analíticas que podem ser aplicadas ao LCC, algumas das quais se apresentam de seguida. A sua utilização combinada permite obter uma visão abrangente das implicações em termos de valores (ISO 15686-5, 2006).

Valor Actualizado Líquido (VAL), em inglês *Net Present Value*, de uma alternativa é a soma de todos os *cashflows* positivos e negativos que podem ocorrer durante o período de análise, convertidos para o seu valor actual. A alternativa ou conjunto de alternativas com maior VAL é a escolha mais eficiente em termos de custos (King County LCCA Guide, s.d.).

$$VAL = \sum_{t=0}^{t=n} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \quad (4)$$

onde B_t – benefícios no ano t , C_t – custos no ano t e r – taxa de desconto.

Taxa Interna de Rentabilidade (TIR), em inglês *Internal Rate of Return*, é um critério que determina a taxa de retorno média através da imposição de que os *cashflows* sejam nulos no ano base (Moles e Terry, 1997). Segundo a ISO 15686-5 (2006), a TIR é a taxa de desconto que gera um VAL nulo. A melhor alternativa será a que apresentar a TIR mais elevada.

No caso de os *cashflows* serem negativos, a TIR não pode ser calculada (ISO 15686-5, 2006).

Retorno Simples, em inglês *Simple Payback*, é o período de tempo requerido para recuperar um investimento inicial e outros custos incorridos sem ter em conta o valor temporal do dinheiro (Fuller, 2006).

$$Payback = \frac{C_0}{B} \quad (5)$$

onde C_0 – investimento inicial e B – benefícios anuais.

Retorno Descontado, em inglês *Discounted Payback*, é o período de tempo requerido para recuperar um investimento inicial e outros custos incorridos, tendo em conta o valor temporal do dinheiro (Fuller, 2006).

Tanto o retorno simples como o retorno descontado são considerados positivos se forem inferiores ao período de estudo.

Razão Custo-Benefício (RCB), em inglês *Benefit to Cost Ratio*, de uma alternativa expressa a relação entre *cashflows* positivos atingidos e o aumento do custo de investimento sobre um caso base. $RCB > 1$ (ou $>100\%$) significa que as poupanças obtidas são superiores aos incrementos de investimento, e portanto, a alternativa é mais eficiente em termos de custos do que o caso base (King County LCCA Guide, s.d.).

$$RCB = \frac{\sum_{t=0}^{t=n} \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^{t=n} \frac{C_t}{(1+r)^t}} \quad (6)$$

onde B_t – benefícios no ano t , C_t – custos no ano t e r – taxa de desconto.

Custo Anual Equivalente (CAE), em inglês *Equivalent Annual Cost*, é um método que expressa o valor único do VAL de uma alternativa como sendo um custo anual equivalente uniforme, tendo em conta, para o efeito, o factor valor actual da anuidade (Kishk *et al.*, 2003).

$$CAE = VAL \times \left[\frac{(1+r)^t}{(1+r)^t - 1} \right] \quad (7)$$

onde r – taxa de desconto.

Esta técnica é usada para comparar os benefícios de investimentos concorrentes quando o ciclo de substituição natural não é um submúltiplo exacto do período de análise (ISO 15686-5, 2006).

A escolha da opção em que o custo anual equivalente é mais baixo corresponde à escolha cujo custo total é menor (ISO 15686-5, 2006).

Os métodos que se apresentam de seguida não são habitualmente usados em Portugal, pelo que não têm tradução para português, sendo apresentadas com a sua denominação anglo-saxónica.

Net Savings (NS) calcula o valor líquido da poupança que uma decisão de investimento espera obter durante o período de estudo. (Boussabaine e Kirkham, 2004). É dado pela diferença entre o valor real dos ganhos operacionais gerados por um investimento e o capital investido. A melhor alternativa é a que apresentar maior NS. Se o NS for positivo, a alternativa é eficiente em termos de custos (Kishk *et al.*, 2003).

O NS é utilizado para avaliar os benefícios, principalmente quando aparecem sob a forma de redução de custos (ISO 15686-5, 2006).

Savings to Invest Ratio (SIR) é dado pela divisão do valor actual das receitas geradas por um investimento pelo custo do investimento inicial. Quanto maior o SIR melhor será a alternativa (Kishk *et al.*, 2003).

Este rácio pode ser utilizado para priorizar projectos (classificando as opções em ordem decrescente de SIR), em função das limitações orçamentais. Se o orçamento é insuficiente para financiar todos os projectos rentáveis (aqueles cujo SIR é superior a 1), a ordem de classificação decrescente SIR identifica as prioridades a serem dadas aos investimentos possíveis. Se os projectos diferirem em termos de despesas, é possível que um orçamento se revele insuficiente para fazer uma escolha de uma combinação de opções classificadas de acordo com o SIR (ISO 15686-5, 2006).

2.5 Limitações da metodologia LCC

2.5.1 Barreiras ao LCC

Apesar da sua potencial importância e utilidade, a metodologia LCC tem tido uma aplicação limitada até aos dias de hoje. Tal deve-se a um sem número de razões tanto práticas como políticas.

Bull (1993) aponta que os custos iniciais e os operacionais cabem geralmente a entidades distintas e que, por isso, não existe qualquer tipo de incentivo para que os responsáveis pela construção aumentem o seu investimento inicial para reduzir os custos de operação e manutenção subsequentes de outrem, logo esta repartição dos custos nas várias fases não fomenta a aplicação da análise LCC.

Bull (1993) afirma ainda que um dos maiores obstáculos à implementação da metodologia LCC é a falta de informação fiável na qual se possa basear. Acresce que a quantidade de informação a compilar é enorme e muito complexa, sendo necessário despende muito tempo para a recolher (Ferry e Flanagan, 1991).

Ferry e Flanagan (1991) mencionam a dificuldade de previsão de factores para um horizonte alargado como ciclo de vida, custos futuros de operação e manutenção e taxas de desconto. Associados a esta dificuldade surgem os factores incerteza e risco.

Kishk *et al.* (2003), baseando-se em Al Hajj (1991), complementam o referido, apresentando a Figura 16, representativa do ciclo vicioso da implementação do LCC, simbolizando a razão principal pela qual a metodologia LCC ainda não ser tão aplicada.

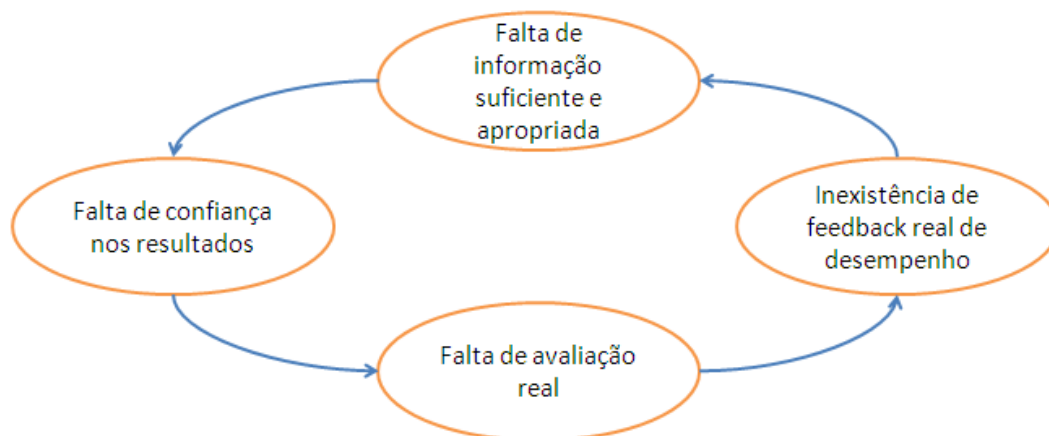


Figura 16 - Ciclo vicioso da implementação da metodologia LCC (adaptado de Kishk *et al.*, 2003)

Gluch e Baumann (2000) afirmam que o LCC falha no que diz respeito a lidar com decisões irreversíveis, negligencia items que não tenham dono, como o ambiente, o ar e água e não considera custos para gerações futuras. Complementam o referido explicando que o LCC não tem em conta a capacidade limitada dos decisores de tomar decisões racionais perante a existência de incertezas.

Gluch e Baumann (2000) mencionam ainda que a utilidade prática do LCC se encontra restrita pela sobresimplificação relativa ao uso único da unidade monetária, isto é, com o propósito de simplificar uma realidade complexa, tudo é transformado em unidades monetárias, o que deixa de fora factores que não sejam mensuráveis em termos de custos como factores ambientais e o bem-estar dos utilizadores. Acresce ainda a ocorrência de confusões conceptuais devido à existência de muitas e semelhantes ferramentas orientadas para o ciclo de vida da construção, como são exemplos o LCC e LCA.

Segundo NSA (1991), citado por Bakis *et al.* (2003), algumas das razões para a relutância do sector público em investir na metodologia LCC são:

- o facto de muitas instalações apresentarem tempos de serviço longos quando comparados com o tempo de vida das missões da empresa e dos programas legislados;
- o medo de que a utilidade do imóvel possa mudar no futuro e que a aplicação do LCC possa vir a ser vista como um desperdício de capital;

- o facto de ser prática de muitos decisores optar pelo investimento inicial mínimo para aumentar o retorno do investimento ou conseguir adequar o projecto às restrições de orçamento;
- o facto de as agências governamentais mostrarem relutância em investir em opções mais onerosas quando não existem dados sólidos que garantam benefícios futuros.

Acresce que cada situação é única, o que impede a elaboração de uma receita padrão para estimar o LCC (Brick e Pilla, s.d.).

2.5.2 Tipos e fontes de informação

2.5.2.1 Tipos de informação

Flanagan e Norman (1993) destacaram que, para uma correcta implementação de LCC, seria necessário ter informação acerca de: estimativas de custos iniciais e operativos do ciclo de vida, taxas de desconto, índices de inflação, períodos de ocupação, consumos de energia, limpeza, entre outros.

Segundo Kishk *et al.* (2003), a informação fundamental para uma avaliação LCC divide-se essencialmente em duas categorias: informação relativa a descontos e informação relativa a custos. A primeira inclui taxas de desconto, taxas de inflação e período de estudo, enquanto a segunda inclui informação de custos e o tempo do ciclo de vida associado às actividades a ser realizadas, isto é, as fases do ciclo de vida. No entanto, no caso dos edifícios, devem também ser tidas em conta outras categorias de informação como a qualidade, o grau de ocupação e o desempenho do edifício.

De outra forma, Schade (2007) divide a informação relativa ao ciclo de vida nos seguintes tipos:

- informação de custos (custos de aquisição, custo do capital, impostos, inflação, taxa de desconto, custo de construção, operação, manutenção, limpeza, reabilitação e demolição e seguro);
- informação de qualidade (condição de tubagens e outras instalações prediais);
- informação de desempenho (ciclos de manutenção, ciclos de limpeza, condutibilidade térmica, tempo de ocupação, electricidade e gás);
- informação física (área de piso, tipos de sistemas de aquecimento, área envidraçada, área funcional, número de ocupantes, paredes e tectos, quantidade e forma de instalações prediais);
- informação de ocupação (perfil de ocupação, funcionalidade, horas de utilização, características particulares).

Em suma, a informação acerca dos custos é essencial para o cálculo do LCC. No entanto, tem pouco valor se não for complementada por outros tipos de informação, uma vez que a informação de custos precisa de ser interpretada no contexto das outras categorias de informação (Kishk *et al.*, 2003).

2.5.2.2 Fontes de informação

Segundo Schade (2007), existem três fontes principais de informação aplicável ao LCC:

- informação proveniente de fabricantes, fornecedores, empreiteiros e analistas experientes;
- informação histórica;
- informação obtida através de técnicas de modelação baseadas no desempenho esperado.

Bennett e Ferry (1987), citados por Boussabaine e Kirkham (2004), referem ainda que a informação pode provir da estimação directa de custos e componentes conhecidos. A ISO 15686-5 (2006) acrescenta que esta também pode ser obtida a partir de pressupostos de melhor estimativa sobre as tendências futuras da tecnologia, mercados e aplicações.

Embora seja uma fonte importante, a informação proveniente de fabricantes, fornecedores, empreiteiros e analistas experientes pode muitas vezes ser vista como apenas uma *best guess*, uma vez que apesar do conhecimento das características e desempenho dos seus materiais e componentes, estes não têm conhecimento da forma em que os materiais e componentes serão utilizados.

No caso de a informação necessária não estar disponível, pode recorrer-se a técnicas de modelação matemática que desenvolvam análises de custos.

A eficiência do LCC encontra-se muito dependente da quantidade de informação obtida e da sua fiabilidade, independentemente do tipo ou fonte da mesma.

2.5.3 Incerteza e risco

A metodologia LCC trata em parte do futuro e, uma vez que o futuro é incerto, existe a necessidade de conseguir prever para a frente no tempo factores como ciclos de vida, custos futuros de manutenção e operação e taxas de desconto e inflação. Este problema é agravado pela dificuldade de obtenção do nível de informação adequado. Torna-se portanto crucial, para a implementação do LCC, o tratamento dessa informação (Kishk *et al.*, 2003).

Macedo *et al.* (1978), citado por Woodward (1997), identificou as seguintes cinco maiores fontes de incertezas:

- diferenças entre o desempenho real do sistema e o esperado podem afectar futuros custos de operação e manutenção;
- podem ocorrer mudanças nas suposições operacionais provocadas pelas actividades dos utilizadores;
- futuros avanços tecnológicos podem vir a apresentar alternativas com custo inferior e, portanto, diminuição da vida económica de qualquer dos sistemas propostos;
- variações do preço de um recurso importante como energia ou mão-de-obra, relativamente a outros recursos podem afectar futuras alterações de custos;
- existência de erros de relações estimativas, taxas de preços para recursos específicos e taxa de inflação nos custos gerais desde a estimativa do tempo à disponibilidade do recurso.

Para que a metodologia LCC seja amplamente aceite, as preocupações acerca das incertezas nas previsões devem ser tratadas e reduzidas progressivamente. Tal pode ser feito através da recolha de informação mais fiável ou através do desenvolvimento de modelos de previsão mais fiáveis ou introduzindo as incertezas no sistema fazendo com que o nível de risco seja quantificado (TG4, 2003).

Apesar de por vezes serem utilizados indiferenciadamente, os conceitos de incerteza e de risco diferem na medida em que a incerteza não é quantificada enquanto o risco corresponde a uma probabilidade de ocorrência de um evento, sendo o seu valor conhecido. O risco é portanto a quantificação da incerteza através da utilização da informação disponível, tendo associado a si um valor probabilístico e um impacto/resultado conhecido. Em suma, o que pode ser analisado é o risco e não a incerteza.

Efectivamente, a análise de risco preocupa-se em dar resposta a perguntas como “O que pode acontecer?”, “Como é mais provável que aconteça?” e “Quais são as consequências de acontecer?” (Rentz, 1998).

Segundo Langdon (2007), a gestão do risco resume-se fundamentalmente a um processo de três passos:

- identificação do risco;
- avaliação do risco em termos de probabilidade e impacte;
- tomar as medidas de resposta apropriadas, que podem ser tanto “aceitar”, “mitigar”, “transferir” ou “evitar” o risco.

O plano de gestão de risco deve ser actualizado progressivamente à medida que o projecto avança através das fases (Langdon, 2007).

Segundo Boussabain e Kirkham (2004), as técnicas aplicáveis ao LCC podem ser divididas em três categorias: determinísticas, qualitativas e quantitativas.

As técnicas qualitativas de análise de risco expressam a magnitude das consequências de um evento em termos qualitativos (não quantificados) ao contrário das técnicas de análise de risco quantitativas em que a probabilidade ou frequência dos resultados pode ser estimada e a magnitude das consequências quantificada (Boussabaine e Kirkham, 2004).

A análise qualitativa usa escalas não numéricas ou descritivas para descrever o grau de possíveis resultados e probabilidade de ocorrência, e é utilizada (Boussabaine e Kirkham, 2004):

- como uma actividade de pesquisa inicial para identificar os riscos que requeiram uma análise mais detalhada (de forma quantitativa);
- onde o nível de risco não justifique o tempo e esforço necessários para realizar uma análise mais completa;
- onde a informação numérica seja inadequada para uma análise quantitativa.

A análise quantitativa é bastante complexa, podendo ser dividida em técnicas estatísticas e técnicas probabilísticas. As abordagens estatísticas utilizam estatísticas descritivas, como o desvio-padrão e a variância, para quantificar o risco, incorporando-as com medidas de desempenho económico como o VAL. As abordagens probabilísticas utilizam funções de distribuição probabilística e técnicas de simulação para análise quantitativa do risco (Boussabaine e Kirkham, 2004).

Efectivamente, as técnicas baseadas na probabilidade quantificam a exposição ao risco deduzindo as probabilidades de alcançar diferentes valores de valor económico através de distribuições probabilísticas para os valores dos *inputs* que são incertos (Fuller, 2006). Na abordagem probabilística, assume-se que todas as incertezas seguem as características de incerteza aleatória, isto é, resultam do acaso (Kishk *et al.*, 2003).

Finalmente, a abordagem determinística não envolve qualquer consideração de teorias probabilísticas, mas sim a utilização de funções de variância e desvio-padrão para quantificar o risco (Boussabaine e Kirkham, 2004).

O Quadro 6 apresenta as técnicas mais usuais de análise de risco que são correntemente utilizadas segundo Boussabaine e Kirkham (2004).

Quadro 6 - Técnicas de tratamento de incerteza e risco na avaliação económica de investimento imobiliário (Boussabaine e Kirkham, 2004)

Determinísticas	Qualitativas	Quantitativas
Estimativa conservativa de custo e benefício	Matriz de risco	<i>Input</i> de estimativas utilizando uma distribuição probabilística
Análise do ponto crítico	Registo do risco Coeficiente de variação	Critério da média e variância
Taxa de desconto ajustada ao risco	Árvore de eventos (qualitativa)	Análise da árvore de decisão Simulação (Monte Carlo/ <i>Latin Hypercube</i>)
Técnica da certeza equivalente	Análise SWOT	Técnica matemática/analítica
Análise de sensibilidade Variância e desvio-padrão	Pontuação do risco Sessões de <i>Brainstorming</i>	Inteligência artificial
Valor actualizado líquido	Avaliação possibilidade/consequência	Teoria do conjunto vago (<i>Fuzzy Set Theory</i>) Árvore de eventos (quantitativa)

As abordagens mais utilizadas são a simulação de Monte Carlo e Análise de Sensibilidade, tendo a abordagem de conjuntos vagos começado a ganhar potencialidade, pelo que são essas três abordagens seguidamente referenciadas.

2.5.3.1 Simulação de Monte Carlo

Uma das técnicas probabilísticas mais utilizadas é a Simulação de Monte Carlo.

A simulação de Monte Carlo interpreta a informação dos custos indirectamente de forma a gerar uma distribuição de probabilidade para os custos totais a partir de descrições de distribuições dos custos elementares (Flanagan *et al.*, 1987 citado por Kishk e Al-Hajj, 1999).

Esta baseia-se na utilização de números aleatórios e de estatísticas probabilísticas para a investigação de problemas. Esta é uma técnica em que uma quantidade é calculada repetidamente, utilizando ao acaso cenários de “E SE?” para cada cálculo (Boussabaine e Kirkham, 2004).

Seguindo esta linha, as medidas do LCC, normalmente VAL, também se tornam variáveis aleatórias e, numa última fase da avaliação, as várias alternativas são ordenadas por ordem de magnitude ascendente e a melhor alternativa é seleccionada por ser a que apresenta a maior probabilidade de ser a primeira (Kishk *et al.*, 2003).

Segundo Flanagan *et al.* (1989), citado por Kishk *et al.* (2003), o decisor tem de avaliar o peso do *trade-off* implicado entre o menor custo esperado de uma dada alternativa e o maior risco para que este custo seja excedido num montante suficiente para justificar a escolha da alternativa. Notou ainda que, embora esta técnica proporcione ao decisor uma vista mais alargada sobre a escolha final entre as alternativas, ela não retira ao decisor a necessidade de aplicar julgamento e existirá, inevitavelmente, um grau de subjectividade nesse julgamento.

Esta técnica de simulação tem, no entanto, vindo a ser muito criticada pela sua complexidade e gasto em termos de tempo e experiência necessária para extrair o conhecimento (Byrne, 1997 e Edwards e Bowen, 1998 citados por Kishk *et al.*, 2003).

Segundo Boussabaine e Kirkham (2004), o decisor deve ter em atenção diversas limitações:

- o *software* de simulação trata a incerteza como se fosse variabilidade, o que pode levar a resultados enganadores;
- o ignorar de correlações entre variáveis de exposição pode levar a graves erros na avaliação de risco, embora esse problema seja resolúvel com informação acerca das possíveis correlações;
- factores de exposição desenvolvidos a partir de estudos curto-prazo com grandes populações podem não representar com exactidão condições de longo-prazo em pequenas populações;
- finalmente, as pontas das distribuições, que são de interesse significativo, são altamente sensíveis à forma das distribuições do *input*.

2.5.3.2 Teoria do conjunto vago

Na metodologia LCC, a magnitude e o tempo da futura vida útil das componentes do edifício devem ser cuidadosamente estimados, tendo em consideração os riscos e incertezas relacionados. O maior problema que os analistas do ciclo de vida enfrentam na tomada de decisões financeiras envolve tanto incerteza como ambiguidade em volta dos resultados esperados do LCC. No caso de projectos complexos, os problemas relativos à incerteza e ambiguidade assumem proporções ainda maiores devido à dificuldade de previsão de impacte de mudanças inesperadas nas componentes do edifício e, conseqüentemente, na computação do LCC. Tanto a incerteza como a ambiguidade são causados não só por problemas relacionados com o projecto, mas também com factores económicos e tecnológicos (Boussabaine e Kirkham, 2004).

Para resolver algumas das dificuldades das outras técnicas, como a ambiguidade, surge a teoria do conjunto vago cujo conceito foi introduzido por Zadeh em 1965, mas só recentemente é que a sua aplicação começou a receber a devida atenção (Boussabaine e Kirkham, 2004).

A teoria do conjunto vago é uma ferramenta eficiente para modelação da incerteza associada à característica de ser vago, imprecisão, e/ou com escassez de informação relativa a elementos de um dado problema (Kishk e Al-Hajj, 1999) através de uma função.

Embora lide com situações e decisões incertas ou imprecisas, esta teoria baseia-se na teoria quantitativa matemática. A variável na lógica vaga admite conjuntos de valores que são caracterizados pela expressão linguística, como sendo de risco muito elevado, risco médio, risco baixo. Estas expressões linguísticas são representadas numericamente por conjuntos vagos (Boussabaine e Kirkham, 2004).

Um conjunto vago F é definido como um conjunto de pares ordenados $(x, \mu(x))$ dados por uma função de pertença f , que estabelece a seguinte relação: $f: x \rightarrow \mu(x)$, onde x é o valor de um elemento no domínio da função f e $\mu(x)$ é o valor de f em x . $\mu(x)$ admite valores no intervalo $[0, 1]$, o que significa que, para um valor de $\mu(x) = 0$, x não pertence ao conjunto F , e $\mu(x) = 1$, x pertence completamente (Figura 17) (Kishk e Al-Hajj, 1999).

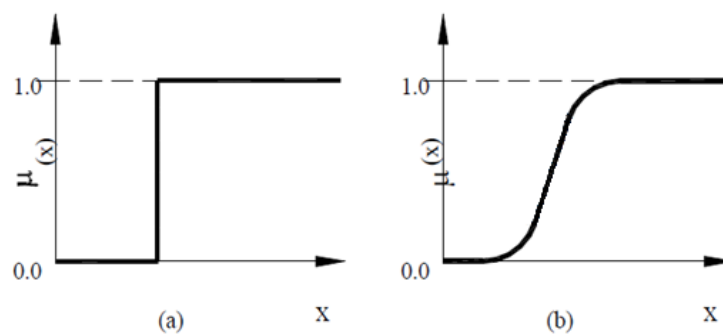


Figura 17 - Funções de pertença para (a) conjunto convencional e (b) conjunto vago (Kishk e Al-Hajj, 1999)

Ao contrário dos conjuntos convencionais, que são caracterizados pelo facto de um elemento só poder pertencer ou não pertencer ao conjunto, todos os conjuntos vagos têm a característica de permitir uma pertença parcial ao conjunto, eliminando a barreira entre a pertença ou não pertença ao mesmo (Boussabaine e Kirkham, 2004).

A aplicação da lógica vaga é particularmente adequada no caso de modelos muito complexos onde a compreensão é limitada ou baseada em juízos de valores devido à falta de informação, bem como no caso de processos em que o raciocínio humano, a percepção humana ou a tomada de decisão humana está envolvida (Ross, 1995; Kosco, 1997 citados por Kishk e Al-Hajj, 1999). Tem ainda mais três vantagens: a simplicidade dos conceitos matemáticos da teoria do conjunto vago; a sua capacidade para juntar informação de *input-output*; e o facto de poder ser agregada a técnicas tradicionais (Kishk e Al-Hajj, 1999).

Segundo Boussabaine e Kirkham (2004), a teoria do conjunto vago apresenta uma forma conveniente de representar os seguintes conceitos do ciclo de vida:

- quando a informação probabilística para a análise de risco do LCC é extremamente rara e insuficiente, pode recorrer-se à utilização da informação proveniente do juízo subjectivo baseado na experiência dos peritos e conceitos vagos;
- podem utilizar-se curvas de pertença vaga para modelação das incertezas com factores de risco e estimativas do ciclo de vida;
- pode utilizar-se a teoria do conjunto vago na análise de risco na fase de construção e operação;
- pode utilizar-se a teoria do conjunto vago na análise e estimativa dos riscos da vida útil;
- podem utilizar-se as variáveis linguísticas vagas para descrever factores de risco do ciclo de vida imprecisos;
- a probabilidade subjectiva vaga pode ser utilizada para representar riscos e estimativas do LCC;
- os conjuntos vagos podem ser utilizados para representar os custos do ciclo de vida quando a informação histórica não se encontrar disponível para definir a distribuição estatística correspondente.

2.5.3.3 Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade é uma técnica de modelação que é utilizada para identificar o impacte de uma variação do valor de um parâmetro de risco independente numa variável dependente (Kishk *et al.*, 2003). Segundo Fuller (2006), é uma técnica útil para:

- identificar de entre um número incerto de *inputs* qual o que tem maior impacte numa medida específica de avaliação económica;
- determinar como é que a variabilidade de um *input* afecta o alcance de uma medida de avaliação económica;
- testar diferentes cenários para responder a questões acerca de incertezas.

Segundo Jovanovic (1999), citado por Kishk *et al.* (2003), o método envolve três passos básicos:

- atribuição de vários valores razoáveis ao parâmetro *input*;
- computação dos valores correspondentes das variáveis dependentes;
- análise destes pares de valores.

Na metodologia LCC, a variável é, por norma, uma medida do LCC (como o VAL) da alternativa mais vantajosa e o parâmetro a variar é o elemento incerto. Geralmente, o objectivo é determinar o valor do parâmetro *input* que faz com que o valor calculado pela medida do LCC seja igual tanto para a alternativa anteriormente mais vantajosa como para a imediatamente seguinte (Kishk *et al.*, 2003)

A vantagem da análise de sensibilidade é que demonstra explicitamente a robustez da classificação das alternativas (Flanagan e Norman, 1993; Woodward, 1995 citados por Kishk *et al.*, 2003). Contudo, ela só é aplicável a um parâmetro de cada vez e não tenta quantificar o risco, mas sim identificar quais os factores que são sensíveis ao risco (Kishk *et al.*, 2003).

2.6 O que é efectuado na construção em termos de LCC?

2.6.1 Aplicação internacional

A tomada de decisão em todas as fases da vida do imóvel acarreta implicações económicas. Com a implementação da optimização económica e avaliação do ciclo de vida de um projecto identificam-se poupanças e benefícios (Langdon, 2007a).

Apesar de não haver qualquer metodologia ou legislação formal que apoie a análise LCC na maioria dos países europeus, têm sido publicados *standards*, guias e relatórios numa tentativa de incentivar a sua utilização, como é exemplo de “TG4: Life cycle costs in construction” (TG4, 2003), “ISO 15686-5: Building and constructed assets – Service life planning” (ISO, 2006), “NS 3454: Life cycle cost for building and civil engineering work – Principles and classification” (NS 3454, 2000), “Procurement guide 7: Whole-life costing and cost management” (PG7, 2007), “Life cycle costing as a contribution to sustainable construction: a common methodology – literature review” (Langdon, 2007a) e “Life cycle costing as a contribution to sustainable construction: a common methodology” (Langdon, 2007).

A título de exemplo de aplicação de LCC na construção e da progressão desta metodologia, na Noruega, após a publicação da norma NS3454 (1998), a lei dos contratos públicos revista prevê agora a implementação de cálculos de LCC na fase de planeamento de todos os projectos de construção do sector público.

As metodologias e abordagens adoptadas na construção decorrem de mecanismos impositivos, nomeadamente, actualmente, só são adoptadas de forma alargada se forem impostas pela legislação, tanto governamental como local ou regional (Langdon, 2007a).

2.6.2 Construção em Portugal

As empresas procuram construir em condições ambientalmente correctas, com um adequado nível de qualidade e de segurança e saúde no trabalho, no prazo previsto e minimizando o custo (Dias, 2009).

A qualidade está intimamente ligada ao custo da construção, uma vez que se reconhece que construir com qualidade é equivalente a redução de custos devido a menor valia resultante da diferença de custos envolvidos na implementação do sistema de qualidade e os custos da “não qualidade” (Dias, 2009).

Em termos de exigência geral, o artigo 40º do Decreto-lei 55/99 de 2 de Março (Regime jurídico de empreitadas de obras públicas) define que o custo dos trabalhos será o que resultar da soma dos dispêndios correspondentes a materiais, pessoal, direcção técnica, estaleiros, transportes, seguros, encargos inerentes ao pessoal, depreciação e reparação de instalações, de utensílios e de máquinas, e a tudo o mais necessário para a execução dos trabalhos, desde que tais dispêndios sejam feitos de acordo com o dono da obra, nos termos estabelecidos no caderno de encargos.

Efectivamente, o custo total de construção divide-se em custos das operações de construção, custos de subempreitadas, encargos com o estaleiro, encargos indirectos e lucros/imprevistos (Quadro 7 e 8).

Da soma dos custos de operações de construção, custos de subempreitadas e encargos com o estaleiro resultam os custos de produção ou custos directos.

Quadro 7 - Constituintes do custo total de construção

Custo total de Construção	Definição
Custo das operações de Construção	Calculado através da identificação e quantificação dos recursos, isto é, das necessidades de mão-de-obra, materiais e equipamentos
Custo de subempreitadas	Custo inerente ao fornecimento de meios ou a execução de tarefas por entidades exteriores com capacidade técnica para as realizar (Dias, 2009)
Encargos com estaleiro	Soma dos encargos com montagem, desmontagem e utilização, encargos gerais, encargos com pessoal técnico e administrativo e encargos com projectos e orçamentos
Encargos indirectos ou encargos de estrutura	Englobam os custos com a sede e outros departamentos da empresa (Dias, 2009)
Lucros/imprevistos	Lucros referentes a qualquer actividade económica, devendo ser sempre considerados os riscos associados à execução da obra (Dias, 2009)

Quadro 8 - Constituintes dos encargos com o estaleiro

Encargos com o estaleiro	Definição
Encargos com montagem, desmontagem e utilização	Gastos com a instalação no início da obra e levantamento do estaleiro no final da obra e ainda os gastos de utilização de elementos do estaleiro (Dias, 2009)
Encargos gerais	Gastos com telefones, seguros não contabilizados em rubricas próprias, licenças e impostos específicos da obra, despesas com os ensaios previstos no caderno de encargos, entre outros (Dias, 2009)
Encargos com pessoal técnico e administrativo	Gastos com escriturários, apontadores, controladores, fiéis de armazém, entre outros que as características específicas de cada obra determinam (Dias, 2009)
Encargos com projectos e orçamentos	Gastos previsíveis com a elaboração dos seguintes elementos (Dias, 2009): Projecto, caso se trate de concurso de concepção - construção (projecto da autoria do empreiteiro); Peças complementares do projecto, exigidas no caderno de encargos; Pormenorização de fases de trabalho; Revisão do orçamento da obra e eventuais operações de orçamentação a realizar durante a sua execução; Elaboração dos projectos de alterações (elementos do projecto que foram alterados no decurso da obra).

Portanto, a nível nacional, o processo mais aplicado continua a ser o da construção tradicional, isto é, tendo apenas em consideração os custos de projecto e construção. Uma vez que este tipo de abordagem não tem em conta os custos das outras fases do ciclo de vida do edifício, não se enquadra na metodologia LCC.

2.6.3 Manutenção em Portugal

A manutenção é dos aspectos a considerar na abordagem da análise LCC. Em Portugal, apesar da obrigatoriedade de realização de obras de conservação/reparação/beneficiação de 8 em 8 anos imposta em 1951 pelo Decreto-Lei nº 38382 de 07.08.1951 – Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU), só nos anos 90 surgem preocupações generalistas com a manutenção e reabilitação, agregadas à urgência da sustentabilidade, e se iniciam estudos e o desenvolvimento de políticas e programas complexos que ainda necessitam de alguns anos para surtir um efeito palpável (Ferreira, 2007). Refira-se o desenvolvimento do RGE (Regulamento Geral das Edificações) que, quando for publicado, virá a substituir o RGEU.

Segundo Cabrita e Aguiar (1988), as entidades públicas e privadas estão a iniciar a criação de serviços de manutenção do seu património imobiliário e a empreender obras de reabilitação, pelo que o LNEC definiu um projecto de investigação (entre 1988 e 1991) denominado “Patologia, conservação e reabilitação das edificações e das estruturas”.

Segundo os mesmos autores, apenas muito recentemente se deu início, principalmente na universidade, ao desenvolvimento de estudos sobre o vector sócio-económico da manutenção/reabilitação, nomeadamente em aspectos como a análise de custos, a definição de modelos de avaliação e de decisão técnico-económica e de custo-benefício.

Ferreira (2007) apresenta a Figura 18, procurando esquematizar a abrangência da temática da manutenção/reabilitação, bem como o modo como se encontra dispersa entre os vários documentos normativos.

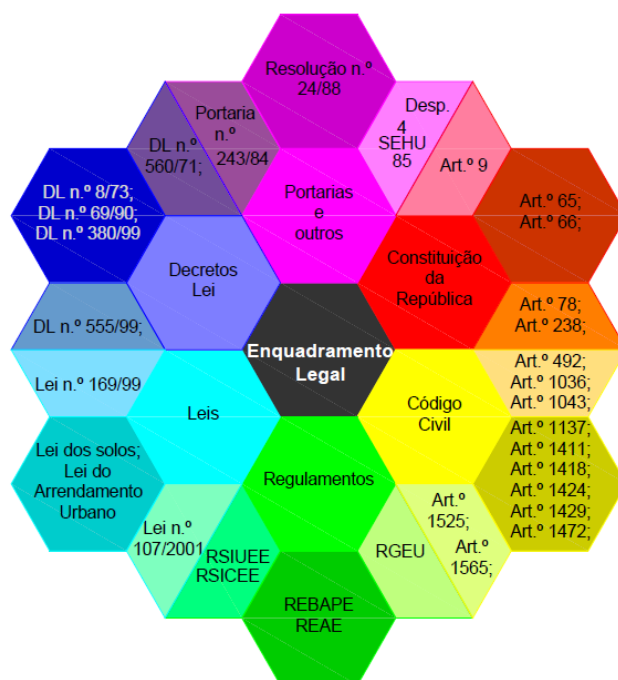


Figura 18 – Síntese do enquadramento legal na área da manutenção e reabilitação (Ferreira, 2007)

A análise LCC tem sido aplicada em estudos universitários de manutenção, como é o exemplo de Flores (2002), Falorca (2004) e Gomes (2007). No entanto, a maioria destes estudos apenas tem em conta a fase de construção e manutenção, desprezando as restantes fases e custos associados.

Para concluir, tal como noutros países europeus, em Portugal não há qualquer metodologia ou legislação formal que apoie a análise LCC.

Verifica-se, no entanto, a existência de cada vez maiores preocupações em termos de manutenção e reabilitação, onde a viabilidade económica é uma componente relevante e decisiva.

2.7 Como aplicar o LCC na sustentabilidade

2.7.1 Construção sustentável e o ciclo de vida

Segundo a literatura (Kibert *et al.*, 2002), a construção sustentável olha para todo o ciclo de vida do ambiente construído: planeamento, desenho, construção, operação e desconstrução/demolição tendo em conta o ciclo de vida dos materiais. Ela considera como recursos de construção os materiais, o solo, a energia e a água e estabelece como princípios orientadores:

1. Redução do consumo de recursos;
2. Reutilização dos recursos o máximo possível;
3. Reciclar os resíduos da demolição e, sempre que possível, utilizar materiais reciclados;
4. Proteger os sistemas naturais e o funcionamento de todas as suas actividades;
5. Eliminar todos os materiais tóxicos em todas as fases do ciclo de vida;
6. Incorporar o custo total nas decisões económicas;
7. Promover a qualidade em todas as fases do ciclo de vida do ambiente construído.

Para Kibert *et al.* (2002), a sustentabilidade do sector da construção depende de uma mudança profunda na forma como os recursos são utilizados, passar de energias não renováveis a energias renováveis, de elevados níveis de produção de resíduos a elevados níveis de reutilização e reciclagem e de produtos baseados no custo inicial mínimo a produtos baseados no custo total tendo em conta o ciclo de vida, especialmente quando aplicado à geração de resíduos e de emissões pelo processo industrial que suporta a actividade de construção. Portanto, essa perspectiva de construção sustentável deve assumir o ciclo de vida e os seus custos, pelo menos conceptualmente.

2.7.2 LiderA

Num passo lógico da evolução da construção sustentável a nível nacional, surge o sistema LiderA (sistema de avaliação de sustentabilidade) desenvolvido por Manuel Duarte Pinheiro, resultando dos trabalhos de investigação sobre sustentabilidade na construção e ambientes construídos, efectuados desde 2000, que levaram à publicação em 2005 da primeira versão (versão 1.2), em 2007 das primeiras cinco certificações e em 2009 a segunda versão (versão 2.0) (LiderA, 2009).

O sistema destina-se a (LiderA, 2009):

- apoiar o desenvolvimento de planos e projectos que procurem a sustentabilidade;
- avaliar e posicionar o seu desempenho na fase de concepção, obra e operação, quanto à procura da sustentabilidade;

- suportar a gestão na fase de construção e operação;
- atribuir a certificação por marca registada, através de verificação por uma avaliação independente;
- servir como instrumento de mercado distintivo para os empreendimentos e clientes que valorizem a sustentabilidade.

O LiderA é uma marca registada portuguesa composta por um sistema de avaliação da construção de níveis de desempenho ambiental numa óptica de sustentabilidade. Os valores de desempenho podem ir de A a E, sendo A correspondente a uma redução de 50%, face à prática de referência classificada como E. Considera ainda a classe A+, e A++, correspondendo, respectivamente, a uma redução de 75% e 90% face à situação inicial considerada. Se o desempenho comprovado pela verificação do LiderA atingir uma avaliação final da sustentabilidade das classes C, B, A, A+ ou A++, considera-se que o edificado ou os ambientes construídos como sendo certificáveis com bom nível de sustentabilidade (Figura 19) (LiderA, 2009).

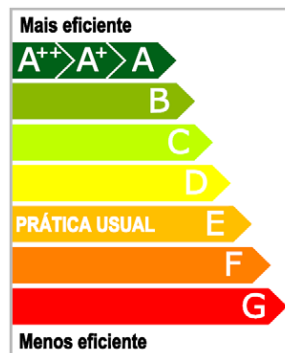


Figura 19 - Níveis de desempenho segundo o sistema LiderA (LiderA, 2009)

Outros sistemas de avaliação de sustentabilidade têm sido apresentados por todo o mundo, como são exemplo o BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method – Reino Unido, 1990), o LEED (Leadership in Energy & Environmental Design do USGB – Estados Unidos da América), o NABERS (National Australian Buildings Environmental Rating System – Austrália), o BEPAC (Building Environmental Performance Assessment Criteria – Canadá), o HQE (Haute Qualité Environnementale des Bâtiments – França) e o CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency – Japão) (Pinheiro, 2006).

O sistema LiderA assenta no conceito de reposicionar o ambiente na construção numa perspectiva de sustentabilidade. Este sistema dispõe de três níveis: estratégico, projecto e gestão do ciclo de vida, tendo em vista permitir o acompanhamento nas diferentes fases de desenvolvimento do ciclo de vida do empreendimento (Figura 20) (LiderA, 2009).



Figura 20 - Fases do desenvolvimento do ciclo de vida (LiderA, 2009)

Desde o seu início, o empreendimento pode adoptar uma política ambiental, a qual deve ser adequada ao empreendimento e às especificidades ambientais, considerando princípios para a procura da sustentabilidade (LiderA, 2009).

A procura da sustentabilidade é efectuada, segundo o LiderA (2009), através de seis vertentes que assumem os seguintes princípios:

- Princípio 1 - Valorizar a dinâmica local e promover uma adequada integração;
- Princípio 2 - Fomentar a eficiência no uso dos recursos;
- Princípio 3 - Reduzir o impacte das cargas (quer em valor, quer em toxicidade);
- Princípio 4 - Assegurar a qualidade do ambiente, focada no conforto ambiental;
- Princípio 5 - Fomentar as vivências sócio-económicas sustentáveis;
- Princípio 6 - Assegurar a melhor utilização sustentável dos ambientes construídos, através da gestão ambiental e da inovação.

As seis vertentes que englobam áreas específicas de intervenção são (Figura 21) (LiderA, 2009):

- **integração local**, no que diz respeito ao Solo, aos Ecossistemas naturais e Paisagem e ao Património;
- **recursos**, abrangendo a energia, a água, os materiais e os recursos alimentares;
- **cargas ambientais**, envolvendo os efluentes, as emissões atmosféricas, os resíduos, o ruído exterior e a poluição ilumino-térmica;
- **conforto ambiental**, nas áreas da qualidade do ar, do conforto térmico e da iluminação e acústica;
- **vivência sócio-económica**, que integra o acesso para todos, os custos no ciclo de vida, a diversidade económica, as amenidades e a interacção social e participação e controlo;
- **uso sustentável e inovação**.

Para aplicação dos princípios das seis vertentes, a versão 2.0 apresenta 22 áreas constituídas por um conjunto de pré-requisitos e 43 critérios utilizados para liderar o desenvolvimento de soluções ambientalmente mais adequadas.

Enquanto a versão 1.2 de 2005 se aplicava sobretudo ao edificado e ao espaço envolvente, a versão 2.0 de 2009 alarga a possibilidade de aplicação do sistema, não apenas ao edificado, mas igualmente ao ambiente construído, incluindo a procura de edifícios, espaços exteriores, bairros e comunidades sustentáveis (LiderA, 2009).



Figura 21 - Vertentes e áreas da versão 2.0 do sistema LiderA (LiderA, 2009)

Este sistema pode ser aplicado nas diferentes fases do ciclo de vida. O processo é voluntário e direccionado para o mercado, constituindo uma integração dos pressupostos da sustentabilidade na construção através de certificação e promoção dos desempenhos dos empreendimentos avaliados. Por outro lado, possibilita uma avaliação dinâmica pois segue um ciclo de melhoria contínua (Figura 22).

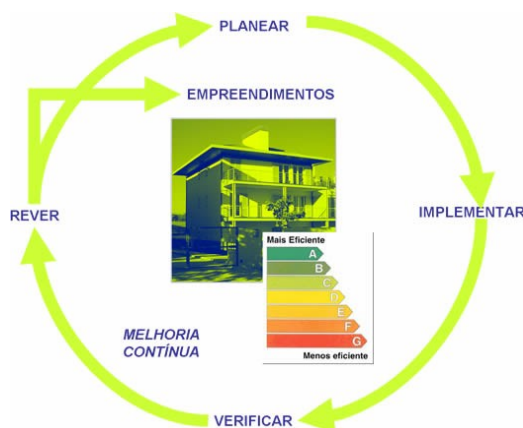


Figura 22 - Processo de melhoria contínua (LiderA, 2009)

Na passagem da versão de 2005 para 2009, incluiu-se os custos no ciclo de vida (LCC) como novo parâmetro (Critério C40), embora na prática a sua aplicação seja focada apenas para uma fatia dos investimentos mais elevados com retorno interessante em anos posteriores, já que a obtenção sistemática de todos os custos por vezes é difícil.

Assim, a análise LCC é uma das componentes para assegurar a procura da sustentabilidade, facto que é confirmado pela escolha efectuada pelo sistema LiderA, ao considerar um critério que a aplique.

Capítulo 3 Análise LCC – Influência das soluções construtivas

3.1 Considerações iniciais

Durante a realização da pesquisa de materiais e soluções para a realização desta dissertação, tornou-se necessário definir certos parâmetros, como os que se referem de seguida.

Define-se que o objecto de estudo é um edifício localizado em Lisboa, não sujeito a ambientes marítimos, com mais de três pisos e pelo menos um piso de cave. Opta-se ainda por um período de estudo de 50 anos, que é sensivelmente equivalente à vida útil do edifício. O caso de estudo, a apresentar no capítulo 4, enquadra-se nestas linhas.

A abordagem à análise LCC concentra-se nas soluções relativas à fachada do edificado, tal como indicado no capítulo 1.

3.2 Exigências funcionais dos elementos construtivos

Antes da escolha de qualquer material ou componente, é necessária a definição da função e exigências a cumprir pelo elemento. Segundo Sá (2005), estas exigências ou requisitos, decorrem das solicitações a que os elementos estão sujeitos durante o seu período de vida e em condições normais de utilização.

A Directiva Europeia dos Produtos da Construção 89/106/CE estabelece condições para a livre circulação dos produtos da construção no Espaço Económico Europeu, utilizando, para o efeito, a Marcação CE. Este sistema de controlo de qualidade dos materiais a nível europeu define, para os produtos de construção em geral, seis Requisitos Essenciais:

- resistência mecânica e estabilidade;
- segurança contra incêndios;
- higiene, saúde e protecção do ambiente;
- segurança na utilização;
- protecção contra o ruído;
- isolamento térmico e economia de calor.

Estas exigências essenciais devem ser satisfeitas num prazo economicamente razoável o que introduz uma exigência adicional de durabilidade.

Brito (2007) menciona uma versão mais desenvolvida para paredes apresentada no Quadro 9.

Quadro 9 - Exigências funcionais de paredes (Brito, 2007)

Exigências de segurança	Segurança e estabilidade estrutural
	Segurança contra risco de incêndios
	Segurança contra intrusões
	Capacidade de permitirem suspensão de equipamentos pesados
Exigências de saúde e conforto	Conforto higrotérmico
	Conforto acústico
	Estanqueidade ao ar e água
	Conforto visual
	Conforto táctil
	Higiene
Exigências de economia	Custos iniciais
	Custos de exploração e manutenção
	Adaptabilidade e versatilidade
	Durabilidade e funcionalidade

A norma ITE25 (Lucas, 1990a) também refere uma versão mais detalhada para os revestimentos de parede apresentada no Quadro 10.

Quadro 10 - Exigências funcionais de revestimentos de parede (Lucas, 1990a)

Exigências de segurança	Exigências de estabilidade (estabilidade perante solicitações normais de uso e perante solicitações de ocorrência accidental)
	Exigências contra risco de incêndios (reação ao fogo e ação fisiológica)
	Exigências de segurança no uso (toxicidade e segurança no contacto)
Exigências de compatibilidade com o suporte	Exigências de compatibilidade geométrica
	Exigências de compatibilidade mecânica
	Exigências de compatibilidade química
Exigências de estanqueidade	Exigências de estanqueidade à água (da chuva e interior)
Exigências termo-higrométricas	Exigências de isolamento térmico
	Exigências de secura dos paramentos interiores (temperatura superficial interior)
Exigências de pureza do ar	
Exigências de conforto acústico	

Quadro 10 - Exigências funcionais de revestimentos de parede (Lucas, 1990a) (continuação)

Exigências de planeza	
Exigências de conforto visual	Exigências de verticalidade
	Exigências de rectidão das arestas
	Exigências de regularidade e de perfeição da superfície
	Exigências de homogeneidade de enodoamento pela poeira
Exigências de conforto táctil	Exigências de homogeneidade de cor e de brilho
	Exigências contra a aspereza dos paramentos
	Exigências contra a pegajosidade dos paramentos
Exigências de higiene	Exigências de resistência à limpeza
	Exigências contra a fixação de poeiras e micro-organismos
Exigências de adaptação à utilização normal	Exigências de resistência à limpeza
	Exigências de resistência a acções de choque e atrito
	Exigências de resistência à acção da água
	Exigências de aderência ao suporte
	Exigências de resistência à formação de nódoas de produtos químicos ou domésticos
	Exigências de resistência ao enodoamento pela poeira
Exigências de durabilidade	Exigências de resistência à suspensão de cargas
	Exigências de resistência aos agentes climáticos (calor, frio, água, luz e choques térmicos)
	Exigências de resistência aos produtos químicos do ar
	Exigências de resistência à erosão provocada pelas partículas sólidas em suspensão no ar
Exigências de facilidade de limpeza	Exigências de resistência à fixação e ao desenvolvimento de bolores
Exigências de aptidão para o armazenamento	
Exigências de economia	

Segundo Gomes (2007), os requisitos técnicos essenciais para portas e janelas estão definidos no anexo ZA da norma europeia EN 14351-1:2006, enquadrada pela Directiva Europeia dos Produtos da Construção 89/106/CE, e são os que se apresentam no Quadro 11.

Quadro 11 - Exigências funcionais para portas e janelas (Gomes, 2007)

Resistência às acções do vento
Estanqueidade à água
Resistência mecânica e estabilidade
Protecção contra o ruído
Isolamento térmico
Propriedades relevantes para a radiação solar: factor solar e transmissão luminosa
Permeabilidade ao ar e ventilação
Emissão de substâncias perigosas
Durabilidade
Resistência ao fogo, impacto de balas e explosões
Resistência contra intrusão
Resistência a ciclos de abertura e fecho
Comportamento entre climas diferentes
Requisitos especiais relativos à segurança no uso

3.3 Soluções construtivas para fachada

O estudo das soluções construtivas para fachada é iniciado com a consideração do universo de soluções possíveis, eliminando-se, no entanto, soluções por diversos motivos, como por exemplo, as soluções de paredes de taipa e adobe, uma vez que não preenchem as exigências necessárias para a aplicação a um edifício deste tipo, ou vidro foto-energético, por não se ter conseguido obter valores de mercado ou quantificar os possíveis benefícios dessa solução.

Uma vez que o que está a ser avaliado é a fachada e não o interior do edifício, considera-se que o revestimento interior é igual para todas as soluções de parede, isto é, reboco interior pintado em todas as paredes, excepto na da cozinha que apresenta um revestimento cerâmico.

Na sequência da pré-selecção de soluções, opta-se por considerar os materiais/componentes de fachada que se apresentam nos Quadros 12 a 17 (soluções de revestimento de parede, de isolamento de parede, de alvenaria, de caixilharia, de envidraçado e de sombreamento).

Quadro 12 - Soluções de revestimento de parede

Solução	Descrição
R1	Reboco exterior com 3 camadas – salpisco, emboço e reboco
R2	Reboco interior
R3	Reboco exterior armado (para sistema ETICS)
R4	Pintura exterior com 3 demãos
R5	Pintura interior com 3 demãos
R6	Revestimento interior em cerâmico (para cozinha)
R7	Revestimento exterior em placas de pedra natural

Quadro 13 - Soluções de isolamento de parede

Solução	Descrição
I1	XPS para interior de caixa de ar de paredes exteriores
I2	Cortiça para interior de caixa de ar de paredes exteriores
I3	Sistema ETICS com EPS
I4	Sistema ETICS com cortiça

Quadro 14 - Soluções de alvenaria

Solução	Descrição
A1	Alvenaria de tijolo furado
A2	Alvenaria de betão leve
A3	Alvenaria de betão normal
A4	Alvenaria de betão celular autoclavado

Quadro 15 - Soluções de caixilharia

Solução	Descrição
C1	Caixilharia em alumínio sem corte térmico
C2	Caixilharia em alumínio com corte térmico
C3	Caixilharia em PVC

Quadro 16 - Soluções de envidraçado

Solução	Descrição
V1	Vidro simples incolor 8 mm
V2	Vidro duplo incolor 4/12/4 mm com ar na caixa
V3	Vidro duplo incolor 4/16/4 mm com árgon na caixa
V4	Vidro duplo 4/16/4 mm com ar na caixa e vidro exterior de baixa emissividade

Quadro 17 - Soluções de sombreamento

Solução	Descrição
S1	Estore exterior em PVC
S2	Estore exterior em alumínio
S3	Portadas de alumínio

3.4 Manutenção

3.4.1 Vida útil de referência

Tal como referido, a previsão da útil é um aspecto de importância primordial para a definição dos planos de manutenção de um elemento.

A vida útil de referência corresponde à vida útil esperada em condições normais de utilização, sendo diferenciada para as várias componentes da fachada (como alvenaria, isolamento, revestimentos, caixilharia, envidraçado e sombreamento).

Vários autores já trataram este tema e os resultados obtidos pelos mesmos, em anos, são apresentados nos Quadros 18 a 22.

Quadro 18 - Vida útil de referência de paredes

	RICS		BS 7543		ASTM		HAPM	
	(2001)		(2003)		(2004)		(1999)	
	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Médio
Parede de tijolo furado	47	126	-	-	20	40	-	-
Parede de betão	-	-	20	30	20	40	35	-

Quadro 19 - Vida útil de referência de sistema ETICS

	Falorca (2004)	Abalada (2008), Lopes (2005), Lucas (1990)
Sistema ETICS	35	30

Quadro 20 - Vida útil de referência de revestimentos

	RICS (2001)		BS 7543 (2003)		ASTM (2004)		HAPM (1999)	Shohet e Paciuk (2004)		Barbosa (2009)	Flores (2002)	Silva (2009)
	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Min	Máx			
Reboco	33	81	-	-	20	40	35	-	-	35	20	-
Pintura	-	-	-	-	4	10	-	-	-	-	7	-
Revestimento cerâmico	27	57	-	-	-	-	-	24	29	-	25	-
Revestimento de pedra natural	-	-	50	70	20	60	35	-	-	40	40	67

Quadro 21 - Vida útil de referência de vãos envidraçados

	RICS (2001)		BS 7543 (2003)		ASTM (2004)		BFCLM (1999)	Barbosa (2009)	Flores-Colen (2006)		Gomes (2007)
	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx			Min	Máx	
Caixilharia de alumínio	28	58	-	-	20	25	25	36	20	35	50
Caixilharia de PVC	26	49	-	-	20	25	25	30	-	-	50
Vidro	-	-	-	-	20	40	-	30	10	35	20
Vedantes	-	-	5	20	3	10	-	10	-	-	10

Quadro 22 - Vida útil de referência de cantaria e guardas

	RICS (2001)		BS 7543 (2003)		Barbosa (2009)
	Min	Máx	Min	Máx	
Cantaria	-	-	50	70	60
Guardas	17	40	-	-	-

3.4.2 Anomalias

A redução da vida útil e a manutenção decorrem das condições e agentes a que o edificado e a sua fachada se encontram sujeitos, pelo que a necessidade de intervenção (e os custos associados) decorrem também do aparecimento de anomalias.

As anomalias podem estar associadas à ausência de manutenção, ao uso, à idade da componente, entre outras.

De seguida, apresentam-se os Quadros 23 a 28 com as anomalias de possíveis componentes de uma fachada, abrangendo vãos envidraçados, rebocos, tintas plásticas, revestimentos de pedra, ETICS e revestimentos cerâmicos.

Quadro 23 - Anomalias de vãos envidraçados (Gomes, 2007 adaptado de ASEFAVE, 2004)

Variação de juntas de dilatação
Rotura de vidros
Perda de brilho e riscos nos vidros
Deterioração da junta de estanqueidade exterior
Falta de aderência na junta de estanqueidade exterior
Perda de estanqueidade do conjunto
Rotura de ferragens (fechos, dobradiças, maçanetas)

Quadro 24 - Anomalias de rebocos (Flores, 2002⁽¹⁾, Brito, 2004⁽²⁾ e Gaspar, 2002⁽³⁾)

Humidade ⁽²⁾⁽³⁾
Fendilhação/fissuração ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾
Eflorescências e criptoflorescências ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾
Biodeterioração ⁽¹⁾⁽²⁾
Perda de aderência ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾
Perda de coesão ou desagregação ⁽²⁾⁽³⁾
Erosão ⁽²⁾
Empolamento ⁽¹⁾
Sujidade ⁽²⁾
Manchas e variação de tonalidade ⁽¹⁾⁽³⁾

Quadro 25 - Anomalias de tintas plásticas (Flores, 2002)

Perda de aderência com conseqüente empolamento, fissuração e escamação
Fissuração
Degradação do aspecto, das cores e do tom

Quadro 26 - Anomalias dos revestimentos de pedra (Silva, 2009⁽¹⁾, Brito, 2004⁽²⁾ e Flores, 2002⁽³⁾)

Eflorescências/criptoflorescências (1)(2)
Manchas localizadas, sujidade superficial e alteração cromática (1)(2)(3)
Contaminação biológica (fungos, ...) (1)
Deficiências de planeza (1)(2)(3)
Deterioração das juntas (1)(3)
Fracturação/fissuração (1)(2)(3)
Degradação da pedra e fixações (1)(2)
Descolamento (1)(2)(3)
Lacuna parcial e lascagem do elemento pétreo (1)
Desprendimento (perda de fixação e queda) (2)

Quadro 27 - Anomalias do sistema ETICS (Lucas, 1990⁽¹⁾, Maxit, 2002⁽²⁾ e Falorca, 2004⁽³⁾)

Descolamento (generalizado ou parcial) e queda do sistema (1)(2)(3)
Perfuração do sistema (1)(3)
Deficiência de planeza do sistema (1)(3)
Fissuração do revestimento (1)(2)(3)
Visualização através do revestimento das juntas entre placas do isolante (1)(3)
Destacamento e/ou empolamento do reboco ou do revestimento final (2)
Alteração de cor das superfícies, textura, manchas, irregularidades (3)
Infiltrações através do sistema (2)(3)
Empolamento das placas (3)
Vegetação parasitária (3)

Quadro 28 - Anomalias dos revestimentos cerâmicos (Lucas, 2001⁽¹⁾, Sousa, 2008⁽²⁾, Brito, 2004⁽³⁾ e Flores, 2002⁽⁴⁾)

Sujidade superficial (1)(2)(3)
Alteração da cor ou brilho (1)(2)(3)
Crescimento biológico (1)(2)
Enodoamento (1)(2)(3)
Riscagem ou desgaste (1)(2)(3)
Escamação (1)(2)(3)
Esmagamento ou lascagem dos bordos (1)(2)(3)
Fissuração do vidrado (1)(2)(3)
Eflorescências (1)(2)(3)
Descolamento (1)(2)(3)(4)
Fendilhação/Fissuração (1)(2)(3)(4)
Deterioração das juntas (1)(2)(3)

Anomalias das alvenarias

As anomalias das alvenarias (nomeadamente tijolo) estão essencialmente relacionadas com problemas estruturais como fissurações e esmagamento (Brito e Flores, 2004). As anomalias de cariz estrutural não podem ser resolvidas com manutenção, pelo que não são consideradas neste estudo.

As restantes anomalias das alvenarias (nomeadamente humidades e eflorescências) estão, em geral, associadas a anomalias provenientes dos revestimentos de parede pelo que devem ser resolvidas na sua fonte.

As causas das anomalias são muito variadas e têm diferentes reflexos, não sendo objecto de estudo nesta dissertação.

A manutenção preventiva não tem em conta todas as possibilidades de ocorrência de anomalias, pelo que os custos de manutenção aumentam com a ocorrência de anomalias não previstas no plano de manutenção.

3.4.3 Planos de manutenção preventiva

Uma vez que o propósito desta dissertação não é o estudo da vida útil de um edifício nem dos seus modos de degradação, os planos de manutenção aplicados baseiam-se primeiramente em estudos de manutenção já realizados dos elementos a considerar e, apenas em casos de inexistência de dados relativamente a este aspecto, se aplica o método factorial.

Um exemplo de um estudo de manutenção é o realizado por Flores (2002) que aplica as seguintes estratégias de manutenção preventiva a diferentes revestimentos de fachada:

- ✓ Estratégia 0 – sem manutenção;
- ✓ Estratégia 1 – limpeza a cada 1/4 da vida útil inicialmente prevista;

- ✓ Estratégia 2 – com reparações ligeiras (10%) a cada 1/3 da vida útil inicialmente prevista e limpeza;
- ✓ Estratégia 3 – com reparação pesada (35%) a 2/3 da vida útil inicialmente prevista e limpeza.

A estratégia final é definida através da relação entre a variação da vida útil e a variação dos custos que tal estratégia implica, para um determinado nível mínimo de qualidade de desempenho do material.

3.4.3.1 Rebocos

Segundo Flores (2002), o melhor plano de manutenção preventiva de reboco de parede exterior monocamada corresponde a recorrer a reparações ligeiras a cada 1/3 da vida útil inicialmente prevista e limpeza, alargando a vida útil estimada para 40 anos.

Perret (1995) propõe uma vida útil de 30 anos para o reboco, com limpeza semestral, picagem de 30% bienal e substituição aos 30 anos.

Dado não ter sido possível obter um plano de manutenção específico para reboco com 3 camadas, considera-se que as características de manutenção e vida útil do reboco monocamada são semelhantes às do reboco com três camadas e, assim, o plano a adoptar para reboco de parede exterior é de reparação de 10% do reboco e limpeza a cada 5 anos com substituição total aos 30 anos.

Não havendo dados relativos ao reboco de parede interior e tendo em conta que não está sujeito ao mesmo tipo de acções do que o reboco de parede exterior, opta-se por considerar que o plano de manutenção é de limpeza de 5 em 5 anos e reparação de 5% a cada 10 anos, sem qualquer substituição total antes de atingir os 50 anos do período de estudo.

3.4.3.2 Revestimento de pedra natural

Segundo Flores (2002), o melhor plano de manutenção preventiva do revestimento de pedra corresponde a recorrer a uma reparação pesada a 2/3 da vida útil inicialmente prevista e limpeza periódica com jacto de água, alargando a vida útil estimada para 44 anos. Outro plano possível apresentado corresponderia a recorrer a reparações ligeiras a cada 1/3 da vida útil inicialmente prevista e limpeza prolongando a vida útil estimada para 80 anos.

Segundo Silva (2009), o revestimento de pedra pode durar até 67 anos recorrendo a limpezas de 5 em 5 anos e reparações maiores cíclicas de 20 em 20 anos.

Segundo Barbosa (2009), este tipo de revestimento pode durar até 60 anos, com limpezas de 10 em 10 anos.

Testando dois planos semelhantes aos apresentados por Flores (2002), referidos anteriormente, para o período de estudo considerado, conclui-se que a hipótese de reparação pesada resulta em menores custos de manutenção durante o período de estudo.

O plano a adoptar é então de reparação de 35% do revestimento de pedra a cada 20 anos, com limpeza de 5 em 5 anos, sem qualquer substituição total antes de atingir os 50 anos do período de estudo.

3.4.3.3 Revestimento cerâmico

Segundo Flores (2002), o melhor plano de manutenção preventivo do revestimento cerâmico corresponde a recorrer a uma reparação pesada a 2/3 da vida útil inicialmente prevista e limpeza periódica com jacto de água, alargando a vida útil estimada para 28 anos. Outro plano possível apresentado corresponderia a recorrer a reparações ligeiras a cada 1/3 da vida útil inicialmente prevista e limpeza prolongando a vida útil estimada para 50 anos.

Testando dois planos semelhantes aos apresentados por Flores (2002), referidos anteriormente, para o período de estudo considerado, concluí-se que a hipótese de reparação ligeira resulta em menores custos de manutenção durante o período de estudo.

O plano a adoptar para um chão de varanda em revestimento cerâmico é de limpeza mensal com reparação de 10% do revestimento cerâmico a cada 5 anos, sem qualquer substituição total antes de atingir os 50 anos do período de estudo.

Não havendo dados relativos ao revestimento cerâmico de parede interior e tendo em conta que não está sujeito ao mesmo tipo de acções do que o revestimento cerâmico de parede exterior, testam-se as seguintes hipóteses: 5% de reparação a cada 10 anos, sem qualquer substituição total antes de atingir os 50 anos do período de estudo; 20% de reparação aos 20 anos, sem qualquer substituição total antes de atingir os 50 anos do período de estudo, ambas incluindo limpeza bienal. Conclui-se que a primeira hipótese resulta em menores custos de manutenção durante o período de estudo, pelo que se opta por essa.

3.4.3.4 Sistema de ETICS

Segundo Lopes (2005), citando Lucas (1990), e Abalada (2008), o sistema de ETICS tem a duração de 30 anos. Abalada (2008) diz que, para tal duração, é necessária eventual manutenção da camada de acabamento. Já Lopes (2005) recomenda a renovação do revestimento de 10 em 10 anos e limpeza e pintura da superfície a cada 5 anos.

Maxit (2002) aconselha a substituição total do reboco armado a cada 10 anos, bem como a renovação periódica da pintura.

Segundo Falorca (2004), o revestimento ETICS poderá seguir as mesmas estratégias de manutenção apresentadas por Flores (2002) para os revestimentos exteriores, apresentando como a melhor opção para o caso dos ETICS, a reparação pesada.

Para a tomada de decisão, testam-se os seguintes planos:

- ✓ limpeza e pintura a cada 5 anos, substituição total do reboco armado a cada 10 anos e substituição de todo o sistema a cada 30 anos;
- ✓ limpeza e pintura a cada 5 anos, reparação pesada do sistema aos 20 anos e substituição de todo o sistema a cada 40 anos.

Não se sabendo avaliar qual das duas hipóteses se aproxima mais à realidade, opta-se pela mais económica, sendo essa a segunda hipótese.

O plano a adoptar para o sistema de ETICS com EPS ou cortiça é de limpeza e pintura a cada 5 anos, reparação pesada do sistema aos 20 anos e substituição de todo o sistema a cada 40 anos.

No caso de o sistema funcionar com revestimento de pedra, recorre-se ao plano apresentado anteriormente para o revestimento de pedra acrescido da substituição do isolamento a cada 30 anos.

3.4.3.5 Tinta

Segundo Flores (2002), sem manutenção a pintura de parede exterior dura 5 anos, sendo este o melhor plano de manutenção preventiva.

O plano a adoptar é de pintura exterior, após limpeza, de 5 em 5 anos.

Não havendo dados relativos à pintura de parede interior e tendo em conta que não está sujeito ao mesmo tipo de acções que a pintura de parede exterior, opta-se por considerar que o plano de manutenção é de pintura de parede interior a cada 10 anos.

3.4.3.6 Vão envidraçado

Considera-se que a caixilharia metálica é do tipo anodizado para evitar ter que a pintar ao longo da sua vida útil.

Segundo Barbosa (2009), a caixilharia de alumínio com e sem corte térmico dura cerca de 36 anos apenas com necessidade de limpeza semestral, enquanto a caixilharia de PVC dura cerca de 30 anos com necessidade de limpeza semestral e reparação a cada 5 anos. O vidro durará cerca de 30 anos apenas com necessidade de limpeza semestral.

Segundo Gomes (2007), tanto a caixilharia de alumínio com e sem corte térmico como a de PVC têm capacidade para durar cerca de 50 anos, recorrendo em todas ao seguinte plano:

- ✓ pequenos trabalhos de afinação e lubrificação de sistemas de ferragens anualmente;
- ✓ eventual substituição de panos de vidro e vedantes a cada 10 anos;
- ✓ eventual substituição de panos de vidro e vedantes e a mudança de elementos de ferragem a cada 20 anos.

A opinião de engenheiros com experiência em obra é de que qualquer caixilharia ronda a duração de 30 anos e que o PVC tem maior necessidade de manutenção do que o alumínio.

O plano a adoptar é de limpeza (lavagem e desengorduramento) semestral, afinação e lubrificação de ferragens anualmente, com eventual substituição de vedantes a cada 10 anos e de elementos de ferragem a cada 20 anos em todas as caixilhariças. Acresce que a caixilharia de PVC tem também outros cuidados de manutenção a cada 10 anos. Considera-se ainda que a substituição do vidro ocorre ao mesmo tempo do que a caixilharia aos 30 anos para o PVC e aos 36 anos para o alumínio.

3.4.3.7 Guarda metálica de varanda

Relativamente à guarda metálica, só foi possível apurar que a sua vida útil média de referência segundo RICS (2001) é de 28 anos, pelo que se aplica o método factorial para ter em conta uma manutenção que trouxesse uma melhoria de desempenho de 20%, pelo que:

$$\text{Vida útil esperada} = 28 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1,2 = 34 \text{ anos}$$

Considerando-se como manutenção correspondente:

- ✓ lixagem e pintura de 10 em 10 anos;
- ✓ reparação de fixações/soldaduras de 20 em 20 anos.

O plano a adoptar é de reparação de 35% de fixações/soldaduras de 20 em 20 anos, lixagem e pintura de 10 em 10 anos e substituição aos 34 anos.

3.4.3.8 Sombreamento

Não tendo sido possível obter dados relativamente aos sombreamentos, considera-se que, qualquer que seja o tipo de sombreamento, este é substituído quando o vão envidraçado também o for.

Como plano de manutenção para o estore de PVC com accionamento manual com fita e recolhedor, considera-se limpeza anual, bem como reparação de réguas partidas de 5 em 5 anos e substituição da fita de 2 em 2 anos.

Como plano de manutenção para o estore de alumínio com accionamento manual com fita e recolhedor, considera-se limpeza anual e substituição da fita de 2 em 2 anos.

Como plano de manutenção para a portada, considera-se limpeza anual e pintura de 10 em 10 anos.

3.5 Operação/utilização

Durante a fase de operação/utilização, uma fachada contribui para a acústica e térmica do edifício, bem como para a beleza arquitectónica e paisagística do mesmo. No entanto, em termos de custos de operação/utilização quantificáveis, a fachada só terá influência nos custos energéticos, dado que contribui para as necessidades energéticas do edifício.

As necessidades energéticas do apartamento são calculadas segundo o Decreto-lei nº 80/2006 de 4 de Abril – Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).

O consumo energético depende de factores como as características da fachada, a localização, a altitude, a orientação solar, o tipo de ventilação, a área de painéis solares (agora obrigatórios em edifícios novos segundo o Artigo 7º do RCCTE), o tipo de equipamento de aquecimento e o de arrefecimento ambiente, o tipo de equipamento de aquecimento de águas, entre outros.

Uma vez que o que se está a avaliar são as características da fachada (paredes e vãos envidraçados), considerou-se que as restantes variáveis se mantêm constantes.

Segundo o artigo 14º do RCCTE, as condições de conforto de referência são uma temperatura do ar de 20°C para a estação de aquecimento e uma temperatura do ar de 25°C e 50% de humidade relativa para a estação de arrefecimento.

Segundo o ponto 2 do artigo 4º do RCCTE, a caracterização do comportamento térmico do edifício é feita através da quantificação das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (Nic), das necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (Nvc) e das necessidades nominais anuais de energia para produção de águas quentes sanitárias (Nac), bem como as necessidades globais de energia primária (Ntc). Este cálculo pode apenas ser realizado para

uma fracção autónoma de cada vez, não devendo, nestas condições, exceder valores máximos admissíveis.

Tanto Nic como Nvc e Nac são dados em kWh/m².ano e Ntc é dado em kgep/m².ano, sendo

dado neste caso por:
$$Ntc = 0,1 \times \frac{Nic}{\eta_i} \times 0,29 + 0,1 \times \frac{Nvc}{\eta_v} \times 0,29 + Nac \times 0,086$$
 (8), onde η_i e η_v correspondem à eficiência dos sistemas de aquecimento e arrefecimento, respectivamente.

Uma vez que a fachada apenas contribui para a térmica do edifício, só terá influência nas necessidades e, conseqüentemente, nos custos de energia de aquecimento/arrefecimento do mesmo. Já que o valor Nac não é influenciado pela variação das características da fachada e é um dispositivo a gás, desprezou-se o seu valor no cálculo energético.

Dado que Nic e Nvc são ambas garantidas por dispositivos eléctricos, o valor final pretendido corresponderá a:

$$Necessidades\ energéticas = 0,1 \times \frac{Nic}{1} + 0,1 \times \frac{Nvc}{3} \text{ kWh/m}^2.\text{ano} \quad (9)$$

O valor obtido pode não representar necessariamente o consumo real dessa zona do edifício, já que, em geral, os seus ocupantes não impõem permanentemente situações exactamente iguais às de referência, podendo mesmo ocorrer diferenças substanciais por excesso ou por defeito entre as condições reais de funcionamento e as admitidas ou convencionadas como de referência para efeitos do RCCTE (ponto 1 do Anexo IV do RCCTE).

O que varia no cálculo energético de solução para solução de fachada é essencialmente:

- nas paredes, o seu coeficiente de transmissão térmica – U – que tem influência nas parcelas Nic e Nvc;
- nos vãos envidraçados, o seu coeficiente de transmissão térmica – U – e o factor solar da sua área envidraçada.

Por esta razão e uma vez que as necessidades energéticas só podem ser calculadas para uma solução de fachada completa de apenas um apartamento, a escolha das soluções a estudar mais aprofundadamente baseia-se no factor U, no campo do consumo energético. Por outras palavras, o melhor ou pior desempenho energético de uma solução pode inicialmente ser expeditamente identificado através do valor do coeficiente de transmissão térmica da solução – U (W/m²°C) ou das resistências térmicas dos materiais – R (m²°C/W).

Refere-se ainda que, para verificar a exigência do RCCTE, numa zona climática I1 (à qual Lisboa pertence), relativa ao valor do coeficiente de transmissão térmica, uma parede exterior em zona corrente tem de ter um U de valor inferior a 1,8 W/m²°C e, uma parede interior em zona corrente, um U de valor inferior a 2 W/m²°C, com excepção para sistemas especiais (solares passivos) de captação de energia solar para aquecimento do tipo paredes de armazenamento térmico (parede de Trombe), desde que orientados a Sul que não necessitam de verificar essa exigência.

3.6 Demolição ou reabilitação

No final da vida do edifício ou das suas componentes, a sua grande maioria apresenta como opções:

- a demolição indiferenciada e posterior colocação em aterro;
- a demolição selectiva com recuperação e subsequente reutilização (se a vida útil do edifício já tiver acabado, mas a da componente não), reciclagem ou aproveitamento do material para outro tipo de funcionalidade;
- a reabilitação do edifício.

Em termos de demolição, a demolição selectiva é efectivamente mais morosa complexa e, conseqüentemente, mais onerosa do que a demolição indiferenciada. No entanto, o custo global de demolição também é condicionado por outros factores, nomeadamente, os encargos com o transporte e a deposição dos resíduos de demolição e os benefícios obtidos com a sua valorização (Lassandro, 2003 citado por Lourenço, 2007), isto é, o custo final de demolição depende, não só do custo de desconstrução, mas também de factores como a taxa de deposição em aterro (variável, podendo ir desde os 5,5 ao 129 euros/ton) e o valor de mercado de venda dos produtos recuperados (Coelho, 2010).

A reabilitação pode ser realizada a vários níveis, sendo uma forma fundamental de assegurar as condições de serviço e requisitos pretendidos pelos diferentes agentes, pelo que se torna necessário analisar, caso a caso, a tipologia de intervenção, bem como os seus custos associados (Pinheiro, 2010).

A demolição selectiva e a reabilitação apresentam claros benefícios ambientais que, no entanto, não são ainda passíveis de ser quantificados monetariamente.

A decisão é tomada baseada essencialmente nos custos associados que cada opção apresentar, sendo por vezes influenciada também pela sensibilidade do decisor e o seu sentido de responsabilidade para com o ambiente.

A demolição e a reabilitação devem ser incluídas na análise dos custos no ciclo de vida, merecendo, no entanto, ser objecto de estudo de uma tese específica, dada a sua complexidade, devido à variabilidade de cenários desta fase do ciclo de vida.

Capítulo 4 Aplicação ao caso de estudo

4.1 Descrição do caso de estudo

O caso de estudo é o projecto HEXA, que está a ser desenvolvido pelo Professor Manuel Pinheiro e a sua equipa do LiderA, como um dos casos ilustrativos de aplicação para o desenvolvimento de abordagens de sustentabilidade (incluindo a análise LCC). Consiste num quarteirão constituído por doze edifícios tipo aos quais foram aplicados os critérios do sistema LiderA (Figura 23).

O edifício tipo é constituído por seis pisos acima no nível do terreno e duas caves (pisos de estacionamento e arrumos). Cada piso, entre o 1º e o 5º andar é composto por dois apartamentos de habitação multifamiliar de tipologia T3, composto por três quartos, uma sala, uma cozinha e duas instalações sanitárias (Figuras 24, 25 e 26).



Figura 23 - Quarteirão tipo do projecto HEXA
(LiderA, 2010)



Figura 24 - Piso tipo de edifício do projecto HEXA
(LiderA, 2010)

Propõe-se estudar os custos do ciclo de vida da parte da fachada de um apartamento de um edifício entre paredes meeiras, isto é, que se situa entre outros dois (houve necessidade de definir qual o edifício já que edifícios juntos não devem ter isolamento pelo exterior na sua junção), mas que se considera inicialmente como isolado (para efeitos de cálculo energético), visto que a previsão será de construir inicialmente apenas um edifício.

Considera-se que a execução deste projecto se realiza num dos terrenos da Alta de Lisboa.



Figura 25 - Alçado principal do edifício (LiderA, 2010)



Figura 26 - Alçado de tardoz do edifício (LiderA, 2010)

Segundo o projecto, a fachada é caracterizada pelo seguinte:

- nos pisos superiores, a parte opaca da fachada é constituída por parede simples de alvenaria de tijolo com revestimento interior em reboco e isolamento pelo exterior (Figura 27);
- no piso térreo, o reboco armado é substituído por revestimento em pedra, dada a susceptibilidade do isolamento exterior ao impacto (Figura 27);
- parede de Trombe orientada a Sul;
- o tipo de caixilharia e de vidro podem ser variáveis (devendo o vidro ser duplo).

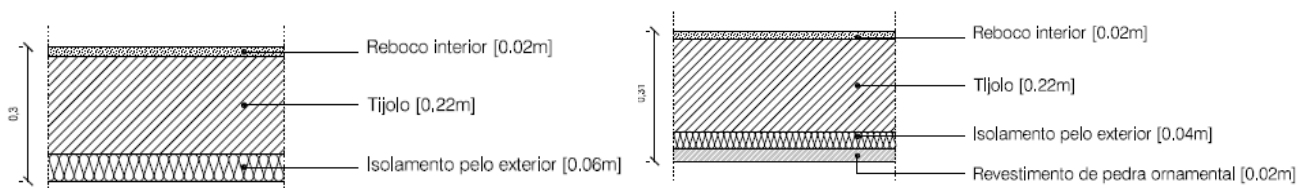


Figura 27 - Soluções de parede do projecto (LiderA, 2010)

Pretende-se neste estudo calcular os custos de construção, de manutenção e energéticos de várias soluções, comparando-as entre si.

Desprezam-se os custos de ciclo de vida de todos os elementos que não estejam directamente relacionados com a fachada, uma vez que não contribuem para a sua variação, não sendo objecto da análise.

4.2 Custos de construção e manutenção

Os custos de construção e manutenção aplicados nesta dissertação são obtidos essencialmente através de pesquisas de mercado, contactando empresas de construção, bem como fornecedores de materiais de construção. Recorre-se ainda ao gerador de preços do programa CYPE, o *software* para engenharia e construção da Top Informática. Sempre que se dispuser de valores de mercado reais, esses são utilizados em detrimento dos valores proporcionados pelo gerador de preços. Na utilização do gerador de preços, consideram-se os seguintes factores:

- localização: Lisboa
- superfície total construída: 2720 m²
- superfície do piso tipo: 340 m²
- número de pisos acima da rasante: 6
- número de pisos abaixo da rasante: 2
- acessibilidade: boa
- topografia: desníveis mínimos
- mercado: crescimento sustentado (normal)
- tipo de edificação: multifamiliar
- localização: isolada
- dificuldade de acesso: limitado
- armazenamento de materiais e entulhos: reduzido
- transporte de materiais: transporte manual
- grau de intervenção: parcial
- estado de conservação do edifício: razoável
- dificuldade de execução: moderada
- presença de utilizadores: presença ocasional

Naturalmente que existem diversos factores que influenciam os custos de construção, como:

- o facto de o custo de um dado material de construção variar consoante o fornecedor e a qualidade e quantidade do mesmo;
- o facto de o custo de mão-de-obra e equipamento de construção variar de construtora para construtora.

Neste estudo, através dos diversos orçamentos obtidos, escolhe-se um valor representativo do mercado.

4.3 Custos de operação/utilização

Dada a complexidade do cálculo energético e dada a obrigatoriedade de escolha de uma solução completa para este cálculo, já mencionada no capítulo anterior, refere-se que a metodologia utilizada para o cálculo apenas é aplicada a um conjunto de quatro soluções seleccionadas.

Numa fase inicial, as soluções construtivas são seleccionadas através do seu coeficiente de transmissão térmica, sendo depois realizado o cálculo apenas para essas segundo o RCCTE, obtendo-se a partir daí o valor das necessidades energéticas para aquecimento/arrefecimento ambiente para um apartamento em kWh/m².ano. Finalmente, o custo energético anual obtém-se multiplicando o valor anterior pela área de pavimento do apartamento em questão pelo custo do kWh, ficando com um valor em €/ano. Posteriormente, actualizam-se os custos anuais ao ano zero.

Como considerações para o cálculo energético, opta-se por um apartamento com paredes exteriores orientadas a Norte, Este e Sul, sendo que a Norte se encontra a cozinha e a Sul a sala.

Admite-se que o apartamento se localiza num dos pisos intermédios do edifício, isto é, não se localiza nem junto à cobertura nem junto ao solo.

Quadro 29 - Preço médio da energia eléctrica em Portugal em 2009 (de APDC, 2010 a partir de Eurostat e Direcção Geral de Electricidade e Geologia do Ministério da Economia)

	Consumo anual até 1000 kWh	Consumo anual entre 1000 e 2500 kWh	Consumo anual entre 2500 e 5000 kWh	Consumo anual entre 5000 e 15000 kWh	Consumo anual igual ou superior a 15000 kWh
Preço da electricidade sem impostos e taxas (€/kWh)	0,287	0,145	0,126	0,115	0,107

Admite-se ainda um consumo anual com valores a variar entre 5000 kWh e 15000 kWh para o apartamento em estudo, o que se traduz, segundo o Quadro 29, num custo médio do kWh de 0,115 €.

Considera-se, para efeitos de cálculo, segundo o ponto 6 do artigo 15º do RCCTE, que o sistema de aquecimento corresponde a uma resistência eléctrica de eficiência 1, o sistema de arrefecimento a uma máquina frigorífica com eficiência de 3 e o sistema de produção de água quente a um esquentador a gás natural com eficiência de 0,5. O RCCTE obriga também, no ponto 2 do artigo 7º, à existência de 1 m² de colectador solar por ocupante convencional previsto sempre que haja uma exposição solar adequada (neste caso, 4 m² por apartamento T3).

4.4 Custos de demolição ou reabilitação

Não são considerados custos de demolição, nem de reabilitação, já que estes ocorrem fora do período de estudo.

4.5 Outros aspectos a ter em conta

Para a realização desta dissertação, opta-se por desprezar o efeito da inflação e aplicar uma taxa de actualização real com *cashflows* a preços constantes.

As taxas de actualização consideradas podem ser muito variáveis. Como referência, Flores (2002) aplica 3,7%, Gomes (2007) 6%, Soares (2010) 7% e Limão (2007) 5% e 2%.

Nesta dissertação a taxa de actualização admitida é de 6%, para aplicação na análise LCC, valor da mesma ordem de grandeza dos aplicados noutras dissertações de mestrado e artigos relacionados com o tema.

Opta-se também por se utilizar apenas o método do Valor Actualizado Líquido por ser o método mais utilizado na comparação de diferentes alternativas. O VAL é calculado em relação ao ano zero, que corresponde à fase de projecto e construção do edifício.

4.6 Selecção/comparação das soluções

Inicia-se o estudo com a análise das soluções de alvenaria através do Quadro 30.

Quadro 30 - Soluções de alvenaria

Solução	Descrição	CC (€/m ²)	CM (€/m ²)	R (m ² °C/W)
A1	Alvenaria simples de tijolo furado 22 cm	14	0	0,52 ⁽¹⁾
A2	Alvenaria simples de betão celular 20 cm	33	0	1,1 ⁽²⁾
A3	Alvenaria simples de betão leve 20 cm	19	0	0,49 ⁽¹⁾
A4	Alvenaria simples de betão normal 20 cm	21	0	0,3

⁽¹⁾ Retirado de ITE 50 (Santos e Matias, 2006)

⁽²⁾ Retirado de ITE 54 (Santos e Rodrigues, 2009)

onde CC – Custo de Construção e CM – Custo de Manutenção.

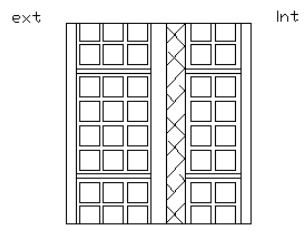
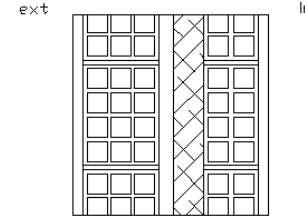
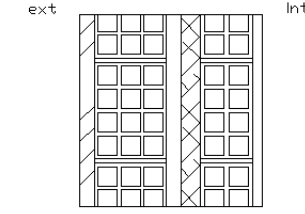
Sabendo que, quanto maior a resistência térmica, melhor é a solução de parede opaca em termos térmicos, verifica-se que as soluções de alvenaria com interesse para este estudo são A1, A2 e A3, sendo que os custos de construção associados à solução A1 são inferiores às restantes.

Aplicando A1 e A3 a uma solução de parede simples rebocada e pintada, tanto no exterior e no interior através da fórmula $U=1/(R_{si}+R_{se}+\sum R_j)$ (W/m²°C) (10), verifica-se que ambas as soluções chegam a um valor de 1,3 W/m²°C do coeficiente de transmissão térmica. Recorrendo ao mesmo cálculo para A2, obtém-se um valor de 0,8 W/m²°C.

Uma vez que a diferença em termos energéticos entre A1 e A3 é praticamente nula, elimina-se a solução com custo de construção superior, a solução A3.

Comparando o custo de construção das soluções A1 e A2, verifica-se que o custo de construção de A2 é superior ao dobro do de A1 e que A2 tem uma resistência térmica superior à de A1. Tendo em conta que, neste caso, a contribuição do consumo energético para os custos do ciclo de vida da fachada se traduz numa fatia inferior à dos custos de construção, opta-se por utilizar alvenaria de tijolo nas soluções de parede a estudar que são apresentadas no Quadro 31.

Quadro 31 - Soluções de parede

Solução	Desenho	Descrição dos constituintes	CC (€/m ²)	CM act. ano 0 (€/m ²)	U (W/m ² °C)	CC + CM (€/m ²)
P1		Pintura exterior				
		Reboco exterior 2 cm				
		Alvenaria dupla de tijolo furado 15+11 cm	58	41	0,47	99
		Isolamento XPS 4 cm na caixa de ar				
		Reboco interior 2 cm				
		Pintura interior				
P2		Pintura exterior				
		Reboco exterior 2 cm				
		Alvenaria dupla de tijolo furado 15+11 cm	63	41	0,42	104
		Isolamento cortiça 6 cm na caixa de ar				
		Reboco interior 2 cm				
		Pintura interior				
P3		Revestimento exterior aderente em pedra 3 cm				
		Alvenaria dupla de tijolo furado 15+11 cm				
		Isolamento XPS 4 cm na caixa de ar	119	32	0,47	151
		Reboco interior 2 cm				
		Pintura interior				

Solução	Desenho	Descrição dos constituintes	CC (€/m²)	CM act. ano 0 (€/m²)	U (W/m²°C)	CC + CM (€/m²)
P4		Isolamento exterior em ETICS com EPS 6 cm	62	36	0,45	98
		e reboco armado				
		Alvenaria simples de tijolo furado 22 cm				
		Reboco interior 2 cm				
P5		Isolamento exterior em ETICS com	69	37	0,47	106
		cortiça 6 cm e reboco armado				
		Alvenaria simples de tijolo furado 22 cm				
		Reboco interior 2 cm				
P6		Isolamento exterior em ETICS com EPS 6 cm	124	40	0,50	164
		e revestimento exterior não aderente em pedra				
		Alvenaria simples de tijolo furado 22 cm				
		Reboco interior 2 cm				
P7		Caixilharia de alumínio com vidro duplo	160	56	1,72	216
		Caixa de ar				
		Parede de betão 20 cm				
		Reboco 2 cm e Pintura interior				
		(Parede de Trombe)				

onde CC – Custo de Construção e CM act. ano 0 – Custo de Manutenção actualizado ao ano zero.

Verifica-se que a solução P1 é a solução de parede de fachada que apresenta o menor custo de construção, enquanto a solução P3 é a que apresenta menor custo de manutenção.

Todas as soluções verificam a condição imposta pelo Decreto-Lei nº 80/2006 (RCCTE) para o valor máximo do coeficiente de transmissão térmica de $1,8 \text{ W/m}^2\text{°C}$.

A solução com menor coeficiente de transmissão térmica U é a solução P2.

Já aqui se começam a verificar as vantagens da análise LCC quando se comparam as soluções P1 e P4, mesmo sem ter em conta a componente energética. Conclui-se que, apesar de P1 ter um custo de construção inferior, P4 apresenta um custo de manutenção inferior a P1 o suficiente para, no conjunto da construção e manutenção, ser a melhor solução.

As soluções que aplicam o isolamento de cortiça são consideradas como mais sustentáveis (já que introduzem a utilização de elementos de origem natural, reduzindo os seus impactes) do que as que aplicam isolamento de XPS ou EPS. Considera-se ainda que, quanto maior a contribuição da solução de parede para a redução de custos energéticos, mais sustentável será a solução.

Deve ainda ter-se em conta os seguintes factos:

- Não se deve colocar isolamento pelo exterior numa parede de fachada onde será posteriormente construído outro edifício adjacente;
- Dada a susceptibilidade do sistema de isolamento exterior ETICS com reboco armado a acções de choque, não deverá ser colocado ao nível do piso térreo. Para manter o tipo de sistema de isolamento, este deve ser revestido com pedra;
- Uma solução de Parede de Trombe deve apenas ser aplicada numa fachada com exposição solar a Sul e com dimensão adequada às necessidades de aquecimento e arrefecimento do apartamento.

Relativamente aos vãos envidraçados, começa-se por apresentar o Quadro 32.

Quadro 32 - Soluções de caixilharia

Solução	Descrição dos constituintes	CC de 1 janela com 1,2 mx1,5 m (€)	CM act. ano 0 (€)	U (W/m ² C)	CC + CM (€)
C1	Caixilharia de alumínio de correr				
	1,2 mx1,5 m	375	112	3,9 ⁽¹⁾	487
	Vidro Duplo 4/12/4 mm				
C2	Caixilharia de alumínio com corte				
	térmico de correr 1,2 mx1,5 m	465	123	3,1 ⁽¹⁾	588
	Vidro Duplo 4/12/4 mm				
C3	Caixilharia de PVC de correr				
	1,2 mx1,5 m	435	226	2,7 ⁽¹⁾	661
	Vidro Duplo 4/12/4 mm				

⁽¹⁾Valores de U para vão envidraçado com cortina opaca, já que o edifício é do tipo habitacional e tem ocupação nocturna

Todas as soluções de caixilharia apresentam um coeficiente de transmissão térmica igual ou inferior ao valor de referência adoptado pelo RCCTE que, para zona climática I1, é de 4,2 W/m²°C para vãos envidraçados com protecção nocturna e de 5,8 W/m²°C para vãos envidraçados sem protecção nocturna.

Considera-se que a solução C1 apresenta um U que não responde adequadamente às exigências de habitabilidade, nomeadamente de conforto higrotérmico, pelo que se despreza essa solução.

A solução C2 apresenta maior custo de construção do que a solução C3, mas menor custo de manutenção. Somando os valores do custo de construção e manutenção para as duas soluções, verifica-se que a C2 apresenta o menor custo somado. Em termos térmicos, a solução C3 é melhor que a C2.

No entanto, apesar de a solução C3 aparentar ser globalmente uma boa opção, a maioria das empresas de construção, engenheiros e arquitectos consultados, por experiência, desaconselham a sua aplicação afirmando que apresenta em fase de utilização muitos problemas imprevistos, razão pela qual se opta por considerar a solução C2 doravante.

Para a caixilharia de alumínio com corte térmico, consideram-se os tipos de vidro que se apresentam no Quadro 33.

Quadro 33 - Soluções de vidro

Solução	Descrição dos constituintes	CC de 1 janela com 1,2 mx1,5 m (€)	CM act. ano 0 (€)	U (W/m ² °C)	FS	CC + CM (€)
V1	Caixilharia de alumínio com corte térmico de correr 1,2 mx1,5 m	447	121	4,5 ⁽¹⁾	0,85 ⁽²⁾	568
	Vidro Simples 8 mm					
V2	Caixilharia de alumínio com corte térmico de correr 1,2 mx1,5 m	465	123	3,1 ⁽¹⁾	0,75 ⁽²⁾	588
	Vidro Duplo 4/12/4 mm ar na caixa					
V3	Caixilharia de alumínio com corte térmico de correr 1,2 mx1,5 m	483	126	2,8 ⁽¹⁾	0,75 ⁽²⁾	609
	Vidro Duplo 4/16/4 mm árgon na caixa					
V4	Caixilharia de alumínio com corte térmico de correr 1,2 mx1,5 m	492	127	2,7 ⁽¹⁾	0,61 ⁽³⁾	619
	Vidro Duplo 4/16/4 mm baixo emissivo					

⁽¹⁾ Valores de U para vão envidraçado com cortina opaca, já que o edifício é do tipo habitacional e tem ocupação nocturna

⁽²⁾ Valores de Factor Solar do vidro de RCCTE (2006)

⁽³⁾ Valores de Factor Solar do vidro duplo baixo emissivo de ASHRAE (2001)

A solução V1 apresenta um coeficiente de transmissão térmica superior ao valor de referência adoptado pelo RCCTE que, para zona climática I1, é de 4,2 W/m²°C para vãos envidraçados com protecção nocturna, pelo que se considera desadequada para o estudo.

As soluções V2, V3 e V4 apresentam um aumento sucessivo de custo de construção e de manutenção e diminuição do seu coeficiente de transmissão térmica e factor solar, sendo todas elas opções válidas.

Em termos de soluções de sombreamento, consideram-se as apresentadas no Quadro 34.

Quadro 34 - Soluções de sombreamento

Solução	Descrição dos constituintes	CC de 1 janela com 1,2 mx1,5 m (€)	CM act. ano 0 (€)	U (W/m ² C)	FS	CC + CM (€)
S1	Caixilharia de alumínio com corte térnico de correr 1,2 mx1,5 m	465	123	3,1 ⁽¹⁾	0,75 ⁽²⁾	588
	Vidro Duplo 4/12/4 mm ar na caixa sem sombreamento					
S2	Caixilharia de alumínio com corte térnico de correr 1,2 mx1,5 m	530	209	2,6	0,75 ⁽²⁾	739
	Vidro Duplo 4/12/4mm ar na caixa com estore PVC pelo exterior					
S3	Caixilharia de alumínio com corte térnico de correr 1,2 mx1,5 m	545	207	2,6	0,75 ⁽²⁾	752
	Vidro Duplo 4/12/4 mm ar na caixa com estore alumínio pelo exterior					
S4	Caixilharia de alumínio com corte térnico de correr 1,2 mx1,5 m	825	231	2,6	0,75 ⁽²⁾	1056
	Vidro Duplo 4/12/4 mm ar na caixa com portadas de alumínio					

⁽¹⁾ Valores de U para vão envidraçado com cortina opaca, já que o edifício é do tipo habitacional e tem ocupação nocturna

⁽²⁾ Valores de Factor Solar do vidro de RCCTE (2006)

A solução S1 apresenta o menor custo de construção e manutenção, tendo no entanto um valor do coeficiente de transmissão térmica superior às restantes soluções.

As soluções S2, S3 e S4 têm todas o mesmo valor de coeficiente de transmissão térmica e factor solar, pelo que a solução mais adequada a escolher é a que apresentar o menor custo de construção e manutenção, sendo representada pela solução S2.

A partir do apresentado nas tabelas anteriores formam-se quatro soluções de fachada a estudar mais aprofundadamente, sendo elas: solução de referência (Quadro 35), solução melhorada (Quadro 36), solução de elevado desempenho 1 (Quadro 37) e solução de elevado desempenho 2 (Quadro 38).

Quadro 35 - Constituição da solução de referência

Solução de referência
Parede de alvenaria de tijolo duplo 15+11 cm com 4 cm de XPS na caixa de ar, rebocada e pintada tanto pelo exterior como pelo interior, excepto na cozinha
Parede de alvenaria de tijolo duplo 15+11 cm com 4 cm de XPS na caixa de ar, rebocada e pintada pelo exterior e revestimento interior cerâmico na cozinha, localizada a Norte
Caixilharia de alumínio com corte térmico, com vidro duplo 4/12/4 mm e estore de PVC pelo exterior em todos os vãos envidraçados
Guarda metálica em L na varanda a Sul
Peitoris em cantaria

Quadro 36 - Constituição da solução melhorada

Solução melhorada
Parede de tijolo simples 22 cm com revestimento em ETICS 6 cm de EPS, reboco armado e pintado e reboco e pintura interior a Norte e a Sul, excepto na cozinha
Parede de tijolo simples 22 cm com revestimento em ETICS 6 cm de EPS, reboco armado e pintado e revestimento interior cerâmico na cozinha, localizada a Norte
Parede de alvenaria de tijolo duplo 15+11 cm com 4 cm de XPS na caixa de ar, rebocada e pintada tanto pelo exterior como pelo interior a Este
Caixilharia de alumínio com corte térmico, com vidro duplo 4/12/4 mm e estore de PVC pelo exterior em todos os vãos envidraçados
Guarda metálica em L na varanda a Sul
Peitoris em cantaria

Quadro 37 - Constituição da solução de elevado desempenho 1

Solução de elevado desempenho 1

Parede de Trombe em parte da parede opaca a Sul

Parede de tijolo simples 22 cm com revestimento em ETICS 6 cm de cortiça, reboco armado e pintado e reboco e pintura interior a Norte e a Sul, excepto na cozinha e parede de Trombe

Parede de tijolo simples 22 cm com revestimento em ETICS 6 cm de cortiça, reboco armado e pintado e revestimento interior cerâmico na cozinha, localizada a Norte

Parede de alvenaria de tijolo duplo 15+11 cm com 6 cm de cortiça na caixa de ar, rebocada e pintada tanto pelo exterior como pelo interior a Este

Caixilharia de alumínio com corte térmico, com vidro duplo 4/16/4 mm baixo emissivo e estore de PVC pelo exterior em todos os vãos envidraçados

Guarda metálica em L na varanda a Sul

Peitoris em cantaria

Quadro 38 - Constituição da solução de elevado desempenho 2

Solução de elevado desempenho 2

Parede de Trombe em parte da parede opaca a Sul;

Parede de tijolo simples 22 cm com revestimento em ETICS 6 cm de cortiça, reboco armado e pintado e reboco e pintura interior a Norte e a Sul, excepto na cozinha e parede de Trombe

Parede de tijolo simples 22 cm com revestimento em ETICS 6 cm de cortiça, reboco armado e pintado e revestimento interior cerâmico na cozinha, localizada a Norte

Parede de alvenaria de tijolo duplo 15+11 cm com 6 cm de cortiça na caixa de ar, rebocada e pintada tanto pelo exterior como pelo interior a Este

Caixilharia de alumínio com corte térmico, com vidro duplo 4/12/4 mm e estore de PVC pelo exterior em todos os vãos envidraçados

Guarda metálica em L na varanda a Sul

Peitoris em cantaria

O Quadro 39 apresenta todos os custos associados à fachada do apartamento em estudo.

Quadro 39 - Custos do ciclo de vida da fachada de um apartamento para um período de estudo de 50 anos

Solução	CC (€)	CM act. ano 0 (€)	Necessidades	CE act. ano 0 (€)	VAL (€)
			energéticas (kWh/ano)		
Referência	13021	5557	418	758	19336
Melhorada	13293	5332	382	693	19318
Elevado Desempenho 1	15429	5623	374	678	21730
Elevado Desempenho 2	15173	5591	371	672	21436

onde CC – Custo de Construção, CM act. ano 0 – Custo de Manutenção actualizado ao ano zero e CE act. ano 0 – Custo Energético actualizado ao ano zero.

A solução de referência apresenta o menor custo de construção. No entanto, a solução com menor custo de manutenção é a solução melhorada, e com menor custo energético é a solução de elevado desempenho 2. Globalmente, a melhor solução é a solução melhorada.

Comparando a solução de referência com a solução melhorada, constata-se que, apesar de a solução melhorada apresentar um custo de construção significativamente maior, as reduções que tal implica no consumo energético do apartamento e em questões de manutenção durante o período de estudo compensam o acréscimo de custo inicial, evidenciando as potencialidades de uma análise LCC.

Comparando a solução de elevado desempenho 1 com a solução de elevado desempenho 2, verifica-se que nem sempre a escolha de um vão envidraçado com menor U e menor factor solar se justifica. Tal deve-se à orientação dos vãos envidraçados bem como à sua área, isto é, se a distribuição dos vãos envidraçados fosse diferente e/ou se a sua área (em relação à parte opaca da fachada) fosse superior, seria possível que a solução de elevado desempenho 1 fosse globalmente melhor que a solução de elevado desempenho 2.

Comparando a solução de referência com a solução de elevado desempenho 2, observa-se que, neste caso, a redução de consumo energético não é suficiente para compensar o acréscimo de custo de construção e manutenção.

No entanto, a variação do valor do VAL entre a solução melhorada e a solução de referência é da ordem de 0,1%, ou seja, é muito reduzida. Já entre a solução melhorada e a solução de elevado desempenho 1, a variação é da ordem de 12,5%.

Com base nestes casos, pode concluir-se que a melhor solução em termos de custos iniciais de investimento pode não ser a melhor solução quando analisada em termos dos seus custos do ciclo de vida, veja-se o caso da solução melhorada face à solução de referência, pelo que se torna importante fazer este tipo de análise de LCC.

Capítulo 5 Análise de sensibilidade, discussão de evidências e limitações

5.1 Análise de sensibilidade

5.1.1 Solução de referência sem manutenção

Para verificar o efeito da manutenção no estudo, opta-se por fazer o cálculo dos custos do ciclo de vida da solução de referência para uma situação de inexistência de manutenção, tendo-se obtido os resultados apresentados no Quadro 40.

Quadro 40 - Custos do ciclo de vida da fachada de um apartamento com e sem manutenção

Solução	CC (€)	CM/substituição	Necessidades	CE act. ano 0 (€)	VAL (€)
		act. ano 0(€)	energéticas (kWh/ano)		
Referência	13021	5557	418	758	19336
Referência sem manutenção	13021	6349	418	758	20129

Verifica-se que a não realização de acções de manutenção conduz, neste caso, a um aumento do VAL de 4,1%, pelo que se conclui que, apesar dos seus elevados custos, a realização de operações de manutenção é indispensável, tanto para melhorar o desempenho e vida útil dos elementos como para reduzir os custos do ciclo de vida.

5.1.2 Aumento do custo do kWh

Uma vez que os recursos naturais estão cada vez mais escassos e tendo em conta que a maioria da energia produzida, nomeadamente a electricidade, ainda provem de combustíveis fósseis, é previsível que, num futuro próximo, o custo do kWh venha a aumentar significativamente.

Desta forma, no caso particular da energia eléctrica, se o custo do kWh duplicar, o valor dos custos associados a cada solução é o que se apresenta no Quadro 41, considerando que os custos de construção e manutenção não são afectados por esta variação.

Quadro 41 - Custos do ciclo de vida da fachada de um apartamento para duplicação do custo do kWh

Solução	CC (€)	CM act. ano 0 (€)	Necessidades energéticas (kWh/ano)	CE act. ano 0 (€)	VAL (€)
Referência	13021	5557	418	1516	20094
Melhorada	13293	5332	382	1386	20011
Elevado Desempenho 1	15429	5623	374	1356	22408
Elevado Desempenho 2	15173	5591	371	1344	22108

Conclui-se que a solução com menores custos do ciclo de vida continua a ser a solução melhorada, verificando-se, no entanto, um aumento da diferença dos custos totais entre soluções.

Independentemente do valor do aumento do custo do kWh, a solução de elevado desempenho 2 terá sempre menores custos do ciclo de vida do que a solução de elevado desempenho 1.

A solução de elevado desempenho 2 tem menores custos do ciclo de vida que a solução de referência se o custo do kWh aumentar aproximadamente 26 vezes.

A solução de elevado desempenho 2 só se torna economicamente mais interessante se o custo do kWh aumentar aproximadamente 102 vezes.

Deve, no entanto, ter-se em conta que tais resultados decorrem do facto de o RCCTE (2006) não considerar a parede de Trombe da forma mais correcta, não sabendo quantificar as vantagens deste tipo de parede, tal como de outros tipos de soluções passivas.

5.1.3 Alteração da zona climática

A título de exemplo, opta-se por experimentar modificar a localização do edifício para Bragança, alterando assim a zona climática, mas mantendo todas as outras considerações iniciais (fixando os custos de construção e manutenção). Os resultados obtidos são apresentados no Quadro 42.

Quadro 42 - Custos do ciclo de vida da fachada de um apartamento para localização em Bragança

Solução	CC (€)	CM act. ano 0 (€)	Necessidades		VAL (€)
			energéticas (kWh/ano)	CE act. ano 0 (€)	
Referência	13021	5557	1243	2253	20831
Melhorada	13293	5332	1153	2090	20715
Elevado Desempenho 1	15429	5623	1120	2030	23082
Elevado Desempenho 2	15173	5591	1110	2012	22776

Observa-se que a variação do valor do VAL entre a solução melhorada e a solução de referência é da ordem de 0,6%, sendo inferior a 1% e, portanto, reduzida. Já entre a solução melhorada e a solução de elevado desempenho 1 a variação é da ordem de 11,4%.

Conclui-se que a solução com menores custos do ciclo de vida continua a ser a solução melhorada, verificando-se, no entanto, um aumento da diferença dos custos totais entre soluções.

Assim, em localizações onde ocorrem situações térmicas extremas (temperaturas muito altas ou muito baixas...), é de considerar a adopção de soluções com melhor desempenho térmico.

5.1.4 Variação do período de estudo

Uma vez que, quanto maior o período de estudo, maior a incerteza associada aos parâmetros da análise LCC, opta-se por fazer o cálculo dos custos do ciclo de vida das soluções para um período de estudo de 25 anos, tendo-se obtido os resultados apresentados no Quadro 43.

Quadro 43 - Custos do ciclo de vida da fachada de um apartamento para um período de estudo de 25 anos

Solução	CC (€)	CM act. ano 0 (€)	Necessidades	CE act. ano 0 (€)	VAL (€)
			energéticas (kWh/ano)		
Referência	13021	3745	418	626	17392
Melhorada	13293	3610	382	562	17465
Elevado Desempenho 1	15429	3632	374	550	19611
Elevado Desempenho 2	15173	3632	371	545	19350

Verifica-se que, para um período de estudo de 25 anos, a solução que apresenta menores custos do ciclo de vida deixa de ser a solução melhorada, passando a ser a solução de referência.

Tal resultado é indicativo de que o período de estudo tem grande influência na análise LCC e, como tal, deve ser cuidadosamente escolhido.

5.1.5 Variação dos custos de construção

Para verificar o efeito dos custos de construção no estudo, opta-se por fazer o cálculo dos custos do ciclo de vida das soluções para um aumento de 5% dos custos de construção, bem como para uma diminuição de 5%, tendo-se obtido os resultados apresentados no Quadro 44.

Quadro 44 – Variação dos custos de construção da fachada de um apartamento

Solução	CC (€)	VAL (€)	CC+5% (€)	VAL _{cc+5%} (€)	CC-5% (€)	VAL _{cc-5%} (€)
Referência	13021	19336	13672	19987	12370	18685
Melhorada	13293	19318	13958	19983	12628	18653
Elevado Desempenho 1	15429	21730	16200	22501	14658	20959
Elevado Desempenho 2	15173	21436	15932	22195	14414	20677

A taxa de variação do VAL entre as soluções de referência e melhorada é de 0,1% na solução original, sendo aproximadamente 0% para um aumento de 5% dos custos de construção e 0,2% para uma diminuição de 5% dos custos de construção, não apresentando variações significativas. Tal deve-se ao facto de, devido a considerações realizadas na dissertação, como o valor da taxa de actualização, os custos de construção representarem uma percentagem muito elevada dos custos do ciclo de vida considerados.

5.1.6 Variação da taxa de actualização

Para verificar o efeito da taxa de actualização no estudo, opta-se por fazer o cálculo dos custos do ciclo de vida das soluções para uma taxa de actualização de 2%, tendo-se obtido os resultados apresentados no Quadro 45.

Quadro 45 - Custos do ciclo de vida da fachada de um apartamento para uma taxa de actualização de 2%

Solução	CC (€)	CM act. ano 0 (€)	Necessidades	CE act. ano 0 (€)	VAL (€)
			energéticas (kWh/ano)		
Referência	13021	13421	418	1512	27954
Melhorada	13293	13066	382	1381	27740
Elevado Desempenho 1	15429	14032	374	1352	30813
Elevado Desempenho 2	15173	13907	371	1340	30420

À semelhança da taxa de actualização de 6%, a solução de referência apresenta o menor custo de construção, a solução melhorada o menor custo de manutenção e a solução de elevado desempenho 2 o menor custo energético. Globalmente, a melhor solução continua a ser a solução melhorada.

Neste caso, a variação do valor do VAL entre a solução melhorada e a solução de referência é da ordem de 0,8%, continuando a ser um valor muito reduzido. Já entre a solução melhorada e a solução de elevado desempenho 1, a variação é da ordem de 11%.

No entanto, verifica-se um aumento de 42 a 45% do valor do VAL das soluções consideradas devido ao aumento da contribuição dos custos de manutenção e dos custos energéticos para os custos do ciclo de vida.

Conclui-se que quanto menor a taxa de actualização, maior será a influência dos custos futuros nos custos do ciclo de vida.

5.1.7 Variação da orientação e localização dentro do edifício

A variação da orientação do edifício pode introduzir variações de necessidades energéticas dos seus apartamentos, o mesmo acontecendo com a variação da localização do apartamento dentro do edifício.

Se se considerar um apartamento superior junto à cobertura, as necessidades energéticas são normalmente superiores às consideradas nas soluções iniciais. O mesmo pode ocorrer na situação de consideração de um piso em contacto com o terreno.

5.2 Discussão de evidências e limitações

As barreiras encontradas, nomeadamente a dificuldade de obtenção de informação fiável tanto acerca de custos, como de manutenção e de desempenho das soluções, são de difícil superação, já que a quantidade de informação a compilar é enorme e muito complexa, sendo necessário dispender muito tempo para a recolher, tal como referido por Ferry e Flanagan (1991). Qualquer custo considerado não é fixo, varia consoante o fornecedor, a quantidade, a qualidade, a localização da obra, entre outros. A variabilidade dos dados e a incerteza a si associada ainda torna este estudo mais complexo.

A manutenção ainda é um campo pouco estudado, pelo que os planos de manutenção provavelmente não têm a precisão necessária para a comparação das soluções. Além disso, por mais

precisos que sejam os planos, há sempre uma incerteza associada a todos os factores que levam à necessidade de manutenção por parte dos elementos considerados.

Quanto maior o período de estudo, mais complicado é de prever as necessidades de manutenção que um determinado elemento terá.

O desempenho dos materiais também é difícil de obter, especialmente porque varia de fabricante para fabricante, sendo difícil encontrar um valor representativo do leque de opções.

Muitos materiais e técnicas inovadoras não se encontram ainda no mercado, pelo que não é possível ter acesso ao seu custo, nem a algumas das suas propriedades e desempenho, não sendo portanto possível a sua integração numa análise LCC.

O RCCTE não é, por vezes, suficientemente preciso para diferenciar algumas soluções, como é o exemplo dos sombreamentos – estore de PVC e estore metálico –, com custos de construção e manutenção diferentes e desempenhos teoricamente diferentes.

O RCCTE não considera parede de Trombe da forma mais correcta, não sabendo quantificar as vantagens deste tipo de parede, tal como outros tipos de soluções passivas.

O RCCTE baseia a sua expressão de cálculo do Ntc nos dados estatísticos da altura em que terá sido publicado, isto é, só considera 10% das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_{ic}) e arrefecimento (N_{vc}), facto que é variável com o tempo e com o estilo de vida das sociedades.

O RCCTE não tem em conta o potencial aumento das necessidades energéticas face à perda de desempenho das soluções consideradas.

Uma vez que o consumo energético depende de diversos factores, no seu cálculo foi necessário admitir factores como a sua localização geográfica (Lisboa), zona climática, condição da envolvente (isolada) e localização dentro do edifício (apartamento em piso intermédio com paredes orientadas a Sul, Norte e Este), que, se se fizerem variar, implicam alterações de necessidades energéticas.

A análise LCC não considera os aspectos não tangíveis/quantificáveis/mensuráveis em termos de custos, como o conforto do utilizador ou o valor que um imóvel tem por ser mais “verde”, isto é, por não causar tanto impacto ambiental, ou o facto de um material ser ou não reciclado/reciclável e/ou natural.

Outro aspecto importante a considerar é a possibilidade de uma solução que seja a melhor hoje, não o ser amanhã, devido a:

- avanços tecnológicos;
- variação brusca dos preços (devido a escassez de recursos);
- melhoria do conhecimento de manutenção e consumo energético.

Em alguns casos, a percentagem de variação do valor do VAL entre soluções é tão pequena que, dado o grau de incerteza associado a este tipo de análise, poderá facilmente ser anulada, havendo margem para escolha de outras soluções.

A sustentabilidade e os custos do ciclo de vida de um edifício não se resumem à fachada. Devem também ser analisados em termos de custos: a restante envolvente (cobertura), as paredes interiores e restante recheio do edifício, os consumos de água e energia de iluminação e associada à utilização dos equipamentos das habitações, entre outras.

A análise LCC contribui para a análise de sustentabilidade, mas só em si não é suficiente, deve ser complementada por uma análise LCA (Life Cycle Assessment).

Finalmente, a análise LCC é uma metodologia que apresenta grande potencial, mas que, para ser aplicada em grande escala, ainda necessitará de mais estudo e desenvolvimentos, referidos no capítulo 6.

Capítulo 6 Conclusões e recomendações

Cada vez mais a sustentabilidade na construção tem vindo a ser procurada, pelo menos em teoria. Assim, a construção sustentável tenta compatibilizar as dimensões ambiental, social e económica em todas as fases do ciclo de vida de um edifício (planeamento, construção, operação, manutenção, reabilitação e demolição). A importância de compreender o desempenho ambiental de um edifício, de dispor dos custos ao longo do ciclo de vida do mesmo e as abordagens que podem congregiar estes aspectos constituem uma das áreas de investigação a desenvolver.

Neste contexto, surge o principal objectivo da dissertação: a análise dos custos do ciclo de vida, que tem como propósito otimizar os custos totais de um produto através da identificação e quantificação de todos os custos incorridos durante a vida do produto.

Para o efeito, realizou-se um levantamento dos principais conceitos e indicadores aplicáveis numa análise do ciclo de vida direccionada para o sector da construção.

Apesar de não haver qualquer metodologia ou legislação formal que apoie a análise dos custos do ciclo de vida, na maioria dos países europeus, têm sido publicados *standards*, guias e relatórios numa tentativa de incentivar a sua utilização.

A nível nacional, o processo mais aplicado continua a ser o da construção tradicional, isto é, tendo apenas em consideração os custos de projecto e construção. Uma vez que este tipo de abordagem não tem em conta os custos das outras fases do ciclo de vida do edifício, não se enquadra na metodologia LCC. No entanto, já há interesse pelo estudo da manutenção e da reabilitação, existindo diversas dissertações acerca do assunto.

As metodologias e abordagens adoptadas na construção, decorrem de mecanismos impositivos, nomeadamente, actualmente, só são adoptadas de forma alargada se forem impostas pela legislação, tanto governamental como local ou regional (Landgon, 2007a).

Num passo lógico da evolução da construção sustentável a nível nacional, surge o sistema LiderA (sistema de avaliação de sustentabilidade) que, na passagem da versão de 2005 para 2009, incluiu os custos no ciclo de vida (LCC) como novo parâmetro (Critério C40), embora na prática a sua aplicação seja focada apenas numa fatia dos investimentos mais elevados com retorno interessante em anos posteriores, já que a obtenção sistemática de todos os custos por vezes é difícil.

Assim, a análise LCC é uma das componentes para assegurar a procura da sustentabilidade, facto que é confirmado pela escolha efectuada pelo sistema LiderA, ao considerar um critério que a aplique.

Na dissertação, aplicou-se a análise do ciclo de vida à fachada de um edifício, pelo facto de esta ser responsável por uma parte significativa dos custos de construção de um edifício, bem como de manutenção (por se encontrar sujeita a maior degradação por acção de agentes externos) e energéticos (por influenciar directamente o desempenho térmico do edifício).

Desagregaram-se as soluções da fachada nas seguintes componentes: parede opaca – alvenaria, isolamento e revestimento – e vãos envidraçados – caixilharia, vidro e sombreamento – para as quais se realizaram pesquisas de mercado de custos de construção e manutenção e, analisaram as exigências funcionais, as vidas úteis, as anomalias, os planos de manutenção e o

desempenho de cada componente e toda a restante informação necessária à aplicação da análise dos custos do ciclo de vida.

Optou-se por aplicar o Valor Actualizado Líquido como único indicador nesta dissertação por ser o mais usualmente utilizado neste tipo de estudo, considerando, para o efeito, uma taxa de actualização real com *cashflows* a preços constantes.

Com base nos valores pesquisados, procedeu-se a uma análise expedita das componentes consideradas adequadas para aplicação ao caso de estudo, o projecto HEXA, que está a ser desenvolvido pela equipa do LiderA, como um dos casos ilustrativos de aplicação para o desenvolvimento de abordagens de sustentabilidade (incluindo a análise LCC).

De seguida, formaram-se quatro soluções finais de fachada (para aplicação num apartamento):

- solução de referência constituída essencialmente por: parede de alvenaria de tijolo duplo 15+11 cm com 4 cm de XPS na caixa de ar, rebocada e pintada tanto pelo exterior como pelo interior; caixilharia de alumínio com corte térmico, com vidro duplo 4/12/4 mm e estore de PVC pelo exterior em todos os vãos envidraçados;
- solução melhorada constituída essencialmente por: parede de tijolo simples 22 cm com revestimento em ETICS 6 cm de EPS, reboco armado e pintado e reboco e pintura interior a Norte e a Sul; parede de alvenaria de tijolo duplo 15+11 cm com 4 cm de XPS na caixa de ar, rebocada e pintada tanto pelo exterior como pelo interior a Este; caixilharia de alumínio com corte térmico, com vidro duplo 4/12/4 mm e estore de PVC pelo exterior em todos os vãos envidraçados;
- solução de elevado desempenho 1 constituída essencialmente por: parede de Trombe a Sul; parede de tijolo simples 22 cm com revestimento em ETICS 6 cm de cortiça, reboco armado e pintado e reboco e pintura interior a Norte e a Sul; parede de alvenaria de tijolo duplo 15+11 cm com 6 cm de cortiça na caixa de ar, rebocada e pintada tanto pelo exterior como pelo interior a Este; caixilharia de alumínio com corte térmico, com vidro duplo 4/16/4 mm baixo emissivo e estore de PVC pelo exterior em todos os vãos envidraçados;
- solução de elevado desempenho 2 constituída essencialmente por: parede de Trombe a Sul; parede de tijolo simples 22 cm com revestimento em ETICS 6 cm de cortiça, reboco armado e pintado e reboco e pintura interior a Norte e a Sul; parede de alvenaria de tijolo duplo 15+11 cm com 6 cm de cortiça na caixa de ar, rebocada e pintada tanto pelo exterior como pelo interior a Este; caixilharia de alumínio com corte térmico, com vidro duplo 4/12/4 mm e estore de PVC pelo exterior em todos os vãos envidraçados.

Comparando as quatro soluções finais, verificou-se que a solução com menor custo de construção era a solução de referência e que a solução com menores custos do ciclo de vida era a solução melhorada, apresentando menores custos de manutenção e energéticos do que a anterior.

No entanto, a variação do valor do VAL entre a solução melhorada e a solução de referência é da ordem de 0,1%, ou seja, muito reduzida. Já entre a solução melhorada e a solução de elevado desempenho 1 a variação é da ordem de 12,5% (a maior variação observada no trabalho).

Posteriormente, procedeu-se a uma análise de sensibilidade de alguns dos principais factores intervenientes na análise dos custos do ciclo de vida. Esta demonstrou a importância da realização de acções de manutenção, bem como da escolha de um período de estudo e taxa de actualização adequados. A não realização de acções de manutenção, para a solução de referência, introduz um aumento de 4,1% dos seus custos do ciclo de vida. Verifica-se que, para um período de estudo de 50 anos, a solução com menores custos do ciclo de vida é a solução melhorada mas, para um período de estudo de 25 anos, já é a solução de referência. Relativamente à taxa de actualização, verifica-se que quanto menor esta for, maior será a influência dos custos futuros nos custos do ciclo de vida.

Com base nos casos estudados, pode concluir-se que a melhor solução em termos de custos iniciais de investimento pode não ser a melhor solução quando analisada em termos dos seus custos do ciclo de vida, veja-se o caso da solução melhorada face à solução de referência, pelo que se torna relevante fazer este tipo de análise de LCC.

Se se analisarem os custos numa perspectiva equilibrada do seu ciclo de vida, mais do que pensar apenas no custo de investimento, percebe-se que a aplicação dos princípios de sustentabilidade à indústria da construção sem ignorar a componente económica é uma realidade alcançável e de extrema importância.

No entanto, apesar de apresentar grande potencial, necessita de mais estudo e desenvolvimento, uma vez que ainda apresenta muitos problemas, principalmente relacionados com a falta de quantidade e fiabilidade de informação relativa a todos os aspectos da análise LCC.

Finalmente, para que a análise LCC possa vir a ser bem sucedida, o mais premente é a produção de uma base de dados de custos, vidas úteis, desempenho de componentes, planos de manutenção de forma a tornar o estudo mais fiável e preciso. Sem este passo, a análise LCC nunca se poderá tornar numa metodologia de aplicação usual.

Será também conveniente no futuro, para colmatar limitações e aprofundar o conhecimento, realizar os seguintes estudos:

- criação de métodos que permitam a previsão da vida útil dos elementos com rigor;
- determinação de planos de manutenção mais precisos dos diversos componentes;
- determinação do acréscimo/decrécimo de necessidades energéticas de aquecimento e arrefecimento por perda ou ganho (através de acções de manutenção) de desempenho dos elementos construtivos;
- aplicação de uma metodologia que permita maior diferenciação dos elementos em termos energéticos e maior precisão no cálculo das necessidades energéticas de aquecimento e arrefecimento;
- estabelecimento de um método de cálculo energético adequado para as paredes de Trombe e outros elementos passivos;
- determinação dos períodos de estudo e taxas de actualização mais adequados para adopção numa análise LCC;
- procura de uma abordagem à análise LCC que permita a inclusão de custos não tangíveis no estudo;

- realização de estudo que precise os custos de LCC da reabilitação e outras opções de fim de vida.

Recomenda-se ainda a realização de acções de formação e divulgação junto das entidades envolvidas, para uma maior sensibilização das mesmas para a necessidade de consideração dos custos no ciclo de vida.

Referências bibliográficas

A

- Abalada, V. [2008]. “Aplicação de sistemas de isolamento térmico pelo exterior (ETICS)”. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade de Coimbra.
- Agenda 21. [1999]. “Agenda 21 on sustainable construction”. CIB. Report Publication 237.
- Al-Hajj, A. [1991]. “Simple cost-significant models for total life-cycle costing in buildings”. PhD Thesis. Department of Civil Engineering, the University Of Dundee.
- Andersen, T. e Brandt, E. [1999]. “The use of performance and durability data in assessment of life time serviceability”. 8th Int. Conference on Durability on Building Materials and Components – Service Life and Asset Management. Vancouver. pp. 1813 -1820.
- Ang, G.K.I. e Wyatt, D.P. [1999]. “Performance concept in procurement of durability and serviceability of buildings”. In 8th int. conference on durability of building materials and components, vol.1. Vancouver. pp. 1821-1832.
- APDC. [2010]. “Preço da electricidade em Portugal”, http://www.apdconsumo.pt/preco_Electricidade_Portugal.pdf – acedido em 2010-09-09
- ASEFAVE. [2004]. “Asociación Española de Fabricantes de Fachadas Ligeras y Ventanas – Ventanas de PVC”. Madrid.
- ASHRAE. [2001]. “ASHRAE Handbook – Fundamentals”. American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, inc., Atlanta, GA, USA, 2001 (Chapter 30 – Fenestration).
- Ashworth, A. [1996]. “Cobra 1996 - Assessing the life expectancies of buildings and their components in life cycle costing”. RICS, UK.
- ASTM. [1982]. “American Society for Testing and Materials – Standard practice for developing accelerated tests to aid prediction of the service life building components and materials”. E632.
- ASTM. [2004]. “American Society for Testing and Materials – Standard Test Method for Staining and Colour Change of Single or Multicomponent Joint Sealants”. E2136.

B

- Bakis, N., Kagioglou, M., Aouad, G., Amaratunga, D., Kishk, M. e Al-Hajj, A. [2003]. “An integrated environment for life cycle costing in construction”. School of Construction and Property Management, University of Salford, UK & The Scott Sutherland School, The Robert Gordon University, UK.
- Barbosa, S. [2009]. “Planeamento da manutenção em elementos de construção em fachadas de edifícios de serviços”. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa.
- Bennett, J. e Ferry, D. [1987]. “Towards a simulated modelo f the total construction process”. Building cost modelling and computers. E. & F.N.Spon, London.
- BFCLM. [1999]. “Building fabric component life manual”. E&FN Spon. U.K.

Bourdeau, L., Houvillat, P., Lating, R., e Gilham, A. [1998]. "Sustainable development and the future of construction: A comparison of visions from various countries". CIB Publications, Rotterdam, Holand.

Boussabaine, H. e Kirkham, R. [2004]. "Whole life-cycle costing: risk and risk responses". Blackwell publications.

Brick, E. e Pilla, L. [s.d.]. "Modelo conceitual de um processo de análise de custo do ciclo de vida".

Briffett, C., Gang, G., Ofori, G. [2000]. "Impact of ISO 14000 on construction enterprises in Singapore". Construction Management and Economics, Volume 18, number 8.

Brito, J. e Branco, F. [2001]. "Manutenção pró-activa de obras de arte", Ingenium, 2ª série, nº 57, Ordem dos Engenheiros, pp. 42-47.

Brito, J. [2004]. "Diagnóstico, patologia e reabilitação de revestimentos de paredes". Apontamentos da cadeira de Patologia e Reabilitação da Construção. Instituto Superior Técnico.

Brito, J. e Flores, I. [2004]. "Diagnóstico, patologia e reabilitação de construção em alvenaria de tijolo". Apontamentos da cadeira de Patologia e Reabilitação da Construção. Instituto Superior Técnico.

Brito, J. [2007]. "Folhas da cadeira de Tecnologia da Construção de Edifícios". Tecnologia da Construção de Edifícios. Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa.

Brundtland. [1987]. "O nosso futuro comum - Relatório de Brundtland". Nações Unidas: Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento.

BS 7543. [2003]. "British Standard Institution – Guide to durability of buildings and building elements, products and components".

BSI BS3811. [1984]. "Glossary of maintenance management terms in tero-technology".

Bull J. W. [1993]. "Life cycle costing for construction". Blackie Academic & Professional. Glasgow.

Byrne, P. [1997]. "Fuzzy D C F: a contradiction in terms, or a way to better investment appraisal?" Proceedings of Cutting Edge 97. RICS.

C

Cabrita, A.R. e Aguiar, J. [1988]. "Monografia portuguesa sobre inovação e reabilitação de edifícios". ITE17. LNEC.

Cardoso, F. e Degani, C. [2002]. "A sustentabilidade ao longo do ciclo de vida de edificios: a importância da etapa de projecto arquitectónico". In : NUTAU 2002 – Sustentabilidade, Arquitectura e Desenho Urbano. Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitectura e Urbanismo da Faculdade de Arquitectura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

Có, F. e Filho, J. [s.d.]. "A transdisciplinaridade fomentando o pensamento enxuto e sustentável na indústria da construção civil: a criação do modelo lean+green".

Coelho, A. e Brito, J. [2010]. "Traditional vs selective demolition – comparative economic analysis applied to Portugal". In proceedings of Portugal SB10 – Sustainable Building affordable to all – Low cost sustainable solutions. pp. 699-711.

CSA. [1995]. "Guideline in durability in buildings". Canadian Standard Association S478-1995. Ottawa.

D

Dias, L. [2009]. "Organização e gestão de obras". Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa.

Du Plessis, C. [2002]. "Agenda 21 for sustainable construction in developing countries: a discussion document". CIB & UNEP-IETC.

Dussmann Service [s.d.] – <http://www.facility-management-glossary.com/c/cost-breakdown-structure/> – acedido a 18 de Novembro de 2009.

E

Edwards, P. J. e Bowen, P. A. [1998]. "Practices, barriers and benefits of risk management process in building services cost estimation: comment". Construction Management and Economics, nº 16, pp.105-108.

EMOdico. [2001]. "European Mortar Industry Organization – Technical dictionary".

EOTA. [1999]. "European Organization for Technical Approvals – Assumption of working life of construction products in guideline for european technical approval". European Technical Approvals and Harmonized Standards – Guidance Document 002. Bruxelas.

F

Fabrycky, W.J. e Blanchard, B.S. [1991]. "Life cycle cost and economic analysis". Printice-Hall Inc. NJ.

Falorca, J. [2004]. "Modelo para plano de inspecção e manutenção em edifícios correntes". Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade de Coimbra.

Ferreira, A. [2007]. "Implementação de uma política de manutenção e reabilitação em Portugal". Dissertação de Mestrado em Construção. Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa.

Ferreira, L. [2009]. "Rendimentos e custos em actividades de manutenção de edifícios – coberturas de edifícios correntes". Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa.

Ferry, D. e Flanagan, R. [1991]. "Life Cycle Costing - A radical approach". CIRIA Report 122. London.

Flanagan, R., Kendell, A., Norman, G. and Robinson, G. [1987]. "Life cycle costing and risk management", Construction Management and Economics, nº 5, pp. 53-71.

Flanagan, R., Norman, G., Meadows, J. and Robinson, G. [1989]. "Life cycle costing - theory and practice". BSP Professional Books.

Flanagan, R e Norman, G. [1993]. "Risk management and construction", Blackwell Scientific Publications.

Flanagan R. e Jewel C. [2005]. "Whole Life Appraisal for construction", Blackwell, Oxford.

Flores, I. [2002]. "Estratégias de manutenção – Elementos da envolvente de edifícios correntes". Dissertação de Mestrado em Construção. Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa.

Flores-Colen, I. [2006]. "Elaboração do Plano de Inspeção e Manutenção do Pavilhão de Civil, para um período de 10 anos", Estudo Técnico, IST, 2 volumes, Lisboa.

Flores-Colen, I. [2009]. "Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção predictiva". Tese de Doutoramento em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa.

Fuller, S. [2006]. "Life-Cycle Cost Analysis (LCCA)". National Institute of Standards and Technology (NIST).

G

Gaspar, P. [2000]. "Para a compreensão da flexibilidade", Trabalho de Síntese, F.A.-U.T.L., Lisboa, 84 p.

Gaspar, P. [2002]. "Metodologia para o cálculo da durabilidade de rebocos exteriores correntes". Dissertação de Mestrado em Construção. Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa.

Gaspar, P. [2004]. "A sustentabilidade aplicada à indústria da construção portuguesa – Sustainable sustainability". Dissertação de Mestrado em Construção. Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa.

Gluch, P. e Baumann, H. [2000]. "The life cycle costing (LCC) approach: a conceptual discussion of its usefulness for environmental decision making". Chalmers University of Technology, Goteborg, Sweden.

Gluch P. e Baumann H.[2004]. "The life cycle costing (LCC) approach : a conceptual discussion of its usefulness for environmental decision-making". *Building and Environment*. nº 39, pp. 571 - 580.

Godfaurd, J., Clements-Croome, D., e Jeronimidis, G. [2005]. "Sustainable building solutions: A review of lessons from the natural world". *Building and Environment*. pp. 319-328.

Gomes, J. [2007]. "Sistemas de caixilharia de PVC: Contributo para a qualidade e sustentabilidade da construção". Dissertação de Mestrado em Construção. Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa.

Gupta, Y. P. [1983]. "Life cycle cost models and associated uncertainties". *Electronics Systems Effectiveness and Life Cycle Costing*, NATO ASI Series, v. F, pp. 535-549.

H

HAPM. [1999]. "Housing Association Property Mutual – Component Life Manual CD-Rom", E&FN Spon.

Hendrickson, C. [1998]. "Project management for construction – Fundamental concepts for owners, engineers, architects and builders". Department of Civil and Environmental Engineering. Carnegie Mellon University, Pittsburgh.

HMSO. [1992]. "Life cycle costing". HM Treasury, Her Majesty's Stationery Office, London.

Hovde, P.J. [2000]. "Factor methods for service life prediction – A state-of-the-art". Draft report. Norwegian University Science and Tech. Trondheim.

I

INE. [2010a]. "Nova Série de Contas Nacionais Portuguesas para o período 1995-2007 - 2006 / 2007" – http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_destaques&DESTAQUESdest_boui=81571295&DESTAQUEStema=55557&DESTAQUESmodo=2 – acessado em Julho de 2010.

INE. [2010b]. "Fogos licenciados (N.º) em construções novas para habitação familiar por Localização geográfica e Entidade promotora; Anual" – http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0000088&contexto=bd&selTab=tab2 – acessado em Julho de 2010.

ISO 15686-1. [2000]. "Buildings – Service life planning – Part 1: General principles". International Organization for Standardization.

ISO 15686-5. [2006]. "Buildings – Service life planning – Part 5: Life cycle costing". International Organization for Standardization.

J

Jovanovic, P. [1999]. "Application of sensitivity analysis in investment project evaluation under uncertainty and risk". International Journal of Project Management, 17 (4), pp. 217-222.

K

Kelly J e Hunter K [2007]. "Cobra 2007 – A Standard Approach to the Whole Life Costing of Small Scale". Sustainable Energy Generation and Design Solutions. Georgia University of Technology. Atlanta, Georgia. Paper No. 38.

Kelly, J. e Hunter, K. [2008]. "Cobra 2008 – The construction and building research conference of the Royal Institution of Chartered Surveyors". RICS, UK.

Kibert, C. [1994]. "Establishing principles and a model for sustainable construction". In Proceedings of the First International Conference on Sustainable Construction, ed.C.J. Kibert. Tampa, FL. CIB TG 16.

Kibert, C. J., Sendzimir, J., e Bradley, G. [2002]. "Construction ecology: nature as the basis for green buildings".

King County LCCA Guide [s.d.]. "King County LCCA Guide".

Kishk, M. e Al-Hajj, A. [1999]. "Cobra 1999 – an integrated framework for life cycle costing in buildings". RICS, UK.

Kishk, M., Al-Hajj, A., Pollock, R., Aouad, G., Bakis, N. e Sun, M. [2003]. "Whole life costing in construction: a state of the art review". RICS Foundation.

Kosko, B. [1997]. "Fuzzy Engineering". Prentice Hall International, Inc. NJ.

L

Langdon [2007]. "Life cycle costing (LCC) as a contribution to sustainable construction: a common methodology". Davis Langdon Management Consulting.

Langdon [2007a]. "Life cycle costing (LCC) as a contribution to sustainable construction: a common methodology – literature review". Davis Langdon Management Consulting.

Lassandro, P. [2003]. "Deconstruction case study in Southern Italy: economic and environmental assessment". CIB Publication 287. Florida.

LiderA [2009] – www.lidera.info – acedido em Dezembro de 2009.

Limão, A. [2007]. "Seleção e avaliação de soluções sustentáveis na construção – Identificação segundo o LiderA e análise de custos e benefícios". Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente. Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa.

Lopes, T. [2005]. "Fenómenos de pré-patologia em manutenção de edifícios – Aplicação ao revestimento ETICS". Dissertação de Mestrado em Reabilitação do Património Edificado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Lourenço, C. [2007]. "Optimização de sistemas de demolição – demolição selectiva". Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa.

Lucas, J. [1990]. "Classificação e descrição geral de revestimentos para paredes de alvenaria e betão". ITE24. Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Lucas, J. [1990a]. "Exigências funcionais dos revestimentos de paredes". ITE25. Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Lucas, J. [2001]. "Anomalias em revestimentos cerâmicos colados". ITMC-28. Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

M

Macedo, M.C., Dobrow, P.V., O'Rourke, J.J. [1978]. "Value management for construction". Wiley Interscience, John Wiley & Sons. Chichester.

Maxit. [2002]. "Isolamento térmico de fachadas pelo exterior – Reboco delgado armado sobre poliestireno expandido – ETICS". Relatório HT 191A/02.

Mearig, T., Coffee, N. e Morgan, M. [1999]. "Life cycle cost analysis handbook". Alaska Department of Education & Early Development, Juneau, Alaska.

Moles, P. e Terry, N. [1997]. "The handbook of international financial terms". Oxford university press.

Moser, K. [1999]. "Towards the partial evaluation of service life – Illustrative application of the probabilistic approach". 8th Int. Conference on Durability on Building Materials and Components – Service Life and Asset Management. Vancouver. pp. 1319-1329.

Moser, K. [2004]. "Engineering design methods for service life prediction". CIB W080/RILEM 175 – SLM (Service Life Methodologies) TG 'Performance based Methods of service life prediction' Report. Zürich.

MRG. [2010]. “O sector da construção pesa pouco no PIB português” – http://www.mrg.pt/noticias/2010/3/sector_construcao_pesa_pouco_PIB_portugues/ – acedido em Julho de 2010.

N

NS 3454. [2000]. Norwegian Standard 3454.

NSA . [1991]. “Pay now or pay later: Controlling cost of ownership from design throughout the service life of public buildings”, The National Academy of Sciences, National Academy Press, Washington, D.C.

O

OZ. [2008]. “Revisão de projectos de edifícios”. <http://oz.diagnostico.pt>

P

Paulson, B.C. [1976]. “Designing to reduce construction costs”. Journal of Construction Division, ASCE, nº 102, pp. 587-592.

Perret, J. [1995]. “Guide de la maintenance des bâtiments”. Moniteur Référence Technique. Paris.

Pinheiro, M. [2006]. “Ambiente e construção sustentável”, Instituto do Ambiente (Conselho Científico: Correia, F. N.; Branco, F., Guedes, M.). Lisboa.

Pinheiro, M. [2010]. Apresentação da abordagem LiderA V2.0, Congresso LiderA 2010 – Criar valor com a sustentabilidade, IST, Lisboa.

PG7. [2007]. “Procurement guide 7: Whole-life costing and cost management”. Office of Government Commerce. London.

R

RCCTE. [2006]. Decreto-Lei nº80/2006 de 4 de Abril – RCCTE. Diário da República.

Real, S. e Pinheiro, M. [2010]. “Life cycle cost as base to define low cost sustainable building solutions”. In proceedings of Portugal SB10 – Sustainable Building affordable to all – Low cost sustainable solutions. pp. 313-320.

Rentz, H. [1998]. “Life cycle cost analysis in pavement design - in search of better investment decisions”. US-Department of transportation.

RICS. [2000]. “Building Maintenance: Strategy, Planning & Performance”. The Royal Institution of Chartered Surveyors, UK.

RICS. [2001]. “BMI – Building maintenance information – Life expectancy of building components – Surveyors’ experiences of buildings in use”.

Ross, T. [1995]. “Fuzzy logic with engineering applications”. International Edition. McGraw-Hill, Inc.

S

Sá, A. [2005]. “Durabilidade de cimentos-cola em revestimentos cerâmicos aderentes a fachadas”. Dissertação de Mestrado em Construção de Edifícios. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Santander. [2008] “A banca e o sector da construção em Portugal e Espanha” – <http://www.ordeng.webside.pt/sectoresdaconstrucao/files/SecConst-Banco%20Santander.pdf> – acedido em Julho de 2010

Santos, C. e Matias, L. [2006]. “Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente de edifícios”. ITE 50. Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Schade, J. [2007]. “Life cycle cost calculation models for buildings”. Lulea University of Technology. Lulea, Sweden.

Shohet, I. e Paciuk, M. [2004]. “Service life prediction of exterior cladding components under standard conditions”. Construction Management and Economics, nº 22, pp. 1081-1090..

Silva, A. [2009]. “Previsão da vida útil de revestimentos de pedra natural de paredes”. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa.

Silva, V. [2003]. “Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: Directrizes e base metodológica”. Tese de doutoramento. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Silva, V. e Soares, I. [2003]. “A revisão dos projectos como forma de reduzir os custos de construção e os encargos da manutenção de edifícios”. Pedra & Cal nº 20 Outubro, Novembro, Dezembro 2003.

Soares, L. [2010]. “Economic feasibility analysis of sustainable construction measures”. In proceedings of Portugal SB10 – Sustainable Building affordable to all – Low cost sustainable solutions. pp. 639-646.

Sousa, R. [2008]. “Previsão da vida útil dos revestimentos cerâmicos aderentes em fachada”. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa.

Sousa, S. [2007]. “Programas de gestão ambiental na construção – diagnósticos para aspectos a melhorar”. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente. Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa.

Sterner, E. [2002]. “Green procurement of buildings: estimation of environmental impact”. Lulea Tekniska Universitet.

Stone, P.A. [1980]. “Building design evaluation cost in use”. University Printing House. Cambridge.

T

TG4. [2003]. “Task Group 4: Life cycle costs in construction – final report”.

U

UNEP. [2003]. "Sustainable Building and Construction" Volume 26. No2-3.

V

Vanegas, J., DuBose, J., e Pearce, A. [1995]. "Sustainable technologies for the building construction industry". Proceedings, Symposium on Design for the Global Environment.

W

Woodward, D. [1995]. "Use of sensitivity analysis in build-own-operate-transfer project evaluation". International Journal of Project Management, 13 (4), pp 239-246.

Woodward, D. [1997]. "Life cycle costing – theory, information acquisition and application". Staffordshire University Business School, UK.

Anexos

Anexo I Soluções possíveis

Parede

- Alvenaria de pedra
- Cantaria
- Taipa ou adobe
- Blocos de betão normal
- Blocos de betão leve
- Blocos de betão celular
- Tijolo
- Simples sem isolamento
- Simples com isolamento
 - Isolamento pelo exterior (ETICS)
- Duplas
 - Sem isolamento
 - Com isolamento pelo interior
 - Com isolamento no interior da caixa de ar (preenchendo-a total ou parcialmente)
- Especiais
 - Parede de Trombe

Isolamento

- Lã de rocha e vidro
- Poliuretano projectado
- Aglomerado negro de cortiça
- Poliestireno extrudido
- Poliestireno expandido
- Poliuretano injectado
- Filme alveolar
- Aglomerados hidráulicos de fibras de abeto
- Cânhamo
- Fibras de coco

Revestimento exterior para parede

- Reboco
- Reboco armado
- Revestimento cerâmico
- Revestimento de pedra

Caixilharia

- Alumínio sem corte térmico
- Alumínio com corte térmico
- PVC
- Aço
- Madeira
- De correr
- De batente
- Oscilo-batente

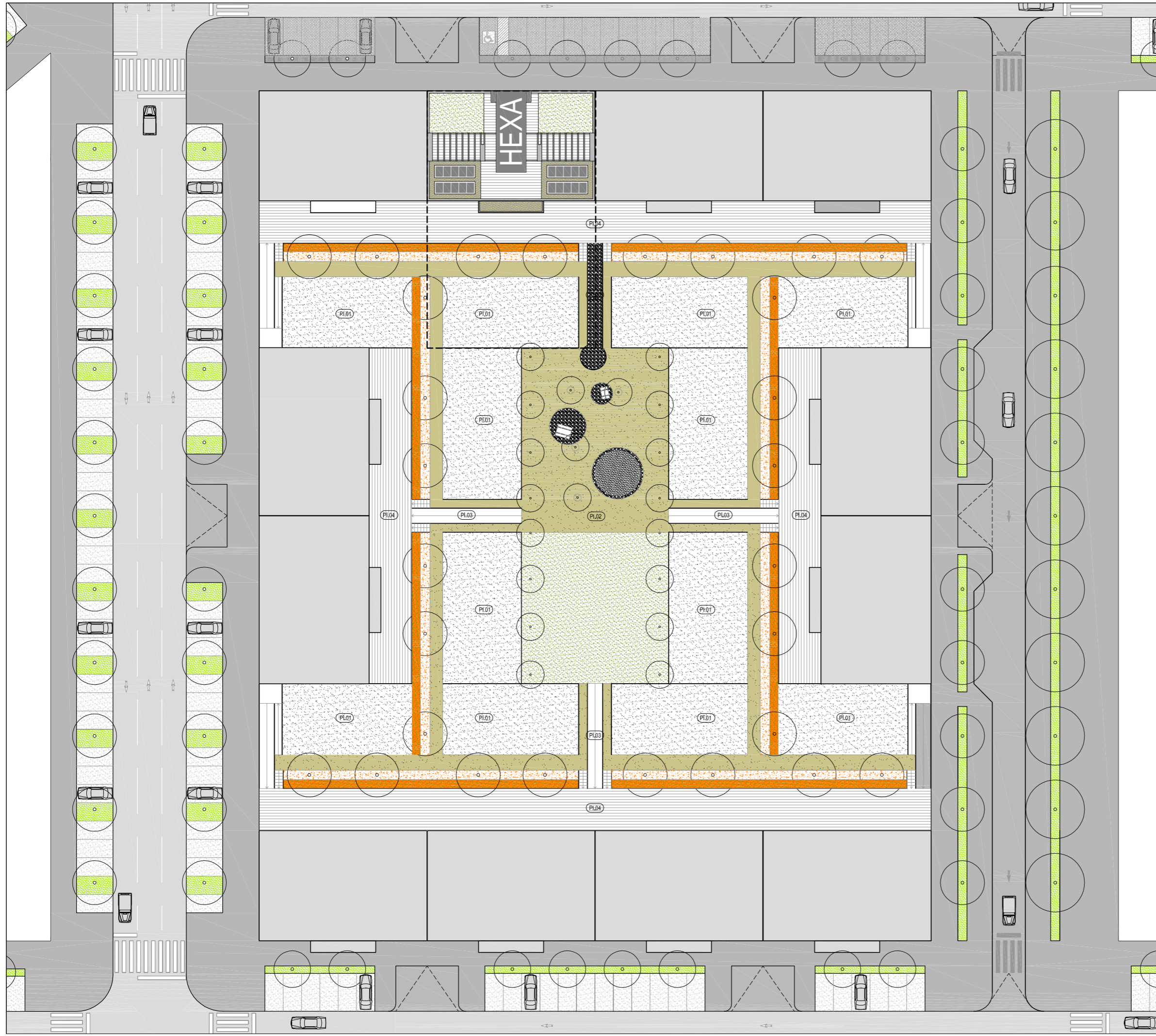
Vidros

- Simples
- Duplo (vidro de 4 a 12 mm e caixa de ar de 6 a 20mm com ar ou gás argon)
 - Standard (com ou sem cor)
 - Com baixa emissividade
 - Com controlo solar
 - Auto-limpante
 - Foto-energético

Sombreamento

- Estore de PVC
- Estore de alumínio
- Estore orientável
- Portadas
- Pala horizontal de betão
- Pala vertical de betão

Anexo II Plantas do HEXA




CRITÉRIOS VALORIZADOS

- C2 - Otimização ambiental da implantação**
 - Pelo facto de não existirem construções anexas aos edifícios, os logradouros encontram-se livres para solo permeável.
 - Na totalidade o quarteirão consegue ter uma área permeável de 4695 m², que corresponde a cerca de 76% de solo permeável.
 - A área de implantação do lote de cada edifício, é equivalente a 464 m². O solo permeável é equivalente a 37 %.
- C3 - Valorização ecológica**
 - Prevê-se a selecção de espécies, tais como carvalho, videiro, pinheiro, entre outras.
- C15 - Produção local de alimentos**
 - O quarteirão é composto por duas zonas distintas sendo uma delas uma zona compartimentada pelos logradouros de cada edifício destinada à produção agrícola: árvores de fruto e espécies hortícolas.
- C23 - Poluição Ilumino-Térmica**
 - O projecto aposta em maximizar as zonas verdes nos logradouros, através de zonas arborizadas e também vegetação rasteira e arbustiva.
- C30 - Soluções inclusivas**
 - Todo o quarteirão é acessível, quer no logradouro (rampas) quer no interior dos edifícios, a todo o tipo de pessoas.
- C35 - Interação com a comunidade**
 - Actividade comercial que se realiza no piso térreo do edifício HEXA e que à escala do quarteirão, se multiplica e gera fluxos pedonais permite vivências dinâmicas e maior segurança.
 - Os percursos pedonais definidos nos arruamentos, interiores e exteriores ao quarteirão, possibilitam a criação de zonas de esplanada mais resguardadas, bem como o acesso visual às hortas.

LEGENDA

Área total do quarteirão	10609 m ²
Área permeável	6344 m ²
Área impermeável	4265 m ²
Área de bruta de construção	37001 m ²
PL.01 - Área hortas urbanas	2281 m ²
PL.02 - Área comum de lazer do logradouro	915 m ²
PL.03 - Rampa de acesso à área comum do logradouro (i=6%)	
PL.04 - Patamar de madeira	

EDIFÍCIO HEXA

Execução	Coordenação
Arq. Bruno Xisto Arq. João Soeiro Arq. Madalena Esquível Arq. Duarte Nunes	Professor Manuel Duarte Pinheiro
	
LOCALIZAÇÃO: Local-Tipo	
TÍTULO: Planta de Implantação	
ESCALA: 1/2000	
DATA: 07/2010	
Anexo:	II.1

CRITÉRIOS VALORIZADOS


- C8 - Desenho Passivo**
- Ventilação natural cruzada (abertura dos vãos nas paredes exteriores em fachadas opostas) .
 - Paredes exteriores com isolamento térmico aplicado pelo exterior (semelhante ao sistema *Dryvit*) .
 - Parede de trombe na fachada Sul (zona das salas e de um dos quartos) .
 - Varanda na sala - contribui para efeitos térmicos e de luminosidade.
- C26 - Níveis de Iluminação**
- Iluminação natural - divisões com vãos maiores (espaços de maior permanência) .
 - Iluminação artificial - diferenciada para cada espaço, ao nível das especialidades (projecto de alimentação e distribuição eléctrica) .
- C27 - Isolamento acústico / níveis sonoros**
- Distribuição e organização espacial correcta dos compartimentos, e utilização de isolamentos sonoros nas paredes, pavimentos e tectos.
- C30 - Soluções inclusivas**
- Acessibilidade a instalações sanitárias e aos outros compartimentos dos fogos de acordo com o Decreto-lei 163 / 2006.
- C31 - Flexibilidade/adaptabilidade aos usos**
- Facilidade de acesso a coureiros - paredes divisórias de gesso cartonado tipo pladur.
 - Divisórias de gesso cartonado do tipo pladur - Solução adoptada entre os dois quartos e a sala que permite uma maior adaptabilidade dos espaços interiores.

LEGENDA

PT.01 - Patamar de acesso aos fogos	4,85 m ²
PT.02 - Comunicação vertical - escadas	18,56 m ²
PT.03 - Sala de estar	38,44 m ²
PT.04 - Cozinha	12,30 m ²
PT.05 - Hall de entrada	8,68 m ²
PT.06 - Corredor de circulação	4,14 m ²
PT.07 - Quarto 1	14,22 m ²
PT.08 - Quarto 2	16,06 m ²
PT.09 - Quarto 3 - Suíte	19,98 m ²
PT.10 - I.S. Quarto	5,75 m ²
PT.11 - I.S. Geral	5,07 m ²
PT.12 - Varanda exterior	5,32 m ²

Área útil por fogo : 129,96 m² (sem elevadores e escadas)

EDIFÍCIO HEXA

Execução	Coordenação
Arq. Bruno Xisto Arq. João Soeiro Arq. Madalena Esquível Arq. Duarte Nunes	Professor Manuel Duarte Pinheiro
	

LOCALIZAÇÃO: Local-Tipo

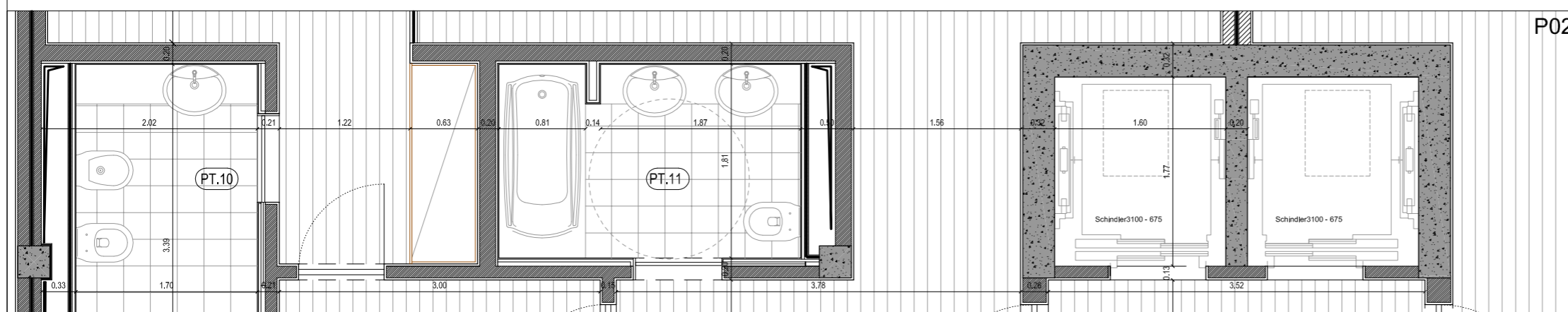
TÍTULO: Planta do piso tipo

ESCALA: 1/100

DATA: 07/2010

Anexo:

II.2




CRITÉRIOS VALORIZADOS

- C5 - Integração local**
- Mapa de paleta de cores. Utilização de uma paleta de cores dentro das existentes no local. Utilização de materiais de acordo com os tipicamente utilizados na circundante.
- C8 - Desenho passivo**
- Os vãos exteriores com maior índice de luminosidade encontram-se protegidos da radiação solar através da aplicação de sombreamentos pelo exterior (palas e sistema *brise soleil*) de forma a evitar a radiação em excesso.
 - Na fachada a norte, foi aplicado nos vãos dos quartos um sombreamento pelo exterior. Este sistema de sombreamento é amovível e compõe-se por lamelas em alumínio de cor cinza.
- C9 - Intensidade em carbono**
- Existência de painéis fotovoltaicos apoiados sobre o núcleo de escadas que, de forma inclinada (10°) e orientados a sul, procuram majorar o efeito da produção de energia eléctrica.
- C25 - Conforto térmico**
- Foi aplicado na fachada a Sul dois sistemas de parede de trombe de forma a permitir uma regulação do conforto térmico de forma passiva.
- C26 - Níveis de iluminação**
- Os vãos exteriores com maior índice de luminosidade encontram-se protegidos da radiação solar através da aplicação de sombreamentos pelo exterior (palas e sistema *brise soleil*) de forma a evitar a radiação em excesso.
- C32 - Dinâmica económica**
- O HEXA terá presente no piso térreo uma área comercial, que tanto se abre para o exterior como para o interior do logradouro. Esta comunicação, por sua vez, favorece a interacção entre a comunidade, na medida em que a área comercial interage directamente com o logradouro, não se fechando sobre si próprio.

LEGENDA

AF.01 - Entrada para monta-automóveis
AF.02 - Entrada zona de serviço (lixos)
AF.03 - Entrada principal do edifício
AF.04 - Caixa de escadas
AF.05 - Frente de rua comercial

EDIFÍCIO HEXA

Execução	Coordenação
Arq. Bruno Xisto Arq. João Soeiro Arq. Madalena Esquível Arq. Duarte Nunes	Professor Manuel Duarte Pinheiro
	
LOCALIZAÇÃO: Local-Tipo	
TÍTULO: Alçado Frontal	
ESCALA: 1/100	
DATA: 07/2010	
Anexo:	II.3




CRITÉRIOS VALORIZADOS

- C5 - Integração local**
- Mapa de paleta de cores. Utilização de uma paleta de cores dentro das existentes no local. Utilização de materiais de acordo com os tipicamente utilizados na circundante.
- C8 - Desenho passivo**
- Os vãos exteriores com maior índice de luminosidade encontram-se protegidos da radiação solar através da aplicação de sombreamentos pelo exterior (palas e sistema *brise soleil*) de forma a evitar a radiação em excesso.
 - Na fachada a norte, foi aplicado nos vãos dos quartos um sombreamento pelo exterior. Este sistema de sombreamento é amovível e compõe-se por lamelas em alumínio de cor cinza.
- C9 - Intensidade em carbono**
- Existência de painéis fotovoltaicos apoiados sobre o núcleo de escadas que, de forma inclinada (10°) e orientados a sul, procuram majorar o efeito da produção de energia eléctrica.
- C25 - Conforto térmico**
- Foi aplicado na fachada a Sul dois sistemas de parede de trombe de forma a permitir uma regulação do conforto térmico de forma passiva.
- C26 - Níveis de iluminação**
- Os vãos exteriores com maior índice de luminosidade encontram-se protegidos da radiação solar através da aplicação de sombreamentos pelo exterior (palas e sistema *brise soleil*) de forma a evitar a radiação em excesso.
- C32 - Dinâmica económica**
- O HEXA terá presente no piso térreo uma área comercial, que tanto se abre para o exterior como para o interior do logradouro. Esta comunicação, por sua vez, favorece a interacção entre a comunidade, na medida em que a área comercial interage directamente com o logradouro, não se fechando sobre si próprio.

LEGENDA

AT.01 - Acesso à zona comercial
AT.02 - Acesso do edifício ao logradouro
AT.03 - Envidraçado da sala de condomínio/convívio

EDIFÍCIO HEXA

Execução	Coordenação
Arq. Bruno Xisto Arq. João Soeiro Arq. Madalena Esquível Arq. Duarte Nunes	Professor Manuel Duarte Pinheiro
	

LOCALIZAÇÃO: Local-Tipo

TÍTULO: Alçado Tardoz

ESCALA: 1/100

DATA: 07/2010

Anexo:

11.4



Anexo III Cálculo dos custos de manutenção actualizados ao ano 0

**Quadro III.1. Custo de manutenção de reboco e pintura de parede exterior
(estratégia de manutenção: reparações ligeiras)**

Designação da operação de manutenção	Custo (€/m ²)
Aplicação de reboco em parede exterior	13
Aplicação de tinta plástica em parede exterior	6
Picagem e remoção de entulhos	8
Limpeza a jacto de água e preparação da superfície	2
Tratamento de pequenas fissuras e reparações localizadas	25

Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
CM	0	0	0	0	0	10,5	0	0	0	0	10,5	0	0	0	0
CF act.	0	0	0	0	0	7,9	0	0	0	0	5,9	0	0	0	0
CF act. acumulado	0	0	0	0	0	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7

15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
10,5	0	0	0	0	10,5	0	0	0	0	10,5	0	0	0	0	29	0	0
4,4	0	0	0	0	3,3	0	0	0	0	2,5	0	0	0	0	5,1	0	0
18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	21,4	21,4	21,4	21,4	21,4	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	28,9	28,9	28,9
33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
0	0	10,5	0	0	0	0	10,5	0	0	0	0	10,5	0	0	0	0	10,5
0	0	1,4	0	0	0	0	1,0	0	0	0	0	0,8	0	0	0	0	0,6
28,9	28,9	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	31,3	31,3	31,3	31,3	31,3	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0	32,6

**Quadro III.2. Custo de manutenção de reboco e pintura de parede interior
(estratégia de manutenção: reparações ligeiras)**

Designação da operação de manutenção	Custo (€/m²)
Aplicação de reboco em parede interior	10
Aplicação de tinta plástica em parede interior	4
Picagem e remoção de entulhos	8
Limpeza e preparação da superfície	1
Tratamento de pequenas fissuras e reparações localizadas	20

Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
CM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0
CF act.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,9	0	0	0	0	0
CF act. acumulado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0
0	0	0	0	2,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,2	0	0	0
3,9	3,9	3,9	3,9	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	7,3	7,3	7,3	7,3

34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
0	0	0	0	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4
7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8,4

**Quadro III.3. Custo de manutenção de revestimento de pedra de parede exterior
(teste de 2 estratégias de manutenção: reparações ligeiras e reparação pesada)**

Designação da operação de manutenção	Custo (€/m ²)
Substituição parcial/reparação de revestimento de pedra e suas fixações, tratamento de juntas e remoção de entulho	90
Limpeza	5

Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Hipótese de reparações ligeiras																	
CM	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	14	0	0	0	0	5	
CF act.	0	0	0	0	0	3,7	0	0	0	0	7,8	0	0	0	0	2,1	
CF act. acumulado	0	0	0	0	0	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	13,6	
Hipótese de reparação pesada																	
CM	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	
CF act.	0	0	0	0	0	3,7	0	0	0	0	2,8	0	0	0	0	2,1	
CF act. acumulado	0	0	0	0	0	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	8,6	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
0	0	0	0	14	0	0	0	0	5	0	0	0	0	14	0	0	0
0	0	0	0	4,4	0	0	0	0	1,2	0	0	0	0	2,4	0	0	0
13,6	13,6	13,6	13,6	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	19,2	19,2	19,2	19,2	19,2	21,6	21,6	21,6	21,6
0	0	0	0	36,5	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	0	0	0
0	0	0	0	11,4	0	0	0	0	1,2	0	0	0	0	0,9	0	0	0
8,6	8,6	8,6	8,6	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2	22,0	22,0	22,0	22,0
34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
0	5	0	0	0	0	14	0	0	0	0	5	0	0	0	0	14	
0	0,7	0	0	0	0	1,4	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0,8	
21,6	22,3	22,3	22,3	22,3	22,3	23,6	23,6	23,6	23,6	23,6	24	24	24	24	24	24,7	
0	5	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	
0	0,7	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0,3	
22,0	22,7	22,7	22,7	22,7	22,7	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,5	23,5	23,5	23,5	23,5	23,8	

**Quadro III.4. Custo de manutenção de revestimento cerâmico de parede interior
(teste de 2 estratégias de manutenção: reparações ligeiras e reparação pesada)**

Designação da operação de manutenção	Custo (€/m ²)															
Substituição parcial de revestimento cerâmico, tratamento de juntas e remoção de entulho	28															
Limpeza	1															

Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Hipótese de reparações ligeiras																
CM	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2,4	0	1	0	1	0
CF act.	0	0	0,9	0	0,8	0	0,7	0	0,6	0	1,3	0	0,5	0	0,4	0
CF act. acumulado	0	0	0,9	0,9	1,7	1,7	2,4	2,4	3,0	3,0	4,4	4,4	4,9	4,9	5,3	5,3
Hipótese de reparação pesada																
CM	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
CF act.	0	0	0,9	0	0,8	0	0,7	0	0,6	0	0,6	0	0,5	0	0,4	0
CF act. acumulado	0	0	0,9	0,9	1,7	1,7	2,4	2,4	3,0	3,0	3,6	3,6	4,1	4,1	4,5	4,5

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
1	0	1	0	2,4	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2,4	0	1	0	1
0,4	0	0,4	0	0,8	0	0,3	0	0,2	0	0,2	0	0,2	0	0,4	0	0,2	0	0,1
5,7	5,7	6,0	6,0	6,8	6,8	7,1	7,1	7,3	7,3	7,5	7,5	7,7	7,7	8,1	8,1	8,3	8,3	8,4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	0	1	0	10,8	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
0,4	0	0,4	0	3,4	0	0,3	0	0,2	0	0,2	0	0,2	0	0,2	0	0,2	0	0,1
4,9	4,9	5,3	5,3	8,6	8,6	8,9	8,9	9,2	9,2	9,4	9,4	9,6	9,6	9,7	9,74	9,9	9,9	10,0

35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
0	1	0	1	0	2,4	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2,4
0	0,1	0	0,1	0	0,2	0	0,1	0	0,1	0	0,1	0	0,1	0	0,1
8,4	8,6	8,6	8,7	8,7	8,9	8,9	9	9	9,1	9,1	9,1	9,1	9,2	9,2	9,3

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
0	0,1	0	0,1	0	0,1	0	0,1	0	0,1	0	0,1	0	0,1	0	0,1
10,0	10,2	10,2	10,3	10,3	10,4	10,4	10,5	10,5	10,5	10,5	10,6	10,6	10,7	10,7	10,7

**Quadro III.5. Custo de manutenção de revestimento cerâmico de chão de varanda
(teste de 2 estratégias de manutenção: reparações ligeiras e reparação pesada)**

Designação da operação de manutenção	Custo (€/m ²)
Substituição parcial de revestimento cerâmico, tratamento de juntas e remoção de entulho	28
Limpeza	1

Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Hipótese de reparações ligeiras																	
CM	0	1	1	1	1	3,8	1	1	1	1	3,8	1	1	1	1	3,8	1
CF act.	0	0,9	0,9	0,8	0,8	2,8	0,7	0,7	0,6	0,6	2,1	0,5	0,5	0,5	0,4	1,6	0,4
CF act. acumulado	0	0,9	1,8	2,7	3,5	6,3	7,0	7,7	8,3	8,9	11,0	11,5	12,0	12,5	13	14,5	14,9
Hipótese de reparação pesada																	
CM	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10,8	1	1	1	1	1	1
CF act.	0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	6,0	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4
CF act. acumulado	0	0,9	1,8	2,7	3,5	4,2	4,9	5,6	6,2	6,8	12,8	13,4	13,9	14,3	14,8	15,2	15,6
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
1	1	1	3,8	1	1	1	1	3,8	1	1	1	1	3,8	1	1	1	
0,4	0,4	0,3	1,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,9	0,2	0,2	0,2	0,2	0,7	0,2	0,2	0,2	
15,3	15,7	16	17,2	17,5	17,7	18,0	18,3	19,1	19,4	19,6	19,8	19,9	20,6	20,8	20,9	21,1	
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	28	1	1	1	
0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	4,9	0,2	0,2	0,2	
16	16,3	16,6	16,9	17,2	17,5	17,8	18,0	18,3	18,5	18,7	18,9	19,1	23,9	24,1	24,3	24,4	
34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
1	3,8	1	1	1	1	3,8	1	1	1	1	3,8	1	1	1	1	28	
0,1	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	1,5	
21,2	21,7	21,8	21,9	22,1	22,2	22,5	22,6	22,7	22,8	22,9	23,1	23,2	23,3	23,3	23,4	24,9	
34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
1	1	1	1	1	1	10,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
24,5	24,7	24,8	24,9	25,0	25,1	26,2	26,3	26,4	26,4	26,5	26,6	26,7	26,7	26,8	26,8	26,9	

**Quadro III.6. Custo de manutenção de sistema ETICS com EPS e reboco armado
(teste de 2 estratégias de manutenção: substituição de reboco armado e reparação pesada)**

Designação da operação de manutenção	Custo (€/m²)
Limpeza a jacto de água e preparação da superfície	2
Picagem, aplicação de reboco armado e remoção de entulhos	20
Aplicação de tinta plástica em parede exterior	6
Remoção e reaplicação do sistema ETICS com EPS e remoção de entulhos	34
Substituição parcial/reparação de sistema ETICS com EPS e remoção de entulhos	26

Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Hipótese de substituição do reboco armado																	
CM	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	28	0	0	0	0	8	
CF act.	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	15,6	0	0	0	0	3,3	
CF act. acumulado	0	0	0	0	0	6	6	6	6	6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	25	
Hipótese de reparação pesada																	
CM	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	8	0	0	0	0	8	
CF act.	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	4,5	0	0	0	0	3,3	
CF act. acumulado	0	0	0	0	0	6	6	6	6	6	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	13,8	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
0	0	0	0	28	0	0	0	0	8	0	0	0	0	44	0	0	0
0	0	0	0	8,7	0	0	0	0	1,9	0	0	0	0	7,7	0	0	0
25	25	25	25	33,7	33,7	33,7	33,7	33,7	35,6	35,6	35,6	35,6	35,6	43,2	43,2	43,2	43,2
0	0	0	0	17,1	0	0	0	0	8	0	0	0	0	8	0	0	0
0	0	0	0	5,3	0	0	0	0	1,9	0	0	0	0	1,4	0	0	0
13,8	13,8	13,8	13,8	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	21	21	21	21	21	22,4	22,4	22,4	22,4
34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
0	8	0	0	0	0	28	0	0	0	0	8	0	0	0	0	28	
0	1,0	0	0	0	0	2,7	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	1,5	
43,2	44,3	44,3	44,3	44,3	44,3	47	47	47	47	47	47,6	47,6	47,6	47,6	47,6	49,1	
0	8	0	0	0	0	34	0	0	0	0	8	0	0	0	0	8	
0	1,0	0	0	0	0	3,3	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0,4	
22,4	23,4	23,4	23,4	23,4	23,4	26,7	26,7	26,7	26,7	26,7	27,3	27,3	27,3	27,3	27,3	27,7	

**Quadro III.7. Custo de manutenção de sistema ETICS com cortiça e reboco armado
(estratégia de manutenção: reparação pesada)**

Designação da operação de manutenção	Custo (€/m²)
Limpeza a jacto de água e preparação da superfície	2
Picagem, aplicação de reboco armado e remoção de entulhos	20
Aplicação de tinta plástica em parede exterior	6
Remoção e reaplicação do sistema ETICS com cortiça e remoção de entulhos	41
Substituição parcial/reparação de sistema ETICS com cortiça e remoção de entulhos	32

Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
CM	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	8	0	0	0	0
CF act.	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	4,5	0	0	0	0
CF act. acumulado	0	0	0	0	0	6	6	6	6	6	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5

15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
8	0	0	0	0	19,2	0	0	0	0	8	0	0	0	0	8	0	0
3,3	0	0	0	0	6	0	0	0	0	1,9	0	0	0	0	1,4	0	0
13,8	13,8	13,8	13,8	13,8	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	23,0	23,0	23,0

33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
0	0	8	0	0	0	0	41	0	0	0	0	8	0	0	0	0	8
0	0	1,0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0,4
23,0	23,0	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,6	28,6	28,6	28,6	28,6	29,1

**Quadro III.8. Custo de manutenção de sistema ETICS com EPS e revestimento de pedra
(estratégia de manutenção: reparação pesada)**

Designação da operação de manutenção	Custo (€/m²)
Substituição parcial/reparação de revestimento de pedra e suas fixações, tratamento de juntas e remoção de entulho	90
Limpeza	5
Remoção e reaplicação isolamento exterior em EPS e remoção de entulhos	22
Desmontagem e recolocação de revestimento de pedra	25

Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
CM	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5
CF act.	0	0	0	0	0	3,7	0	0	0	0	2,8	0	0	0	0	2,1
CF act. acumulado	0	0	0	0	0	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	8,6

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
0	0	0	0	34,8	0	0	0	0	5	0	0	0	0	52	0	0	0
0	0	0	0	10,8	0	0	0	0	1,2	0	0	0	0	9,1	0	0	0
8,6	8,6	8,6	8,6	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	29,7	29,7	29,7	29,7

34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
0	5	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5
0	0,7	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0,3
29,7	30,3	30,3	30,3	30,3	30,3	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,4

Quadro III.8. Custo de manutenção de parte exterior de parede de Trombe

Designação da operação de manutenção	Custo (€/m ²)
Levantamento da caixilharia	15
Aplicação de caixilharia de alumínio incluindo vidro duplo	113,50
Limpeza do vidro	2

Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
CM	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
CF act.	0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1	1	0,9	0,9	0,8
CF act. acumulado	0	1,9	3,7	5,4	6,9	8,4	9,8	11,2	12,4	13,6	14,7	15,8	16,8	17,7	18,6	19,4

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3
20,2	21	21,7	22,3	22,9	23,5	24,1	24,6	25,1	25,6	26,0	26,4	26,8	27,2	27,5	27,9	28,2	28,5

34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
2	2	130,5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
0,3	0,3	16,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
28,7	29,0	45,0	45,3	45,5	45,7	45,9	46,1	46,2	46,4	46,5	46,7	46,8	47	47,1	47,2	47,3

**Quadro III.9. Custo de manutenção de caixilharia de alumínio sem corte térmico de correr
1,2mx1,5m com vidro duplo 4/12/4 mm**

Designação da operação de manutenção	Custo (€/un medida)
Limpeza (m ²)	1
Lubrificação de ferragens (2 un)	1
Substituição de vedantes (ml)	5
Levantamento da janela (m ²)	15
Colocação de vão envidraçado (un)	375
Substituição de ferragens de correr (2 un)	35

Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
CM	0	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	10,3	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
CF act.	0	2,6	2,5	2,4	2,2	2,1	2	1,9	1,8	1,7	5,8	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2
CF act. acumulado	0	2,6	5,1	7,5	9,7	11,8	13,8	15,6	17,4	19,0	24,8	26,3	27,7	29	30,2	31,4

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
2,8	2,8	2,8	2,8	45,3	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	10,3	2,8	2,8	2,8	2,8
1,1	1,0	1	1	14,1	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	1,8	0,5	0,4	0,4	0,4
32,5	33,5	34,5	35,4	49,6	50,4	51,2	51,9	52,6	53,2	53,9	54,4	55	55,5	57,3	57,8	58,2	58,6	59

35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
2,8	402	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	10,3	2,8	2,8	2,8	2,8
0,4	49,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2
59,3	108,7	109,0	109,3	109,6	109,9	110,1	110,4	110,6	110,8	111,0	111,7	111,9	112,1	112,2	112,4

**Quadro III.10. Custo de manutenção de caixilharia de alumínio com corte térmico de correr
1,2mx1,5m com vidro duplo 4/12/4 mm**

Designação da operação de manutenção	Custo (€/un medida)
Limpeza (m ²)	1
Lubrificação de ferragens (2 un)	1
Substituição de vedantes (ml)	5
Levantamento da janela (m ²)	15
Colocação de vão envidraçado (un)	465
Substituição de ferragens de correr (2 un)	35

Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
CM	0	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	10,3	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
CF act.	0	2,6	2,5	2,4	2,2	2,1	2	1,9	1,8	1,7	5,8	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1
CF act. acumulado	0	2,6	5,1	7,5	9,7	11,8	13,8	15,6	17,4	19,0	24,8	26,3	27,7	29	30,2	31,4	32,5

17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
2,8	2,8	2,8	45,3	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	10,3	2,8	2,8	2,8	2,8
1,0	1	0,9	14,1	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	1,8	0,5	0,4	0,4	0,4
33,5	34,5	35,4	49,6	50,4	51,2	51,9	52,6	53,2	53,9	54,4	55	55,5	57,3	57,8	58,2	58,6	59

35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
2,8	492	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	10,3	2,8	2,8	2,8	2,8
0,4	60,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2
59,3	119,7	120,1	120,4	120,7	120,92	121,2	121,4	121,7	121,9	122,1	122,8	123	123,1	123,3	123,4

**Quadro III.11. Custo de manutenção de caixilharia de PVC de correr 1,2mx1,5m
com vidro duplo 4/12/4 mm**

Designação da operação de manutenção	Custo (€/un medida)
Limpeza (m ²)	1
Lubrificação de ferragens (2 un)	1
Substituição de vedantes (ml)	5
Outros cuidados PVC (m ²)	20 % de custo inicial
Levantamento da janela (m ²)	15
Colocação de vão envidraçado (un)	435
Substituição de ferragens de correr (2 un)	35

Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
CM	0	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	97,3	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
CF act.	0	2,6	2,5	2,4	2,2	2,1	2	1,9	1,8	1,7	54,3	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1
CF act. acumulado	0	2,6	5,1	7,5	9,7	11,8	13,8	15,6	17,4	19,0	73,4	74,9	76,2	77,6	78,8	80	81,1

17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
2,8	2,8	2,8	132,3	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	462	2,8	2,8	2,8
1,0	1	0,9	41,3	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	80,4	0,5	0,4	0,4
82,1	83,1	84,0	125,3	126,1	126,9	127,6	128,3	128,9	129,6	130,1	130,7	131,2	211,6	212,1	212,5	212,9

34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	97,3	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	9,5	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
213,3	213,7	214,0	214,4	214,7	215	224,4	224,7	224,9	225,1	225,4	225,6	225,8	225,9	226,1	226,3	226,4

**Quadro III.12. Custo de manutenção de caixilharia de alumínio com corte térmico de correr
1,2mx1,5m com vidro simples 8 mm**

Designação da operação de manutenção	Custo (€/un medida)
Limpeza (m ²)	1
Lubrificação de ferragens (2 un)	1
Substituição de vedantes (ml)	5
Levantamento da janela (m ²)	15
Colocação de vão envidraçado (un)	447
Substituição de ferragens de correr (2 un)	35

Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
CM	0	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	10,3	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
CF act.	0	2,6	2,5	2,4	2,2	2,1	2	1,9	1,8	1,7	5,8	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2
CF act. acumulado	0	2,6	5,1	7,5	9,7	11,8	13,8	15,6	17,4	19,0	24,8	26,3	27,7	29	30,2	31,4

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
2,8	2,8	2,8	2,8	45,3	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	10,3	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
1,1	1,0	1	0,9	14,1	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	1,8	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4
32,5	33,5	34,5	35,4	49,6	50,4	51,2	51,9	52,6	53,2	53,9	54,4	55	55,5	57,3	57,8	58,2	58,6	59	59,3

36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
474	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	10,3	2,8	2,8	2,8	2,8
58,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2
117,5	117,8	118,2	118,4	118,7	119	119,2	119,4	119,7	119,9	120,6	120,7	120,9	121,1	121,2

Quadro III.13. Custo de manutenção de caixilharia de alumínio com corte térmico de correr 1,2mx1,5m com vidro duplo 4/16/4mm com árgon na caixa

Designação da operação de manutenção	Custo (€/un medida)
Limpeza (m ²)	1
Lubrificação de ferragens (2 un)	1
Substituição de vedantes (ml)	5
Levantamento da janela (m ²)	15
Colocação de vão envidraçado (un)	483
Substituição de ferragens de correr (2 un)	35

Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
CM	0	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	10,3	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
CF act.	0	2,6	2,5	2,4	2,2	2,1	2	1,9	1,8	1,7	5,8	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2
CF act. acumulado	0	2,6	5,1	7,5	9,7	11,8	13,8	15,6	17,4	19,0	24,8	26,3	27,7	29	30,2	31,4

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
2,8	2,8	2,8	2,8	45,3	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	10,3	2,8	2,8	2,8
1,1	1,0	1	0,9	14,1	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	1,8	0,5	0,4	0,4
32,5	33,5	34,5	35,4	49,6	50,4	51,2	51,9	52,6	53,2	53,9	54,4	55	55,5	57,3	57,8	58,2	58,6

34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
2,8	2,8	510	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	10,3	2,8	2,8	2,8	2,8
0,4	0,4	62,6	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2
59	59,3	121,9	122,3	122,6	122,9	123,1	123,4	123,6	123,9	124,1	124,3	125	125,2	125,3	125,49	125,7

**Quadro III.14. Custo de manutenção de caixilharia de alumínio com corte térmico de correr
1,2mx1,5m com vidro duplo baixo emissivo**

Designação da operação de manutenção	Custo (€/un medida)
Limpeza (m ²)	1
Lubrificação de ferragens (2 un)	1
Substituição de vedantes (ml)	5
Levantamento da janela (m ²)	15
Colocação de vão envidraçado (un)	492
Substituição de ferragens de correr (2 un)	35

Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
CM	0	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	10,3	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
CF act.	0	2,6	2,5	2,4	2,2	2,1	2	1,9	1,8	1,7	5,8	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2
CF act. acumulado	0	2,6	5,1	7,5	9,7	11,8	13,8	15,6	17,4	19,0	24,8	26,3	27,7	29	30,2	31,4

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
2,8	2,8	2,8	2,8	45,3	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	10,3	2,8	2,8	2,8	2,8
1,1	1,0	1	0,9	14,1	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	1,8	0,5	0,4	0,4	0,4
32,5	33,5	34,5	35,4	49,6	50,4	51,2	51,9	52,6	53,2	53,9	54,4	55	55,5	57,3	57,8	58,2	58,6	59

35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
2,8	519	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	10,3	2,8	2,8	2,8	2,8
0,4	63,7	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2
59,3	123,0	123,4	123,7	124	124,2	124,5	124,7	125	125,2	125,4	126,1	126,3	126,4	126,6	126,8

Quadro III.15. Custo de manutenção de estore de PVC 1,2mx1,5m

Designação da operação de manutenção	Custo (€/un medida)
Limpeza (m ²)	1
Substituição pontual réguas partidas (m)	1,5
Substituição de fita de recolhedor (un)	6
Substituição do estore (un)	70

Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
CM	0	1,8	7,8	1,8	7,8	3,3	7,8	1,8	7,8	1,8	9,3	1,8	7,8	1,8	7,8	3,3
CF act.	0	1,7	6,9	1,5	6,2	2,5	5,5	1,2	4,9	1,1	5,2	1	3,9	0,8	3,5	1,4
CF act.acumulado	0	1,7	8,6	10,2	16,3	18,8	24,3	25,5	30,4	31,5	36,6	37,6	41,5	42,3	45,8	47,1

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
7,8	1,8	7,8	1,8	9,3	1,8	7,8	1,8	7,8	3,3	7,8	1,8	7,8	1,8	9,3	1,8	7,8	1,8
3,1	0,7	2,7	0,6	2,9	0,5	2,2	0,5	1,9	0,8	1,7	0,4	1,5	0,3	1,6	0,3	1,2	0,3
50,2	50,9	53,6	54,2	57,1	57,6	59,8	60,3	62,2	63	64,7	65,1	66,6	66,9	68,5	68,8	70,0	70,3

34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
7,8	1,8	71,8	1,8	7,8	1,8	7,8	3,3	7,8	1,8	7,8	1,8	9,3	1,8	7,8	1,8	7,8
1,1	0,2	8,8	0,2	0,9	0,2	0,8	0,3	0,7	0,2	0,6	0,1	0,6	0,1	0,5	0,1	0,4
71,4	71,6	80,4	80,6	81,5	81,7	82,4	82,7	83,4	83,6	84,2	84,3	84,9	85,0	85,5	85,6	86,0

Quadro III.16. Custo de manutenção de estore de alumínio 1,2mx1,5m

Designação da operação de manutenção	Custo (€/un medida)
Limpeza (m ²)	1
Substituição de fita de recolhedor (un)	6
Substituição do estore (un)	85

Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
CM	0	1,8	7,8	1,8	7,8	1,8	7,8	1,8	7,8	1,8	7,8	1,8	7,8	1,8	7,8	1,8
CF act.	0	1,7	6,9	1,5	6,2	1,4	5,5	1,2	4,9	1,1	4,4	1	3,9	0,8	3,5	0,8
CF act. acumulado	0	1,7	8,6	10,2	16,3	17,7	23,2	24,4	29,3	30,3	34,7	35,6	39,5	40,4	43,8	44,6

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
7,8	1,8	7,8	1,8	7,8	1,8	7,8	1,8	7,8	1,8	7,8	1,8	7,8	1,8	7,8	1,8	7,8	1,8
3,1	0,7	2,7	0,6	2,4	0,5	2,2	0,5	1,9	0,4	1,7	0,4	1,5	0,3	1,4	0,3	1,2	0,3
47,6	48,3	51,0	51,6	54,1	54,6	56,8	57,2	59,2	59,6	61,3	61,7	63,2	63,5	64,9	65,2	66,4	66,6

34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
7,8	1,8	86,8	1,8	7,8	1,8	7,8	1,8	7,8	1,8	7,8	1,8	7,8	1,8	7,8	1,8	7,8
1,1	0,2	10,7	0,2	0,9	0,2	0,8	0,2	0,7	0,2	0,6	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1	0,4
67,7	68	78,6	78,8	79,7	79,9	80,6	80,8	81,4	81,6	82,2	82,3	82,9	83	83,5	83,6	84

Quadro III.17. Custo de manutenção de portada com 1,2mx1,5m

Designação da operação de manutenção	Custo (€/un medida)
Limpeza (m ²)	1
Pintura (un)	30
Substituição de portada (un)	375

Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
CM	0	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	31,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
CF act.	0	1,7	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1	17,8	1	0,9	0,8	0,8	0,8
CF act. acumulado	0	1,7	3,3	4,8	6,2	7,6	8,9	10,1	11,2	12,2	30,0	30,95	31,8	32,7	33,5	34,2

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
1,8	1,8	1,8	1,8	31,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	31,8	1,8	1,8	1,8	1,8
0,7	0,7	0,6	0,6	9,9	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	5,5	0,3	0,3	0,3	0,3
34,9	35,6	36,2	36,8	46,8	47,3	47,8	48,3	48,7	49,1	49,5	50	50,2	50,6	56,1	56,4	56,7	56,9	57,2

35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1,8	376,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	31,8	1,8	1,8	1,8	1,8
0,2	46,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	2,2	0,1	0,1	0,1	0,1
57,4	103,7	104	104,1	104,3	104,4	104,6	104,8	104,9	105,1	105,2	107,4	107,5	107,6	107,7	107,8

Quadro III.18. Custo de manutenção de guarda metálica para varanda

Designação da operação de manutenção	Custo (€/ml)
Lixagem e pintura	8
Reparação de soldaduras/fixações	13
Levantamento e colocação de guarda metálica	50

Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
CM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
CF act.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,5	0	0	0	0	0	0
CF act. acumulado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5

17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
0	0	0	12,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0
0	0	0	3,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,4	0	0	0
4,5	4,5	4,5	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	9,8	9,8	9,8	9,8

34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0
0	0	6,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0
9,8	9,8	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5

Anexo IV Cálculo do consumo energético da solução de referência

Dados:

Conselho: Lisboa

Altitude: 100m

	Zona Climática de Inverno	GD (°C.dias)	Duração da Estação de Aquecimento (meses)	Zona Climática de Verão	Norte ou Sul
Dados Climáticos	1	1190	5,3	2	S

Folha de Cálculo FCIV.1a – Perdas associadas à envolvente exterior

Paredes exteriores	Area (m ²)	U (W/m ² °C)	U.A (W/°C)
Exterior	81,82	0,47	38,46
Pilares	7,58	0,85	6,44
		TOTAL	44,90

Pontes Térmicas lineares	Comp. (m)	Ψ (W/m°C)	Ψ.B (W/°C)
Ligações entre:			
<i>Fachada com Pavimentos intermédios</i>	67,00	0,25	16,75
<i>Fachada com Varanda</i>	8,00	0,40	3,20
<i>Duas Paredes verticais</i>	5,92	0,20	1,18
<i>Fachada com Caixa de estore</i>	10,00	0,00	0,00
<i>Fachada com Padieira, Ombreira ou Peitoril</i>	41,70	0,20	8,34
		TOTAL	29,47

Perdas pela envolvente exterior da Fracção Autónoma (W/°C)

TOTAL	74,37
-------	-------

Folha de Cálculo FCIV.1b – Perdas associadas à envolvente interior

Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes	Area (m ²)	U (W/m ² °C)	τ (-)	U.A.τ (W/°C)
Alvenaria	16,25	0,52	0	0,00
Betão (elevador)	11,99	0,81	0,3	2,91
Betão (escada)	17,55	0,8	0,6	8,42
Porta	4,08	2,09	0	0,00
			TOTAL	11,34

Perdas pela envolvente interior da Fracção Autónoma (W/°C)

TOTAL	11,34
-------	-------

Folha de Cálculo FCIV.1c – Perdas associadas aos vãos envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores	Area (m ²)	U (W/m ² °C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
Janela1 (0,9x1,5)	1,35	2,6	3,51
Janela2 (0,9x1,5)	1,35	2,6	3,51
Janela3 (1,2x1,5)	1,8	2,6	4,68
Janela4 (1,2x1,5)	1,8	2,6	4,68
Janela5 (1,2x1,3)	1,56	2,6	4,06
Janela6 (1,2x1,3)	1,56	2,6	4,06
Janela7 (3,4x2,25)	7,65	2,6	19,89
	17,07	TOTAL	44,38

Folha de Cálculo FCIV.1 – Perdas associadas à renovação de ar

Área Útil de pavimento (Ap)	129,96	(m ²)
	x	
Pé-direito médio	2,96	(m)
	=	
Volume interior (V)	384,68	(m ³)
Ventilação Natural ou Mecânica	Natural	

VENTILAÇÃO NATURAL			
Cumpre NP 1037-1?	(S ou N)	<input type="text" value="Não"/>	se SIM: RPH = <input type="text" value="0,6"/>
Se NÃO:			
Classe da caixilharia	(s/c, 1, 2 ou 3)	<input type="text" value="Classe 3"/>	Taxa de Renovação nominal: RPH= <input type="text" value="0,85"/>
Caixas de estore	(Sim ou Não)	<input type="text" value="Sim"/>	
Classe de exposição (Quadro IV.1)	(1, 2, 3 ou 4)	<input type="text" value="2"/>	
Disp. de admissão de ar na Fachada?	(Sim ou Não)	<input type="text" value="Não"/>	
Aberturas auto-reguladas?	(Sim ou Não)	<input type="text" value="Não"/>	
Área de Envidraçados > 15% Ap?	(Sim ou Não)	<input type="text" value="Não"/>	
Portas exteriores bem vedadas?	(Sim ou Não)	<input type="text" value="Sim"/>	

Volume	384,68	
	x	
Taxa de Renovação nominal	0,85	
	x	
	0,34	
	=	
TOTAL	111,17	(W/°C)

Folha de Cálculo FCIV.1e – Ganhos úteis na estação de aquecimento (Inverno)

Ganhos solares:

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m²)	Factor de Orientação X(-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs(-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m²)
N	Duplo	1,35	0,27	0,63	1,000	0,7	0,9	0,14
N	Duplo	1,35	0,27	0,63	1,000	0,7	0,9	0,14
N	Duplo	1,8	0,27	0,63	1,000	0,7	0,9	0,19
N	Duplo	1,8	0,27	0,63	1,000	0,7	0,9	0,19
S	Duplo	1,56	1	0,63	0,450	0,7	0,9	0,28
S	Duplo	1,56	1	0,63	0,450	0,7	0,9	0,28
S	Duplo	7,65	1	0,63	0,258	0,7	0,9	0,82

Área Efectiva Total equivalente na orientação SUL (m ²)		2,05	
		X	
Radiação Incidente num envidraçado a Sul (G _{sul})			
no	Continente		
na Zona I	1	(kWh/m ² .mês) - do Quadro 8 (Anexo III)	108
			X
Duração da Estação de Aquecimento	(meses)	5,3	
		=	
Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)		1174,66	
Ganhos Internos:			
	Tipo de Edifício		
Ganhos internos médios (Quadro IV.3)	Residencial	4	(W/m ²)
		x	
Duração da Estação de Aquecimento		5,3	(meses)
		x	
Área Útil de pavimento		129,96	(m ²)
		x	
		0,72	
		=	
Ganhos Internos Brutos		1983,71	(kWh/ano)
Ganhos Totais Úteis:			
$\gamma =$	Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos		3158,37
	Nec. Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)		6890,53
Inércia do edifício:	Forte	$\gamma =$	0,458
Factor de Utilização dos Ganhos Solares	(η)		0,979
			X
Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos		3158,37	
		=	
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano)		3092,63	

Folha de Cálculo FCIV.1f – Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)

FACTOR DE FORMA	
<i>Das FC IV.1a e 1c: (Áreas)</i>	m ²
Paredes Exteriores	89,40
Coberturas Exteriores	0,00
Pavimentos Exteriores	0,00
Envidraçados Exteriores	17,07
<i>Da FC IV.1b: (Áreas equivalentes A. τ)</i>	
Paredes Interiores	14,13
Coberturas Interiores	0,00
Pavimentos Interiores	0,00
Envidraçados Interiores	0,00
<i>Área Total:</i>	120,60
	/
<i>Volume (da FC IV.1d):</i>	384,68
	=
FF	0,31
Graus-Dia no Local (°C.dia)	1190
Ni = 4,5 + 0,0395 GD	para FF ≤ 0,5
Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037 FF) GD	para 0,5 < FF ≤ 1
Ni = [4,5 + (0,021 + 0,037 FF) GD] (1,2 - 0,2 FF)	para 1 < FF ≤ 1,5
Ni = 4,05 + 0,06885 GD	para FF > 1,5
Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m ² .ano)	51,51

Folha de Cálculo FCIV.2 – Cálculo do indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Envolvente Exterior (da FC IV.1a)	74,37
Envolvente Interior (da FC IV.1b)	11,34
Vãos Envidraçados (da FC IV.1c)	44,38
Renovação de Ar (da FC IV.1d)	111,17
	=
Coeficiente Global de Perdas (W/°C)	241,26
	x
Graus-Dia no Local (°C.dia)	1190
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	6.890,53
	+
Consumo dos ventiladores (kWh/ano)	0,00
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (da FC IV.1e)	3.092,63
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	3797,90
	/
Área Útil de pavimento (m²)	129,96
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m².ano)	29,22
	<
Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m².ano)	51,51

Folha de Cálculo FCV.1a – Perdas

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	44,90	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCIV.1c)	44,38	(W/°C)
		+	
Perdas associadas à renovação de ar	(FCIV.1d)	111,17	(W/°C)
		=	
Perdas específicas totais	(Q1a)	200,45	(W/°C)
Zona climática		V	2
			S
Temperatura interior de referência		25	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento		23	(°C)
(Quadro III.9)		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		2	(°C)
		x	
<i>Perdas específicas totais</i>	(Q1a)	200,45	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
Perdas térmicas totais	(Q1b)	1173,86	(kWh)

Folha de Cálculo FCV.1c – Ganhos solares pela envolvente opaca

	S	E	N	S	E	N	
Área, A (m ²)	20,64	41,56	19,63	1,89	2,84	2,84	
	x	x	x	x	x	x	
U (W/m ² °C)	0,47	0,47	0,47	0,85	0,85	0,85	
	x	x	x	x	x	x	
Coefficiente de absorção, α (Quadro V.5)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
	=	=	=	=	=	=	
α U.A	3,88	7,81	3,69	0,64	0,97	0,97	(W/°C)
	x	x	x	x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)	380	470	200	380	470	200	
	x	x	x	x	x	x	
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
	=	=	=	=	=	=	TOTAL(kWh)
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior	58,98	146,89	29,52	9,77	18,15	7,72	271,04

Folha de Cálculo FCV.1d – Ganhos solares pelos envidraçados exteriores

	Orientação	N	N	N	N	S	S	S	
		Duplo	Duplo	Duplo	Duplo	Duplo	Duplo	Duplo	
	Tipo de Vidro								
Área, A (m ²)		1,35	1,35	1,8	1,8	1,56	1,56	7,7	
		x	x	x	x	x	x	x	
Factor solar do vão envidraçado ⁽¹⁾		0,253	0,253	0,253	0,253	0,253	0,253	0,253	
		x	x	x	x	x	x	x	
Fracção envidraçada, Fg (Quadro IV.5)		0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	
		x	x	x	x	x	x	x	
Factor de obstrução, Fs ⁽²⁾		1	1	1	1	1	1	0,514	
		x	x	x	x	x	x	x	
Factor de selectividade do vidro, Fw (Quadro V.3)		0,8	0,8	0,8	0,8	0,75	0,75	0,75	
		=	=	=	=	=	=	=	
Área efectiva, Ae		0,17	0,17	0,23	0,23	0,19	0,19	0,52	(m ²)
		x	x	x	x	x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m ²) (Quadro III.9)		200	200	200	200	380	380	380	
		=	=	=	=	=	=	=	TOTAL (kWh)
Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores		34,43	34,43	45,90	45,90	70,86	70,86	198,47	500,86

Folha de Cálculo FCV.1e – Ganhos internos

Ganhos internos médios (W/m^2) (Quadro IV.3)	4	
	x	
Área útil de pavimento (m^2)	129,96	
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos Internos totais	1522,09	(kWh)

Folha de Cálculo FCV.1f – Ganhos totais na estação de arrefecimento (Verão)

Ganhos solares pelos vãos envidraçados exteriores (FCV.1d)	500,86	(kWh)
	+	
Ganhos solares pela envolvente opaca exterior (FCV.1c)	271,04	(kWh)
	+	
Ganhos internos (FCV.1e)	1522,09	(kWh)
	=	
Ganhos térmicos totais	2293,99	(kWh)

Folha de Cálculo FCV.1g – Valor das necessidades nominais de arrefecimento (Nvc)

Ganhos térmicos totais (FCV.1f)	2293,99	(kWh)
	/	
Perdas térmicas totais (FCV.1a)	1173,86	(kWh)
	=	
Γ	1,95	
Inércia do edifício	Forte	
	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos solares, η	0,50	
	=	
	0,50	
	x	
Ganhos térmicos totais (FCV.1f)	2293,99	(kWh)
	=	
Necessidades brutas de arrefecimento	1155,60	(kWh/ano)
	+	
Consumo dos ventiladores (se houver, exaustor da cozinha excluído)	0,00	($E_v = P_v \cdot 24 \cdot 122 / 1000$) (kWh)
	=	
TOTAL	1155,60	(kWh/ano)
	/	
Área útil de pavimento (m ²)	129,96	
	=	
Necessidades nominais de arrefecimento - N_{vc}	8,89	(kWh/m ² .ano)
	≤	
Necessidades nominais de arref. máximas - N_v	32	(kWh/m ² .ano)

Folha de Cálculo AQS – Cálculo das necessidades de energia para preparação da água quente sanitária (Nac)

	40	(litros)
	x	
nº de ocupantes (Quadro VI.1)	4	
	=	
Consumo médio diário de referência de AQS, M_{AQS}	160	(litros)
	x	
	4187	
	x	
Aumento de temperatura necessário para preparar as AQS, ΔT	45	(°C)
	x	
Número anual de dias de consumo de AQS, n_d (Quadro VI.2)	365	
	/	
	360000	
	=	
Energia útil dispendida com sistemas convencionais de preparação de AQS, Q_a	3056,51	
	/	
Eficiência de conversão desses sistemas de preparação de AQS, η_a	0,5	
	=	
	6113,02	(kWh/ano)
	-	
Contribuição de sistemas de colectores solares para o aquecimento de AQS, E_{solar}	2527,00	
	-	
Contribuição de quaisquer outras formas de energias renováveis, E_{ren}	0	
	=	
	3586,02	
	/	
Área útil de pavimento, A_p	129,96	(m ²)
	=	
Necessidades de Energia para Preparação da Água Quente Sanitária, Nac	27,59	(kWh/m ² .ano)
	≤	
Limite máximo das nec. de Energia para Preparação da AQS, Na	36,40	(kWh/m ² .ano)

Folha de Cálculo E Primária – Cálculo das necessidades nominais anuais globais de energia primária (Ntc)

	0,1	
	x	
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic	29,22	(kWh/m ² .ano)
	/	
Eficiência de conversão do sistema de aquecimento, η_i	1	
	x	
Factor de conversão F_{pu} entre energia útil e energia primária	0,29	(kgep/kWh)
	+	
	0,1	
	x	
Nec. Nominais de Arrefecimento - Nvc	8,89	(kWh/m ² .ano)
	/	
Eficiência de conversão do sistema de arrefecimento, η_v	3	
	x	
Factor de conversão F_{pu} entre energia útil e energia primária	0,29	(kgep/kWh)
	+	
Necessidades de Energia para Preparação da Água Quente Sanitária, Nac	27,59	(kWh/m ² .ano)
	x	
Factor de conversão F_{pu} entre energia útil e energia primária	0,086	(kgep/kWh)
	=	
Cálculo das Nec. Nominais Anuais Globais de Energia Primária, Ntc	3,31	(kgep/m ² .ano)
	≤	
Limite máximo das nec. Anuais Globais de Energia Primária, Nt	5,67	(kgep/m ² .ano)
sabendo que:		
- Necessidades nominais de aquec. máximas - Ni (kWh/m ² .ano)	51,5	
- Necessidades nominais de arref. máximas - Nv (kWh/m ² .ano)	32,0	
Limite máximo das necessides para preparação da AQS, Na (kWh/m ² .ano)	36,4	

Necessidades de Energia		
Primária		
Parcela Aquecimento	0,85	(kgep/m ² .ano)
	25,63	% do total
Parcela Arrefecimento	0,09	(kgep/m ² .ano)
	2,60	% do total
Parcela AQS	2,37	(kgep/m ² .ano)
	71,77	% do total
Nec. Nominais Anuais Globais de Energia Primária, Ntc	3,31	(kgep/m ² .ano)

Mapa de valores nominais

Nic	Ni	Nvc	Nv	Nac	Na	Ntc	Nt
(kWh/m ² .ano)	(kWh/m ² .ano)	(kWh/m ² .ano)	(kWh/m ² .ano)	(kWh/m ² .ano)	(kWh/m ² .ano)	(kgep/m ² .ano)	(kgep/m ² .ano)
29,22	51,51	8,89	32	27,59	36,40	3,31	5,67

Anexo V Cálculo dos custos energéticos actualizados ao ano 0

Quadro V.1. Custos energéticos da solução de referência

Nic	Ni	Nvc	Nv	Nac	Na	Ntc	Nt
(kWh/m ² .ano)	(kWh/m ² .ano)	(kWh/m ² .ano)	(kWh/m ² .ano)	(kWh/m ² .ano)	(kWh/m ² .ano)	(kgep/m ² .ano)	(kgep/m ² .ano)
29,22	51,51	8,89	32	27,59	36,40	3,31	5,67

Necessidades energéticas		
(kWh/m ² .ano)	(kWh/ano)	(€/ano)
3,22	418,31	48,11

Ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
CE	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1
CF act.	45,4	42,8	40,4	38,1	36	33,9	32	30,2	28,5	26,9	25,3	23,9	22,6	21,3	20,1
CF act. acum.	45,4	88,2	128,6	166,7	202,6	236,6	268,5	298,7	327,2	354,1	379,4	403,3	425,9	447,1	467,2

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,11
18,9	17,9	16,9	15,9	15,0	14,2	13,4	12,6	11,9	11,2	10,6	10	9,4	8,9	8,4	7,9	7,5	7,0
486,2	504,0	520,9	536,8	551,8	565,9	579,3	591,9	603,7	615	625,5	635,5	644,9	653,8	662,2	670,1	677,5	684,6

34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1
6,6	6,3	5,9	5,6	5,3	5	4,7	4,4	4,2	3,9	3,7	3,5	3,3	3,1	2,9	2,8	2,6
691,2	697,5	703,4	708,9	714,2	719,1	723,8	728,2	732,4	736,3	740,0	743,5	746,8	749,9	752,9	755,6	758,2

Quadro V.2.Custos energéticos da solução melhorada

Nic	Ni	Nvc	Nv	Nac	Na	Ntc	Nt
(kWh/m ² .ano)	(kWh/m ² .ano)	(kWh/m ² .ano)	(kWh/m ² .ano)	(kWh/m ² .ano)	(kWh/m ² .ano)	(kgep/m ² .ano)	(kgep/m ² .ano)
26,44	51,51	8,91	32	27,59	36,40	3,23	5,67

Necessidades energéticas		
(kWh/m ² .ano)	(kWh/ano)	(€/ano)
2,94	382,15	43,95

Ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
CE	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
CF act.	41,5	39,1	36,9	34,8	32,8	31	29,2	27,6	26,0	24,5	23,2	21,8	20,6	19,4	18,3
CF act. acum.	41,5	80,6	117,5	152,3	185,1	216,1	245,3	272,9	298,9	323,5	346,6	368,5	389,1	408,5	426,8

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
17,3	16,3	15,4	14,5	13,7	12,9	12,2	11,5	10,9	10,2	9,7	9,1	8,6	8,1	7,7	7,2	6,8	6,4
444,1	460,5	475,9	490,4	504,1	517,0	529,2	540,7	551,6	561,8	571,5	580,6	589,2	597,3	604,9	612,2	619	625,4

34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
6,1	5,7	5,4	5,1	4,8	4,5	4,3	4,0	3,8	3,6	3,4	3,2	3,0	2,8	2,7	2,5	2,4
631,4	637,2	642,6	647,7	652,5	657	661,3	665,3	669,1	672,7	676,1	679,3	682,3	685,1	687,8	690,3	692,7

Quadro V.3. Custos energéticos da solução de elevado desempenho 1

Nic	Ni	Nvc	Nv	Nac	Na	Ntc	Nt
(kWh/m ² .ano)	(kWh/m ² .ano)	(kWh/m ² .ano)	(kWh/m ² .ano)	(kWh/m ² .ano)	(kWh/m ² .ano)	(kgep/m ² .ano)	(kgep/m ² .ano)
25,72	51,51	9,23	32	27,59	36,40	3,21	5,67

Necessidades energéticas		
(kWh/m ² .ano)	(kWh/ano)	(€/ano)
2,88	374,22	43,04

Ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
CE	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0
CF act.	40,6	38,3	36,1	34,1	32,2	30,3	28,6	27,0	25,5	24,0	22,7	21,4	20,2	19,0	18
CF act. acum.	40,6	78,9	115,0	149,1	181,3	211,6	240,2	267,2	292,7	316,7	339,4	360,8	381	400,0	418

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0
16,9	16	15,1	14,2	13,4	12,7	11,9	11,2	10,6	10,0	9,5	8,9	8,4	7,9	7,5	7,1	6,7	6,3
434,9	450,9	466	480,2	493,6	506,3	518,2	529,5	540,1	550,1	559,6	568,5	576,9	584,9	592,4	599,4	606,1	612,4

34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0	43,0
5,9	5,6	5,3	5	4,7	4,4	4,2	4	3,7	3,5	3,3	3,1	3	2,8	2,6	2,5	2,3
618,3	623,9	629,2	634,2	638,9	643,3	647,5	651,5	655,2	658,7	662,0	665,1	668,1	670,9	673,5	676	678,3

Quadro V.4. Custos energéticos da solução de elevado desempenho 2

Nic	Ni	Nvc	Nv	Nac	Na	Ntc	Nt
(kWh/m ² .ano)	(kWh/m ² .ano)	(kWh/m ² .ano)	(kWh/m ² .ano)	(kWh/m ² .ano)	(kWh/m ² .ano)	(kgep/m ² .ano)	(kgep/m ² .ano)
25,30	51,51	9,72	32	27,59	36,40	3,20	5,67

Necessidades energéticas		
(kWh/m ² .ano)	(kWh/ano)	(€/ano)
2,85	370,84	42,65

Ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
CE	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7
CF act.	40,2	38	35,8	33,8	31,9	30,1	28,4	26,8	25,2	23,8	22,5	21,2	20	18,9	17,8
CF act. acum.	40,2	78,2	114	147,8	179,6	209,7	238,1	264,8	290,1	313,9	336,3	357,5	377,5	396,4	414,2

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7
16,8	15,8	14,9	14,1	13,3	12,5	11,8	11,2	10,5	9,9	9,4	8,8	8,3	7,9	7,4	7,0	6,6	6,2
431	446,8	461,8	475,9	489,2	501,7	513,5	524,7	535,2	545,2	554,5	563,4	571,7	579,6	587,0	594,0	600,6	606,9

34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7
5,9	5,6	5,2	4,9	4,7	4,4	4,2	3,9	3,7	3,5	3,3	3,1	2,9	2,8	2,6	2,5	2,3
612,8	618,3	623,5	628,5	633,1	637,5	641,7	645,6	649,3	652,8	656,0	659,1	662,1	664,8	667,4	669,9	672,2

Anexo VI Cálculo dos custos totais de cada solução para um apartamento

Quadro VI.1. Custos totais da solução de referência

	Área (m ²)	CC(€/m ²)	CC (€)	CM act. ano 0 (€/m ²)	CM act. ano 0 (€)	CE act. ano 0 (€)	
Parede Sul	20,64	58	1197,12	41	846,24	-	
Parede Este	41,56	58	2410,39	41	1703,89	-	
Parede Norte	14,78	58	857,33	41	606,05	-	
Parede Norte cozinha	4,85	64	2659,74	42	203,62	-	
Reboco sobre pilar (exterior) *	7,58	24	181,86	33	250,06	-	
Reboco e pintura de pilar (interior)	1,89	14	26,52	8	15,16	-	
Cerâmico sobre pilar (interior)	0,95	20	18,94	9	8,52	-	
Cerâmico no chão da varanda	6	20	120	25	150	-	
Guarda metálica (5,5m)	-	-	220	-	88,00	-	
Peitoril (41,7m) **	-	-	1043	-	0	-	
Vão env. c/ somb. (1,2x1,5)x2 m ²	-	-	1060	-	418	-	
Vão env. c/ somb. (1,2x1,3)x2 m ²	-	-	948	-	386	-	
Vão env. c/ somb. (0,9x1,5)x2 m ²	-	-	768	-	350	-	
Vão env. c/ somb.. (3,4x2,25) m ²	-	-	1511	-	531	-	TOTAL
TOTAL			13021		5557	758	19336

*Esta parcela compreende pintura, reboco, camada fina de tijolo e isolamento de XPS 3 cm.

**Esta parcela compreende peitoril, ombreiras e padieira.

Quadro VI.2. Custos totais da solução melhorada

	Área (m ²)	CC(€/m ²)	CC (€)	CM act. ano 0 (€/m ²)	CM act. ano 0 (€)	CE act. ano 0 (€)	
Parede Sul	20,64	62	1279,68	36	743,04	-	
Parede Este	41,56	58	2410,39	41	1703,89	-	
Parede Norte	14,78	62	916,46	36	532,14	-	
Parede Norte cozinha	4,85	68	2825,97	37	179,38	-	
ETICS sobre pilar (exterior)	4,74	28	132,65	28	132,65	-	
Reboco sobre pilar (exterior) *	2,84	24	68,16	33	93,72	-	
Reboco e pintura de pilar (interior)	1,89	14	26,52	8	15,16	-	
Cerâmico sobre pilar (interior)	0,95	20	18,94	9	8,52	-	
Cerâmico no chão da varanda	6	20	120	25	150	-	
Guarda metálica (5,5m)	-	-	165	-	88	-	
Peitoril (41,7m) **	-	-	1043	-	0	-	
Vão env. c/ somb. (1,2x1,5)x2 m ²	-	-	1060	-	418	-	
Vão env. c/ somb. (1,2x1,3)x2 m ²	-	-	948	-	386	-	
Vão env. c/ somb. (0,9x1,5)x2 m ²	-	-	768	-	350	-	
Vão env. c/ somb. (3,4x2,25) m ²	-	-	1511	-	531	-	TOTAL
TOTAL			13293		5332	693	19318

*Esta parcela compreende pintura, reboco, camada fina de tijolo e isolamento de XPS 3 cm.

**Esta parcela compreende peitoril, ombreiras e padieira.

Quadro VI.3. Custos totais da solução de elevado desempenho 1

	Área (m ²)	CC(€/m ²)	CC (€)	CM act. ano 0 (€/m ²)	CM act. ano 0 (€)	CE act. ano 0 (€)	
Parede Sul	9,34	69	644,79	37	345,76	-	
Parede Este	41,56	63	2618,18	41	1703,89	-	
Parede Norte	14,78	69	1019,93	37	546,92	-	
Parede Norte cozinha	4,85	75	3116,88	38	184,22	-	
Parede de Trombe	11,30	160	1807,23	56	632,53	-	
ETICS sobre pilar (exterior)	4,74	35	165,82	29	137,39	-	
Reboco sobre pilar (exterior) *	2,84	30	85,20	33	93,72	-	
Reboco e pintura de pilar (interior)	1,89	14	26,52	8	15,16	-	
Cerâmico sobre pilar (interior)	0,95	20	18,94	9	8,52	-	
Cerâmico no chão da varanda	6	20	120	25	150	-	
Guarda metálica (5,5m)	-	-	220	-	88,00	-	
Peitoril (41,7m) **	-	-	1043	-	0	-	
Vão env. c/ somb. (1,2x1,5)x2 m ²	-	-	1114	-	426	-	
Vão env. c/ somb. (1,2x1,3)x2 m ²	-	-	995	-	392	-	
Vão env. c/ somb. (0,9x1,5)x2 m ²	-	-	808	-	354	-	
Vão env. c/ somb. (3,4x2,25) m ²	-	-	1626	-	545	-	TOTAL
TOTAL			15429		5623	678	21730

*Esta parcela compreende pintura, reboco, camada fina de tijolo e isolamento de cortiça 3 cm.

**Esta parcela compreende peitoril, ombreiras e padieira.

Quadro IV.4. Custos totais da solução de elevado desempenho 2

	Área (m ²)	CC(€/m ²)	CC (€)	CM act. ano 0 (€/m ²)	CM act. ano 0 (€)	CE act. ano 0 (€)	
Parede Sul	9,34	69	644,79	37	345,76	-	
Parede Este	41,56	63	2618,18	41	1703,89	-	
Parede Norte	14,78	69	1019,93	37	546,92	-	
Parede Norte cozinha	4,85	75	3116,88	38	184,22	-	
Parede de Trombe	11,30	160	1807,23	56	632,53	-	
ETICS sobre pilar (exterior)	4,74	35	165,82	29	137,39	-	
Reboco sobre pilar (exterior) *	2,84	30	85,20	33	93,72	-	
Reboco e pintura de pilar (interior)	1,89	14	26,52	8	15,16	-	
Cerâmico sobre pilar (interior)	0,95	20	18,94	9	8,52	-	
Cerâmico no chão da varanda	6	20	120	25	150	-	
Guarda metálica (5,5m)	-	-	220	-	88	-	
Peitoril (41,7m) **	-	-	1043	-	0	-	
Vão env. c/ somb. (1,2x1,5)x2 m ²	-	-	1060	-	418	-	
Vão env. c/ somb. (1,2x1,3)x2 m ²	-	-	948	-	386	-	
Vão env. c/ somb. (0,9x1,5)x2 m ²	-	-	768	-	350	-	
Vão env. c/ somb. (3,4x2,25) m ²	-	-	1511	-	531	-	TOTAL
TOTAL			15173		5591	672	21436

*Esta parcela compreende pintura, reboco, camada fina de tijolo e isolamento de cortiça 3 cm.

**Esta parcela compreende peitoril, ombreiras e padieira.