



**DOMINGOS ANTÓNIO
GARCIA RIBAS**

**METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DA
SUSTENTABILIDADE ECONÓMICA DE EDIFÍCIOS
COM BASE NO CICLO DE VIDA**



**DOMINGOS ANTÓNIO
GARCIA RIBAS**

**METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DA
SUSTENTABILIDADE ECONÓMICA DE EDIFÍCIOS
COM BASE NO CICLO DE VIDA**

Tese apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil, realizada sob a orientação científica do Doutor Paulo Barreto Cachim, Professor Associado com Agregação do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro e coorientação da Doutora Ana Luísa Pinheiro Lomelino Velosa Professora Associada do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro e do Doutor Miguel Nuno Lobato de Sousa Monteiro Morais, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho aos meus filhos Sara, Rodrigo e Manuel e à minha esposa Cecília

o júri

presidente

Prof. Doutor Fernando Joaquim Fernandes Tavares Rocha
professor catedrático da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor José Luís Barroso de Aguiar
professor associado com agregação do Departamento de Engenharia civil da Universidade do Minho

Prof. Doutor António José Barbosa Samagaio
professor associado da Universidade de Aveiro

Prof. Doutora Eva Sofia Botelho Machado Barreira
professora auxiliar da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Prof. Doutor António José Candeias Curado
professor adjunto da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Viana do Castelo

Prof. Doutor Miguel Nuno Lobato de Sousa Monteiro de Morais
professor auxiliar da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Ao Prof. Paulo Cachim pela forma como me orientou no desenvolvimento desta dissertação. Queria manifestar o meu profundo e sentido agradecimento pela sua incansável disponibilidade, pela compreensão e ajuda sempre pronta e eficaz no ultrapassar das dificuldades. Saliento especialmente a sensibilidade e apoio nos momentos de maior dificuldade, prevendo o risco de desmotivação e antecipando palavras de encorajamento antes que o desânimo se instalasse.

Agradeço ainda o nível de exigência imposto, o rigor científico e o ritmo delineado desde o primeiro dia, pois só assim foi possível a concretização desta dissertação. Muito obrigado, Prof. Paulo Cachim!

Aos meus coorientadores Prof. Miguel Morais e Prof. Ana Velosa o meu sincero agradecimento pela disponibilidade sempre manifestada, pelos seus ensinamentos, sentido crítico e sugestões, que muito contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho. Muito obrigado!

À minha esposa Cecília apresento o meu reconhecimento e gratidão pelo amor, carinho, incentivo, ajuda e companheirismo sempre presentes desde o início até à apresentação e defesa da dissertação.

Aos meus filhos Manuel, Rodrigo e Sara agradeço a compreensão manifestada quando ouviam como resposta às suas solicitações - “não posso”, “não tenho tempo” - com a promessa de no futuro poder e ter mais tempo para brincar!

Aos meus pais e tias Maria e Lina pelos valores e ensinamentos de vida e pela capacidade de trabalho que me inculcaram desde criança.

Finalmente, gostaria de agradecer a todas as pessoas com quem tenho aprendido ao longo da vida e a todos aqueles que através da sua maior ou menor colaboração contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

palavras-chave

Avaliação, Ciclo de Vida, Desempenho, Económico, Sustentabilidade

resumo

O Comité Técnico CEN/TC 350 “Sustainability of construction works” elaborou um conjunto de normas que propõem um sistema de avaliação do contributo da construção para o desenvolvimento sustentável, nomeadamente através da avaliação dos seus desempenhos ambiental, social e económico, baseado numa abordagem de ciclo de vida.

Os sistemas de avaliação da sustentabilidade de edifícios têm um papel importante em todas as fases do ciclo de vida (*anterior à utilização, utilização e fim de vida*) de um edifício que se pretenda sustentável, pois agilizam a integração entre os aspetos ambientais, sociais e económicos com outros critérios de decisão.

Esta dissertação tem como objetivo apresentar uma metodologia inovadora de avaliação sistemática do desempenho económico de edifícios dentro do conceito sustentabilidade, com base na análise do ciclo de vida, conforme estabelecido na EN 16627:2015, que descreve o processo de tomada de decisão e documentação da avaliação do desempenho económico de edifícios dentro do conceito da avaliação da sustentabilidade, com base na análise de ciclo de vida (ACV). A metodologia, intitulada “Methodology of Assessment of Economic Performance - Residential Buildings – MAEP-RB”, permite a avaliação do desempenho e da sustentabilidade económica de edifícios na fase *anterior à utilização* do ciclo de vida.

A metodologia segue o princípio de modularidade, onde os aspetos e impactes que influenciam o desempenho económico do edifício durante as fases do seu ciclo de vida, são atribuídos aos indicadores de cada módulo do ciclo de vida em que eles ocorrem dentro da respectiva etapa. Faz parte integrante desta metodologia uma base de dados contendo um modelo de custos na construção baseado na subdivisão do edifício em sistemas, subsistemas, elementos, componentes e subcomponentes, em que este último se encontra ao nível dos recursos.

Os resultados da avaliação do desempenho económico e da sustentabilidade económica são desagregados em vários níveis, ou seja, ao nível da fase *anterior à utilização* do ciclo de vida do edifício, de cada etapa, de cada módulo e de cada indicador económico.

A MAEP-RB avalia simultaneamente o desempenho económico e a sustentabilidade económica de edifícios sendo o resultado do desempenho económico expresso em unidade monetária e o da sustentabilidade comunicado por um Índice de Sustentabilidade Económica (A+, A, B, C, D, E).

keywords

Assessment, Life Cycle, Performance, Economy, Sustainability

abstract

The Technical Committee CEN / TC 350 "Sustainability of construction works" developed a set of standards that propose an evaluation system for the contribution of construction to sustainable development, through the assessment of environmental, social and economic performance, based on a life cycle approach.

Assessment systems for sustainability of buildings play an important role in all phases of the life cycle (*before use*, *use* and *end of life* phases) of a sustainable building, allowing the integration between environmental, social aspects and economic performances with other decision criteria.

This dissertation aims to present an innovative methodology for the systematic assessment of economic performance of buildings within the sustainability framework. This methodology is based on EN 16627:2015, that describes the decision-making process and assessment documentation for the economic assessment of buildings, based on a life cycle analysis (LCA). The developed methodology, named "Methodology of Assessment of Economic Performance - Residential Buildings – MAEP-RB", allows the assessment of economic performance of buildings in the *before use* phase.

The methodology follows a modularity approach, where aspects and impacts that influence the economic performance of buildings during their life cycle phases, are assigned to economic indicators of each module of the life cycle, which in turn are assigned to a step. A database with construction costs is part of this methodology, which is built based on the subdivision of the building in systems, subsystems, elements and components and subcomponents, where this last is at the resources level.

Results of the assessment of economic performance and sustainability are disaggregated in several levels: *before use* phase, steps, modules and economic indicator.

MAEP-RB simultaneously assesses the economic performance and economic sustainability of buildings, where the results of economic performance are presented in monetary units and sustainability performance presented through an Economic Sustainability Index (A+, A, B, C, D, E).

Índice

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTOS E OBJETIVOS.....	9
1.1 INTRODUÇÃO	9
1.2 OBJETIVOS	12
1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	13

CAPÍTULO 2

SISTEMAS DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE.....	15
2.1 INTRODUÇÃO	15
2.2 SISTEMAS DE AVALIAÇÃO INTERNACIONAIS.....	18
2.2.1 Building Research Establishment Environmental Assessment Method - BREEAM.....	19
2.2.2 Leadership in Energy and Environmental Design - LEED.....	22
2.2.3 Haute Qualité Environnementale - HQE	26
2.2.4 Building Environmental Performance Assessment Criteria - BEPAC.....	29
2.2.5 Green Building Challenge - GBC	31
2.2.6 Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency (CASBEE).....	34
2.3 SISTEMAS DE AVALIAÇÃO PORTUGUESES.....	37
2.3.1 Sistema LiderA.....	38
2.3.2 Sistema SBTool ^{PT}	42
2.4 Considerações sobre o capítulo	47

CAPÍTULO 3

ENQUADRAMENTO NORMATIVO.....	52
3.1 GENERALIDADES.....	52
3.2 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO ECONÓMICO - EN 16627:2015.....	54
3.3 DEFINIÇÃO DO OBJETIVO DA AVALIAÇÃO.....	55
3.4 OBJETO DA AVALIAÇÃO.....	56
3.5 EQUIVALENTE FUNCIONAL.....	56
3.6 PERÍODO DE ESTUDO DE REFERÊNCIA (RSP).....	57
3.7 MÓDULOS DO CICLO DE VIDA.....	58
3.7.1 Aspetos e impactes económicos específicos da <i>fase anterior a utilização</i>	58

3.7.2	Aspetos e impactes económicos específicos da <i>fase de utilização</i>	59
3.7.3	Aspetos e impactes económicos específicos da <i>fase de fim de vida</i>	60
3.7.4	Aspetos e impactes económicos específicos da fase para além do fim de vida	62
3.8	MODELO DE CUSTOS DA CONSTRUÇÃO	62
3.9	DEFINIÇÃO DE CENÁRIOS DO CICLO DE VIDA DO EDIFÍCIO.....	63
3.9.1	Cenários para a etapa de pré-construção (Módulo A0).....	64
3.9.2	Cenários para a etapa do produto e construção (Módulos A1 à A3).....	64
3.9.3	Cenários para a etapa do processo de construção (Módulos A4 - A5)	64
3.9.4	Cenários para a fase utilização (Módulos B1 à B7)	65
3.9.5	Cenários para o fim da fase da vida (Módulos de C1 a C4).....	65
3.9.6	Cenários para benefícios e cargas para além dos limites do sistema (Módulo D).....	66
3.10	CUSTO DO CICLO DE VIDA	66
3.11	CÁLCULO DOS INDICADORES ECONÓMICOS.....	66
3.11.1	Fase anterior à utilização	67
3.11.2	Fase de utilização	68
3.11.3	Fase de fim de vida.....	69
3.11.4	Fase para além do ciclo de vida	69
3.11.5	Valor atual líquido (VAL), Custo atual líquido (CAL)	70
3.12	RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS	70

CAPÍTULO 4

ESTRUTURA E CONTEÚDO DA METODOLOGIA MAEP-RB.....	73
4.1 ÂMBITO E OBJETIVOS.....	73
4.2 OBJETO DE AVALIAÇÃO	76
4.3 DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA MAEP-RB.....	76
4.4 ESTRUTURA DA METODOLOGIA MAEP-RB	79
4.5 FRONTEIRA DO SISTEMA	80
4.6 DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO EDIFÍCIO	81
4.7 FICHAS DE RENDIMENTO DE CADA SUBCOMPONENTE.....	86
4.8 PROCESSO DE AVALIAÇÃO	87
4.8.1 Entrada de dados	90
4.8.2 Quantificação dos parâmetros e normalização	93
4.8.3 Desempenho económico e sustentabilidade ao nível dos indicadores	95

4.8.4 Desempenho económico e sustentabilidade ao nível dos módulos.....	96
4.8.5 Desempenho económico e sustentabilidade ao nível das etapas	96
4.8.6 Desempenho económico e sustentabilidade da <i>fase anterior à utilização</i>	97
4.8.7 Comunicação dos resultados	98

CAPÍTULO 5

QUANTIFICAÇÃO E NORMALIZAÇÃO DOS PARÂMETROS	103
5.1 INTRODUÇÃO	103
5.2 DEFINIÇÃO DOS VALORES DOS PARÂMETROS.....	105
5.2.1 Parâmetros subordinados ao indicador económico A0.1	105
5.2.2 Parâmetros subordinados ao indicador económico A0.2	112
5.2.3 Parâmetros subordinados aos indicadores económicos A1.1:Custo das matérias-primas; A2.1:Custo do transporte da matérias-primas; A3.1:Custo da transformação das matérias-primas; A4.1:Custo do transporte dos materiais e produtos do portão da fábrica até ao portão do estaleiro.....	119
5.2.4 Parâmetros subordinados ao Indicador Económico A4.2	122
5.2.5 Parâmetros subordinados aos indicadores económicos A5.1	123
5.2.6 Parâmetros subordinados aos indicadores económicos A5.2	126
5.2.7 Parâmetros subordinados aos indicadores económicos A5.3	131
5.2.8 Parâmetros subordinados aos indicadores económicos A5.4	133
5.2.9 Parâmetros subordinados aos indicadores económicos A5.5	137
5.2.10 Parâmetros subordinados aos indicadores económicos A5.6	139
5.2.11 Parâmetros subordinados aos indicadores económicos A5.7	140
5.2.12 Parâmetros subordinados aos indicadores económicos A5.8	141
5.2.13 Parâmetros subordinados aos indicadores económicos A5.9	142
5.2.14 Parâmetros subordinados aos indicadores económicos A5.10	150
5.2.15 Parâmetros subordinados aos indicadores económicos A5.11	151
5.2.16 Parâmetros subordinados aos indicadores económicos A5.12	154
5.2.17 Parâmetros subordinados aos indicadores económicos A5.13	157
5.2.18 Parâmetros subordinados aos indicadores económicos A5.14	161
5.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO.....	162

CAPÍTULO 6

SISTEMA DE PESOS DA ESTRUTURA HIERARQUICA	164
--	------------

6.1 INTRODUÇÃO	164
6.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE ANÁLISE HIERÁRQUICO (AHP)	165
6.2.1 Bases para o uso AHP	165
6.2.2 Processo de análise hierárquica (AHP).....	168
6.3. APLICAÇÃO DA AHP À METODOLOGIA MAEP-RB	171
6.3.1 Hierarquia de atributos	171
6.3.2 Definição da escala de importância	173
6.3.3 Derivação dos pesos na metodologia MAEP-RB	173
6.4 RESULTADOS	176
6.4.1 Pesos relativos.....	176
6.4.2 Pesos globais	179
6.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O CAPÍTULO	182

CAPITULO 7

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA MAEP-RB A UM CASO DE ESTUDO	184
7.1 INTRODUÇÃO	184
7.2 DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO EM ESTUDO.....	184
7.3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	185
7.4 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO	185

CAPITULO 8

CONCLUSÕES E FUTUROS DESENVOLVIMENTOS	194
8.1 CONCLUSÕES.....	194
8.1 FUTUROS DESENVOLVIMENTOS	197

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1: Estrutura do BEPAC (Silva, 2003)	30
Figura 2.2: Obtenção do Índice de Desempenho Ambiental GBC (Cole, et al., 1994).....	33
Figura 2.3: Saída gráfica de resultado (Silva, 2003).....	34
Figura 2.4: Esquema de avaliação do sistema CASBEE (CASBEE, 2008).....	35
Figura 2.5: Diagrama de eficiência ambiental (BEE) (Silva, 2003).....	37
Figura 2.6: Principais Vertentes e Áreas Ambientais de Intervenção (Pinheiro, 2006).....	39
Figura 2.7: Níveis de desempenho global do sistema LIDERA (Pinheiro, 2011).....	41
Figura 2.8: Estrutura da metodologia SBTool ^{PT} (Mateus & Bragança, 2011)	45
Figura 2.9: Saída de resultados SBToolPT (Mateus & Bragança, 2011).....	47
Figura 3.1: O conceito de avaliação da sustentabilidade de edifícios (CEN, 2012).....	53
Figura 3.2: Processo de avaliação do desempenho económico (CEN, 2015).....	55
Figura 3.3: Exemplos ilustrativos de possíveis períodos de estudo de referência.....	57
Figura 3.4: Módulos de informação da avaliação do desempenho económico de edifícios (CEN, 2012).....	61
Figura 4.1: Módulos de informação (CEN, 2012).....	75
Figura 4.2: Estrutura hierárquica da MAEP-RB e fluxo de informação.....	78
Figura 4.3: Introdução de dados no software “ <i>Criação de Fichas de Rendimento</i> ”	88
Figura 4.4: Processo de avaliação do desempenho económico da MAEP-RB.....	89
Figura 4.5: Procedimento de aplicação da metodologia MAEP-RB.....	91
Figura 4.6: Ficha do Edifício da MAEP-RB.....	92
Figura 4.7: Representação gráfica da normalização.....	94
Figura 4.8: Primeira página do relatório de avaliação (MAEP-RB).....	101
Figura 4.9: Segunda página do relatório de avaliação (MAEP-RB).....	102
Figura 6.1: Representação dos níveis de atributos e individualização das matrizes de comparação.....	172
Figura 6.2: Matriz de comparação par a par entre etapas subordinadas da fase anterior à utilização.....	175
Figura 6.3: Matriz de comparação par a par entre módulos subordinados da etapa de pré-construção.....	175

Figura 6.4: Matriz de comparação par a par entre módulos subordinadas da etapa do produto.....	176
Figura 6.5: Matriz de comparação par a par entre módulos subordinadas da etapa de processos de construção.....	176
Figura 6.6: Representação de WGP_i peso global de cada parâmetro.....	180
Figura 6.7: Representação do WG_j peso global de cada indicador	181
Figura 6.8: Representação de WGM_k peso global de cada módulo do ciclo de vida	181
Figura 6.9: Representação WGEI peso global de cada etapa do ciclo de vida.....	181
Figura 7.1: Relatório de avaliação – Edifício em estudo - Página 1	188
Figura 7.2: Relatório de avaliação – Edifício em estudo - Página 2.....	189
Figura 7.3: Índices sustentabilidade das etapas	190
Figura 7.4: Índices sustentabilidade dos módulos.....	191
Figura 7.5: Índices sustentabilidade indicadores económicos	192
Figura 7.6: Índices sustentabilidade dos parâmetros.....	193

ÍNDICE DE TABELAS

	Pág.
Tabela 2.1: Número de critérios e ponderação das categorias no EcoHomes.....	22
Tabela 2.2: Lista dos créditos do LEED para novas construções e grandes renovações (LEED, 2009).....	23
Tabela 2.3: Níveis de certificação do sistema LEED (LEED, 2009).....	26
Tabela 2.4: Área de avaliação do sistema HQE (Zambrano, 2004).....	27
Tabela 2.5: Áreas de avaliação e ponderações entre áreas do sistema GBC (GBTool, 2007).....	33
Tabela 2.6: Conjunto de ferramentas que compõe o CASBEE (CASBEE, 2008).....	34
Tabela 2.7: Modificação proposta pelo CASBEE para aplicação do conceito de eco-eficiência (JSBC, 2001).....	36
Tabela 2.8: Estrutura de avaliação do CASBEE.....	36
Tabela 2.9: Tabela exemplificativa de avaliação do Sistema LiderA (Pinheiro, 2010).....	40
Tabela 2.10: Vertentes, áreas, critérios e ponderações do sistema SBTool.....	44
Tabela 2.11: A conversão dos parâmetros normalizados.....	47
Tabela 2.12: Principais características dos métodos de avaliação apresentados.....	48
Tabela 4.1: Hierarquização da divisão das camadas dos edifícios.....	84
Tabela 4.2: Hierarquização da divisão dos níveis dos arranjos exteriores.....	85
Tabela 4.3: Exemplo de ficha rendimento metodologia MAEP-RB.....	86
Tabela 4.4: Exemplo de ficha rendimento metodologia MAEP-RB.....	86
Tabela 4.5: Entrada de dados na metodologia MAEP-RB.....	93
Tabela 4.6: Conversão do valor normalizado numa escala de avaliação qualitativa.....	95
Tabela 4.7: Indicadores, módulos e parâmetros da Metodologia MAEP-RB (Ribas, et al., 2014).....	97
Tabela 5.1: Taxa do IMT - Prédio urbano destinado exclusivamente a habitação própria e permanente.....	110
Tabela 5.2: Taxa do IMT - Prédio urbano destinado exclusivamente a habitação própria.....	110
Tabela 5.3: Matriz de pesos relativos dos materiais.....	121
Tabela 5.4: Estimativa do coeficiente de permanência Cpei em edifícios com estrutura de betão.....	128

Tabela 5.5: Estimativa do coeficiente de permanência Cpei em edifícios com estrutura de madeira.....	129
Tabela 5.6: Estimativa do coeficiente de permanência Cpei em edifícios com estrutura metálica.....	129
Tabela 5.7: Estimativa do coeficiente de permanência Cpei em edifícios em alvenaria.....	130
Tabela 5.8: Estimativa Ccai para cada tipo de armazenamento.....	130
Tabela 5.9: Estimativa Ccai para cada tipo de material.....	131
Tabela 5.10: Coeficientes de industrialização (Cind).....	137
Tabela 5.11: Lista europeia de resíduos – Resíduos (RCD).....	146
Tabela 5.12: Custos de gestão dos RCD por tipo de material.....	149
Tabela 6.1: Escala fundamental de julgamento em grau de importância (Saaty, 1987).....	167
Tabela 6.2: Forma geral de matriz de comparação em pares (Silva, 2003).....	169
Tabela 6.3: Valores de RI para matrizes quadradas de ordem n.....	171
Tabela 6.4: Número de matrizes de comparação por nível de acordo com a ordem.....	173
Tabela 6.5: Escala usada para a importância relativa entre atributos (Haurie, 2001).....	173
Tabela 6.6: Pesos relativos dos atributos do nível 1: fase anterior à utilização.....	177
Tabela 6.7: Pesos relativos dos atributos do nível 2: Etapas.....	177
Tabela 6.8: Pesos relativos dos atributos do nível 3: Módulos (Indicadores A0.1 a A5.14).....	177
Tabela 6.9: Pesos relativos dos atributos do nível 4: Indicadores (parâmetros P1 a P65).....	177
Tabela 6.10: Valores da razão de consistência (RC) das matrizes de comparação par a par da MAEP-RB.....	178
Tabela 6.11: Peso WGPI global de cada parâmetro (P1 a P65).....	180
Tabela 6.12: Pesos globais (Parâmetros, Indicadores, Módulos, Etapas).....	182
Tabela 7.1: Valores normalizados das etapas e índices – Edifício em estudo.....	190
Tabela 7.2: Valores normalizados dos módulos e índices - Edifício em estudo.....	191
Tabela 7.3: Valores normalizados dos indicadores e índices – Edifício em estudo.....	192
Tabela 7.4: Valores normalizados dos parâmetros e índices – Edifício em estudo.....	193

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTOS E OBJETIVOS

1.1 INTRODUÇÃO

A noção de sustentabilidade tem duas origens. A primeira, na biologia por meio da ecologia e refere-se à capacidade de recuperação e reprodução dos ecossistemas (resiliência) em face de agressões antrópicas (uso abusivo dos recursos naturais, desflorestamento, fogo etc.) ou naturais (terremoto, tsunامي, fogo etc.). A segunda, na economia, como adjetivo do desenvolvimento, em face da percepção crescente ao longo do século XX de que o padrão de produção e consumo em expansão no mundo, sobretudo no último quarto desse século, não tem possibilidade de perdurar. Ergue-se, assim, a noção de sustentabilidade sobre a percepção da finitude dos recursos naturais e sua gradativa e perigosa depleção (Nascimento, 2012).

O conceito de desenvolvimento sustentável surgiu na segunda metade do século XX, numa tentativa de sensibilizar o Planeta para a progressiva degradação do meio ambiente infligida pelas políticas de desenvolvimento. A necessidade deste novo conceito, desponta quando as ações do Homem estavam a pôr em causa a sobrevivência da humanidade, ao nível das dimensões ambientais, económica e sociais, de modo a preservar as gerações futuras, para que as mesmas tenham as oportunidades das gerações presentes de satisfazerem as suas próprias necessidades (WCED, 1987).

Nos embates ocorridos nas reuniões de Estocolmo (1972) e Rio (1992), nasce a noção de que o desenvolvimento tem, além de um cerceamento ambiental, uma dimensão social. Nessa, está contida a ideia de que a pobreza é provocadora de agressões ambientais e, por isso, a sustentabilidade deve contemplar a equidade social e a qualidade de vida dessa geração e das próximas. A solidariedade com as próximas gerações introduz, de forma transversal, a dimensão ética (Nascimento, 2012). O relatório Brundtland (1987) abriu um imenso debate na academia sobre o significado de desenvolvimento sustentável e foi crucial para a mudança de paradigma, sendo o desenvolvimento compreendido como o equilíbrio e a convivência entre três vertentes: *económica, social e ambiental*. Hoje, há um verdadeiro mar de literatura que aborda o tema das maneiras mais diversas (Wackermann, 2008).

Os termos “construção de alto desempenho” e “construção verde” têm sido aplicados diversas vezes como sinónimos de “construção sustentável”. De facto é o termo “construção sustentável” que melhor expressa os aspetos ambientais, económicos e socioculturais de um edifício no contexto da sua comunidade (Kibert, 2005).

A construção sustentável é a resposta do mercado da construção às metas e objetivos definidos para o desenvolvimento sustentável. O desenvolvimento sustentável foi até agora definido de diferentes modos, mas a definição mais consensual é aquela que consta no Relatório de Brundtland (WCED, 1987):

“Entende-se por desenvolvimento sustentável o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente, sem comprometer a possibilidade das gerações do futuro satisfazerem as suas próprias necessidades”

A constatação de que os recursos da Terra não são finitos foi catalisada em resultado da crise de petróleo da década de 70. Nessa altura, iniciou-se a discussão em torno da poupança de energia, começou a despontar a consciência social acerca da fragilidade do planeta e a palavra ecologia passou a ser um termo bastante utilizado. A indústria da construção não ficou alienada desta discussão e a poupança de energia na fase de utilização dos edifícios começou paulatinamente a ser uma prioridade na sua conceção. Nas últimas décadas, os elevados índices de emissões poluentes, a escassez de certos recursos naturais e os desequilíbrios daí resultantes mantiveram a discussão na ordem do dia (Mateus, 2009).

A indústria da construção, nomeadamente o sector dos edifícios, apresenta uma elevada interligação com o desenvolvimento sustentável. Esta indústria apesar de ser um dos sectores económicos mais importantes na Europa, continua, no entanto, a basear-se excessivamente em processos de construção tradicionais e mão-de-obra não qualificada, sendo caracterizada pelo consumo excessivo de matérias-primas, de recursos energéticos não renováveis e pela excessiva produção de resíduos. No entanto, numa análise ao mercado da construção é possível verificar que já se encontram disponíveis algumas tecnologias comprovadamente mais sustentáveis do que as convencionais (Mateus, 2009).

Segundo a Comissão Europeia o principal obstáculo à sua utilização é o desinteresse que este tema suscita aos construtores e compradores, que julgam erradamente que este tipo de construção é dispendioso, duvidando também da sua fiabilidade e desempenho a longo prazo. Para inverter esta situação a Comissão Europeia propõe, por um lado, a realização de ações para salientar os benefícios da construção sustentável a longo prazo e, por outro, a revisão dos códigos, normas e regulamentos na área da construção, que incorporem medidas associadas à sustentabilidade deste sector. Outras razões são normalmente evocadas para justificar a não utilização dessas tecnologias mais sustentáveis são: o desconhecimento dos objetivos da sustentabilidade e a falta de critérios para a seleção de soluções mais sustentáveis, isto é, critérios para a seleção de soluções cujo comportamento seja equilibrado ao nível ambiental, social e económico.

O Comité Técnico CEN/TC 350 "*Sustentabilidade das obras de construção*" elaborou um conjunto de normas, entre as quais a NP EN 15643-1:2013 "*Sustentabilidade das obras de construção Avaliação da sustentabilidade dos edifícios-Parte 1:Enquadramento geral*" que apresenta os princípios e requisitos gerais, através de uma série de normas, para a avaliação de edifícios em termos de desempenho ambiental, social e económico, tendo em conta as características técnicas e a funcionalidade de um edifício baseados na abordagem de ciclo de vida. A avaliação quantificará o contributo das obras de construção avaliados para a construção sustentável e para o desenvolvimento sustentável.

Para a avaliação do desempenho de cada dimensão da sustentabilidade o Comité Técnico elaborou as normas NP EN 15643-2:2013, NP EN 15643-3:2013, NP EN 15643-4:2013 que fornecem os princípios e requisitos específicos para a avaliação do desempenho ambiental, social e económico de edifícios, tendo em conta as características técnicas e a funcionalidade de um edifício. Foram também desenvolvidas outras Normas que estabelecem as regras de cálculo para a avaliação do desempenho ambiental, social e económico dos edifícios respetivamente a norma EN 15978:2011, EN 16627:2015 e EN 16309:2014.

Num mercado cada vez mais competitivo, as empresas da construção civil buscam atender à demanda social por obras com menor impacto sobre o ambiente. Aproveitando esta tendência e numa lógica para potenciar as vendas, poderão surgir no mercado produtos que se autointitulam mais sustentáveis do que os convencionais.

Com esta nova realidade, foi necessário o desenvolvimento de metodologias que permitissem avaliar a sustentabilidade publicitada dos edifícios com base em critérios objetivos. Essas metodologias deveriam ser capazes de reconhecer e evidenciar as mais-valias de um projeto sustentável e assim contribuir para a disseminação do conceito. Por outro lado, ao transformarem o conceito construção sustentável em objetivos concretos, poderiam ser utilizados pelos diversos decisores no ciclo de vida das construções, principalmente pelos projetistas numa fase inicial do projeto, possibilitando tomadas de decisão que tenham como objetivo o desenvolvimento e a construção de edifícios mais sustentáveis. Atendendo à dimensão do sector dos edifícios na indústria da construção e dos impactes ambientais, sociais e económicos associados ao seu ciclo de vida, a prioridade tem sido o desenvolvimento de metodologias de avaliação.

Atualmente, encontram-se desenvolvidas ou em fase de atualização, uma série de metodologias para a avaliação da sustentabilidade. Das ferramentas e sistemas de avaliação da sustentabilidade existentes, destacam-se: o *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM), o *Leadership in Energy & Environmental Design* (LEED), o *Comprehensive assessment system for building environmental efficiency* (CASBEE), o *Green Building Challenge* (GBC) e em Portugal o LiderA e o *Sustainable Building Tool* (SBTool^{PT}-H).

No entanto, nenhuma das ferramentas ou sistemas desenvolvidos até hoje é amplamente aceite. O maior problema prende-se com a subjetividade associada ao conceito “sustentável”, motivada principalmente pelas diferenças políticas, tecnológicas, culturais, sociais e económicas, existentes, não só entre os países, mas também, dentro de cada país, entre as diversas regiões. Esta situação impede que se utilize uma metodologia de avaliação da sustentabilidade fora do seu contexto de origem, sem que antes se realize um trabalho de adaptação à realidade ambiental, sociocultural e económica do local onde se pretende realizar a avaliação. Por outro lado, o conceito “sustentável” não é imutável ao longo do tempo, pois depende do estado de desenvolvimento científico e tecnológico em cada momento (Mateus, 2009)

O principal objetivo dos métodos anteriormente referidos é a avaliação do desempenho ambiental dos edifícios. Os únicos sistemas que vão além da avaliação de desempenho ambiental é o *Green Building Challenge* (GBC), que procura estimar o custo envolvido na obtenção de um determinado nível de desempenho ambiental e o SBTool^{PT} que contempla a avaliação das três dimensões da sustentabilidade, posicionando-as no mesmo nível hierárquico.

As Normas NP EN 15643-4:2013 e a EN 16627:2015 - *Sustentabilidade das obras de construção - Avaliação do desempenho económico de edifícios - Método de cálculo*, vieram dar um importante contributo para o processo de tomada de decisão e documentação na avaliação de desempenho económico de um edifício e proporcionam o desenvolvimento do conhecimento dos impactes económicos e a valorização da dimensão económica no âmbito da sustentabilidade na construção, tendo como base a análise do ciclo de vida do edifício.

As metodologias de avaliação da sustentabilidade têm sido alvo de constantes atualizações, de modo a corrigir as suas diferentes limitações. Atualmente, o principal desafio passa pelo desenvolvimento de uma metodologia sistemática que sirva de suporte à conceção de edifícios em que seja atingido o melhor balanço entre as diferentes dimensões da sustentabilidade, e que seja simultaneamente prática, transparente e suficientemente flexível para que possa ser facilmente adaptável aos diferentes tipos de edifícios e à constante evolução tecnológica. Tendo em conta o principal desafio que se coloca atualmente na evolução das metodologias de avaliação da sustentabilidade e as orientações versadas nas Normas Europeias elaboradas pelo Comité Técnico CEN/TC 350, neste trabalho será proposta uma metodologia para a avaliação do desempenho e da sustentabilidade económica de edifícios residenciais, tendo como base a análise do ciclo de vida dos edifícios.

1.2 OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho passa pelo desenvolvimento e apresentação de uma metodologia de avaliação do desempenho e sustentabilidade económica de edifícios residenciais no âmbito da sustentabilidade na construção como base na análise do ciclo de vida (ACV) conforme estabelecido na EN 16627:2015, relativamente à *fase anterior à utilização*.

Apresentar a estrutura da metodologia de avaliação, o objeto de avaliação, as fronteiras do sistema, o sistema de pesos, a forma de comunicação e apresentação dos resultados, e a estrutura do modelo de custos na construção de edifícios residenciais baseado na subdivisão do edifício em sistema, subsistemas, elementos, componentes e subcomponentes. Dotar a estrutura da metodologia com condições de adaptabilidade para a avaliação do desempenho e da sustentabilidade económica relativamente à *fase de utilização e à fase de fim de vida* do ciclo de vida.

Preende-se que a metodologia a desenvolver seja facilmente utilizada como uma ferramenta de apoio à decisão pelas equipas de projetistas e por outros decisores intervenientes no ciclo de vida dos edifícios e que os seus resultados sejam facilmente interpretados pelos diversos intervenientes na vida dos edifícios e possibilitando a comparação do desempenho económico entre edifícios com o mesmo equivalente funcional, mas com soluções construtivas distintas.

Com o desenvolvimento e aplicação desta metodologia contribuir-se-á para uma melhor compreensão da importância relativa de cada dimensão da sustentabilidade dos sistemas de avaliação de edifícios. A avaliação simultânea de todas as dimensões da sustentabilidade (ambiental, social e económica) permitirá aos decisores, ainda em fase de projeto, quantificar os impactes que ocorrem numa das dimensões, quando em fase de projeto optam por uma solução imposta por uma das dimensões. Permitirá assim determinar quanto “custa” a sustentabilidade e terminar com mitos instalados na sociedade, esclarecendo-a e consciencializando-a pela escolha de edifícios residenciais sustentáveis.

Resumidamente, os objetivos específicos do presente trabalho são:

- a) Apresentar as diversas metodologias existentes no domínio da avaliação da construção sustentável tendo em atenção as suas origens, objetivo de aplicação, estrutura do sistema e ponderações;

- b) Apresentar o conjunto de normas elaboradas pelo CEN/TC 350 (Centro europeu de normalização) que contribuem para a avaliação e desenvolvimento sustentável, baseado numa abordagem de ciclo de vida, quantificando os impactes e aspetos relacionados com esse contributo, e permitem avaliar os desempenhos ambiental, social e económico dos edifícios;
- c) Desenvolver uma metodologia inovadora para a avaliação do desempenho e sustentabilidade económica de edifícios que esteja adaptada ao contexto económico Português, com base na análise do ciclo de vida e nas orientações da EN 16627:2015;
- d) Criar um conjunto de parâmetros e respetiva metodologia de cálculo para determinação do seu valor a partir dos elementos de projeto, necessários para quantificar os indicadores económicos previstos na EN 16627:2015;
- e) Proceder à normalização dos parâmetros tendo como objetivo fixar um valor adimensional que exprima o desempenho económico do edifício em avaliação em relação aos desempenhos de referência (benchmarks);
- f) Desenvolver uma estrutura do modelo de custos na construção de edifícios residenciais, baseada na subdivisão do edifício em sistemas, subsistemas, elementos, componentes e subcomponentes (estes últimos ao nível dos recursos), interligada com a estrutura da metodologia de avaliação que constituirá a base de dados para a quantificação direta ou indiretamente dos parâmetros, com exceção daqueles que são calculados diretamente pelos dados fornecidos pelo Dono de Obra;
- g) Formular e aplicar o processo de análise hierárquica AHP (*Analytic Hierarchy Process*) e desenvolver uma ferramenta AHP para derivação da ponderação entre os parâmetros, indicadores, módulos e etapas do ciclo de vida pertencentes à estrutura hierárquica da metodologia para a definição do sistema de pesos relativos e globais para a estrutura hierárquica de atributos da metodologia;
- h) Apresentar a forma de comunicação dos resultados obtidos na avaliação do edifício, evidenciando os resultados do desempenho económico expresso em unidades monetárias (Euros) e nível de sustentabilidade económica através de uma escala qualitativa, compreendida entre E (menos sustentável) e A⁺ (mais sustentável), para cada fase, cada etapa do ciclo de vida, cada módulo e cada indicador;
- i) Aplicar a metodologia desenvolvida num caso de estudo, de modo a verificar a sua aplicabilidade e adequação ao contexto dos edifícios de habitação nacionais.

1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A apresentação e desenvolvimento dos diversos temas abrangidos pela presente dissertação encontram-se organizados em nove Capítulos. Nos parágrafos seguintes é apresentado resumidamente o conteúdo de cada um dos capítulos.

No Capítulo 1, é efetuado o enquadramento da dissertação e realizada a apresentação do contexto atual do mercado da construção, no que respeita à adoção de práticas sustentáveis. Faz-se uma introdução ao tema, enumeram-se os objetivos preconizados e a metodologia adotada para dissertação.

No Capítulo 2, é apresentado o enquadramento normativo europeu desenvolvido pelo Comité Técnico CEN/TC 350, que representam os mais recentes desenvolvimentos normativos, promotores do desenvolvimento sustentável e das metodologias de avaliação da sustentabilidade dos edifícios. É dada maior relevância à normalização de apoio ao desenvolvimento de metodologias de avaliação do desempenho e sustentabilidade económica.

No Capítulo 3, são apresentados alguns sistemas mais utilizados, a nível nacional e internacional, na avaliação da sustentabilidade da construção dos edifícios. Salientam-se as suas principais características, como o escopo de avaliação, a estrutura de avaliação, as ponderações efetuadas e modo como são comunicados os resultados da avaliação.

No Capítulo 4, é apresentada toda a estrutura de desenvolvimento da metodologia de avaliação do desempenho e sustentabilidade económica de edifícios residenciais. Descreve-se a estrutura do modelo de custos associado ao edifício, dividindo-o em sistema, subsistema, elementos, componentes e subcomponentes, tornando possível, com dados de projeto (mapa de medições) a “desagregação” do edifício ao nível dos recursos “gastos”. É apresentado o processo de aplicação da metodologia desde a entrada de dados (mapa de medições) até à apresentação dos resultados da avaliação do desempenho e da sustentabilidade económica do edifício.

No Capítulo 5, são desenvolvidos e normalizados os 65 parâmetros que constituem a estrutura hierárquica da metodologia de avaliação, considerados necessários para a quantificação dos 21 indicadores económicos sugeridos pela EN 16627:2015. São definidos os procedimentos de cálculo de cada parâmetro e os valores de referência (benchmarks) necessários ao processo de normalização.

No Capítulo 6, é apresentada a formulação e o desenvolvimento de uma ferramenta para utilização do processo de análise hierárquica AHP (Analytic Hierarchy Process) para derivação da ponderação entre os parâmetros, indicadores, módulos e etapas do ciclo de vida pertencentes à estrutura hierárquica da metodologia para a definição do sistema de pesos relativos e globais para a estrutura hierárquica de atributos da metodologia.

O Capítulo 7, refere-se à aplicação da metodologia de avaliação da sustentabilidade económica que é proposta neste trabalho a um caso de estudo. O caso de estudo selecionado corresponde a um edifício de habitação multifamiliar caracterizado pela construção convencional. Com a aplicação da metodologia MAEP-RB a esse edifício foi possível aferir se os valores de referência (benchmarks) se encontravam bem adaptados ao contexto nacional dos edifícios de habitação.

No Capítulo 8, são apresentadas as conclusões e as perspetivas futuras para a ação no domínio da problemática da construção sustentável, nomeadamente no que respeita à evolução da metodologia de apoio à conceção e avaliação da sustentabilidade económica de edifícios que é proposta neste trabalho.

CAPÍTULO 2

SISTEMAS DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE

2.1 INTRODUÇÃO

A Norma Europeia EN 15643-4:2012 faz parte de um conjunto de Normas Europeias elaboradas pelo Comité Técnico CEN/TC 350 “Sustentabilidade das obras de construção”, e propõem que os sistemas para a avaliação da sustentabilidade de edifícios, sejam baseados na abordagem de ciclo de vida, sendo quantificados os impactes e os aspetos para avaliar os desempenhos ambiental, social e económico dos edifícios, utilizando indicadores quantitativos e qualitativos. O objetivo deste conjunto de normas é possibilitar a comparação de resultados entre avaliações.

A sustentabilidade envolve vários aspetos, sendo os mais comuns os relacionados com a redução do consumo de materiais não-renováveis e água e ainda com a produção de emissões, resíduos e poluentes. Os diversos aspetos da sustentabilidade estão relacionados entre si e a interação do edifício com a sua envolvente é também importante. Na maior parte das políticas de promoção da sustentabilidade é comum encontrarem-se os seguintes objetivos: otimizar o potencial do local de implantação, preservar a identidade regional e cultural, minimizar o consumo energético, proteger e conservar os recursos (incluindo a água), utilizar materiais eco eficientes, assegurar níveis adequados para as condições de saúde e conforto, otimizar as práticas de utilização e manutenção e minimizar os custos de ciclo de vida (Bragança, et al., 2007).

São inúmeras as ligações entre as fases do ciclo de vida e as três dimensões que devem ser consideradas no desenvolvimento da sustentabilidade. Estudar e quantificar os aspetos e impactes necessários à avaliação das três dimensões da sustentabilidade dos edifícios, tornar-se-ia muito difícil se não for realizado através de um processo sistemático.

É importante que a avaliação se realize ainda nas fases de conceção de um projeto de construção ou de reabilitação como, por exemplo, na fase de estudo prévio, a fim de disponibilizar uma estimativa aproximada dos desempenhos ambiental, social e económico. À medida que o projeto vai evoluindo, a avaliação poderá ser periodicamente revista e atualizada, de modo a apoiar as tomadas de decisão.

A crise petrolífera dos anos 70 desencadeou, a nível internacional, o desenvolvimento de iniciativas de avaliação focadas nas questões energéticas, e também nos edifícios. Desde os finais dos anos 80 que, de forma sistemática, se efetua a avaliação de impacte ambiental de uma parte dos empreendimentos de construção, sendo estes associados a casos e situações concretas, nos quais se procura sistematizar medidas para reduzir os impactes ambientais negativos, compensar os irreversíveis e valorizar os impactes positivos, constituindo, assim, um mecanismo muitíssimo importante de internalização ambiental, através do processo de decisão de Avaliação de Impacte Ambiental. Paralelamente, a preocupação com a avaliação das características dos produtos e materiais fomentou a utilização de abordagens de ciclo de vida para estes componentes e materiais, de modo a suportar a escolha ambientalmente mais adequada, contribuindo, igualmente, para formatar algumas abordagens de avaliações do ambiente construído. Com a progressiva assunção da importância ambiental e do conceito de sustentabilidade na construção,

surgiram, na década de 90, o conceito de construção sustentável e as orientações para a sua implementação, avaliação e reconhecimento das características ambientais da construção, em especial no edificado (Pinheiro, 2009).

Originalmente desenvolvido na esfera de avaliação de impactos de produtos, o conceito de análise do ciclo de vida, forneceu a base conceptual para o desenvolvimento das metodologias para avaliação ambiental de edifícios que surgiram na década de 90 na Europa, nos EUA e no Canadá, como parte das estratégias para o cumprimento de metas ambientais locais estabelecidas a partir da UNCED (*United Nations Conference on Environment and Development*) do Rio de Janeiro. Todos estes métodos partilhavam o objetivo de encorajar a demanda do mercado por níveis superiores de desempenho ambiental, fornecendo avaliações ora detalhadas, para o diagnóstico de eventuais necessidades de intervenção no stock construído, ora simplificadas, para orientar projetistas ou sustentar a atribuição de selos ambientais para edifícios (Silva, 2000).

A expressão “*Green Building*” foi então cunhada para englobar todas as iniciativas dedicadas à criação de construções que utilizem recursos de maneira eficiente, com claro foco em uso de energia; que sejam confortáveis; e que tenham maior longevidade, adaptando-se às mudanças nas necessidades dos utilizadores e permitindo desmontagem ao final do ciclo de vida do edifício, para aumentar a vida útil dos componentes através de sua reutilização ou reciclagem. A expressão “*Green Building*” é frequentemente utilizada erroneamente em alternância com a expressão “*Sustainable Building*”. O termo “*green*” refere-se exclusivamente à dimensão ecológica ou sustentabilidade ambiental da construção sustentável, que é um conceito mais abrangente, que contempla ainda as dimensões social e económica (Silva, 2003).

Até ao lançamento, em 1990, no Reino Unido, do sistema com o acrónimo de BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*), poucas ou nenhuma tentativa tinham sido feitas, no sentido de estabelecer um objetivo e meios compreensíveis de, simultaneamente, avaliar uma vasta gama de considerações ambientais contra critérios ambientais explicitamente declarados, oferecendo um sumário do desempenho ambiental para os edifícios (Cole, et al., 2004). Desde 1994, todas as grandes conferências internacionais sobre a construção sustentável nos edifícios atribuíram uma parte significativa dos seus programas à especificação e comparação dos métodos de avaliação e de como a avaliação representa, agora, um dos pontos centrais da dimensão ambiental do projeto dos edifícios e do debate sobre o seu desempenho.

A experiência tem demonstrado que os saltos nos níveis mínimos de desempenho aceitáveis dependem necessariamente de alterações nas demandas do mercado, sejam elas voluntárias ou originadas de exigências normativas. Os incrementos no desenvolvimento do desempenho ambiental, social e económico serão maiores quando os intervenientes no ciclo de vida do edifício, projetistas, construtores e utilizadores tiverem acesso a métodos relativamente simples que lhes permitam estimar numa fase inicial do processo o nível potencial de sustentabilidade do edifício, tornando-se assim numa ferramenta de ajuda em tomadas de decisões.

Com vista a adoção de práticas sustentáveis na construção, existem alguns métodos de suporte e avaliação da sustentabilidade na construção. Estes métodos pretendem abordar de forma global o

conceito “construção sustentável”. Normalmente, a avaliação assenta numa lista estruturada de indicadores e parâmetros, que pode ser mais ou menos longa, e que se considera a mais representativa para os objetivos da avaliação. O desenvolvimento de metodologias assentes em longas listas de parâmetros, pouco relevantes, torna o processo muito moroso e dispendioso e coloca em causa a prossecução dos seus objetivos. As metodologias de apoio à conceção e avaliação da sustentabilidade transformam o conceito em metas objetivas e mensuráveis e são fundamentais para a recolha e comunicação de informação, aspetos indispensáveis às tomadas de decisão durante as diferentes fases do ciclo de vida de um edifício.

Atualmente, praticamente cada país europeu - além de Estados Unidos, Canadá, Austrália, Japão e Hong Kong - possui um sistema de avaliação e classificação de desempenho ambiental de edifícios. As circunstâncias contextuais que resultaram em sua criação variam, assim como as aplicações pretendidas para estes sistemas, que vão desde ferramentas de apoio ao projeto até ferramentas de avaliação pós-ocupação. A grande maioria dos sistemas adequa-se melhor à avaliação de edifícios novos ou projetos, trabalhando no plano do desempenho potencial, sendo raros os exemplos de sistemas neste segundo caso. Poucos sistemas distinguem claramente entre o desempenho ambiental com base em propriedades inerentes ao edifício (desempenho potencial) e o desempenho real do edifício em operação (Zimmermann, et al., 2002).

Embora não exista uma classificação formal neste sentido, os sistemas de avaliação ambiental disponíveis podem ser claramente separados em duas categorias. De um lado, estão os sistemas que promovem a construção sustentável através de mecanismos de mercado. O BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*) (Baldwin, et al., 1998), foi pioneiro e lançou as bases de todos os sistemas de avaliação orientados para o mercado que seriam posteriormente desenvolvidos em todo o mundo, como o HK-BEAM (*Building Environmental Assessment Method*) (CET, 1999a); (CET, 1999b); (CET, 1999c), do LEED™ (*Leadership in Energy & Environmental Design*) (LEED, 2009), e do CASBEE (*Comprehensive assessment system for building environmental efficiency*) (JSBC, 2001). Estes sistemas foram desenvolvidos para serem facilmente absorvidos por projetistas e pelo mercado em geral, e têm, portanto, uma estrutura mais simples, normalmente formatada como uma lista de verificação. Para divulgar o reconhecimento do mercado pelos esforços dispensados para melhorar a qualidade ambiental de projetos, execução e gestão operacional, todos eles são vinculados a algum tipo de certificação de desempenho. No segundo grupo estão os métodos orientados para pesquisa, como o BEPAC (*Building Environmental Performance Assessment Criteria*) (Cole, et al., 1993) e seu sucessor, o GBC (*Green Building Challenge*) (Cole & Larsson, 2000), centrados no desenvolvimento metodológico e fundamentação científica.

Em Portugal, foram desenvolvidos dois sistemas de avaliação. O sistema *LiderA* que assenta no conceito de reposicionar o ambiente na construção, na perspetiva da sustentabilidade (avaliando-a e fomentando-a), considerando a dimensão ambiental no âmbito da dinâmica do empreendimento e assumindo a importância da intervenção, quer ao nível estratégico (política), quer ao nível operacional em todo o ciclo de vida: planeamento, projeto, construção, operação, renovação e demolição (Pinheiro, 2008); e o sistema SBTool^{PT}-H (*Sustainable Building Tool*) (Mateus & Bragança, 2011) tem por base a estrutura do sistema internacional de avaliação da sustentabilidade SBTool (*Sustainable Building Tool*) e contempla as três dimensões da

sustentabilidade, posicionando-as no mesmo nível hierárquico e tem como objetivo a avaliação da sustentabilidade de edifícios novos, existentes e renovados, situados nas áreas urbanas e especialmente nos contextos ambiental, sociocultural e económico de Portugal. Esta nova abordagem foi desenvolvida de modo a promover a sensibilização dos principais decisores do mercado da construção em Portugal e a implementação de políticas e soluções adequadas à construção sustentável (Mateus, 2009).

O objetivo dos métodos anteriormente referidos é a avaliação do desempenho ambiental de edifícios. O único sistema que vai além da avaliação de desempenho ambiental é o GBC, que procura estimar o custo envolvido na obtenção de um determinado nível de desempenho ambiental, com a intenção de (1) estimular o emprego de métodos de valoração no longo prazo e de (2) reunir dados para desmistificar o pré-conceito de que edifícios com melhor desempenho ambiental são muito mais caros do que um edifício comum. No entanto, o desempenho económico é balanceado no mesmo nível do que as diversas subcategorias de desempenho ambiental (Silva, 2003). A Metodologia de Avaliação Relativa da Sustentabilidade de Edifícios de Habitação MARS-H contempla a avaliação das três dimensões da sustentabilidade, posicionando-as no mesmo nível hierárquico.

Para construir um panorama abrangente dos sistemas existentes de avaliação da sustentabilidade de edifícios, o detalhamento e a discussão metodológica que o segue serão concentrados nos seguintes métodos:

- a) BREEAM, o primeiro deles e que embasou os vários sistemas orientados ao mercado subsequentes;
- b) LEED™, método com grande potencial de crescimento, pelo investimento maciço, feito para sua difusão e aprimoramento;
- c) HQE, tem em vista criar edifícios que respeitem o ambiente;
- d) BEPAC, o primeiro sistema orientado a pesquisa metodológica;
- e) GBC, sucessor do BEPAC e utilizado no estudo exploratório;
- f) CASBEE, o método lançado mais recentemente, que introduziu alguns conceitos inovadores à avaliação de edifícios;
- g) LiderA, Sistema de avaliação nacional que pretende reposicionar o ambiente na construção;
- h) SBTool-H, tem por base a estrutura do sistema internacional de avaliação da sustentabilidade SBTool (*Sustainable Building Tool*) adaptado ao contexto.

2.2 SISTEMAS DE AVALIAÇÃO INTERNACIONAIS

No sentido de dar resposta às necessidades de avaliação e certificação ambiental dos edifícios, para ajustar a sua realidade e especificidade, múltiplos países têm vindo a desenvolver sistemas próprios de avaliação e certificação ambiental dos edifícios. Os sistemas mais difundidos atualmente existentes que certificam ambientalmente os edifícios são, no Reino Unido, o BREEAM, nos Estados Unidos da América, o LEED e, na França, o HQE.

As questões relativas à lógica, respectiva forma de aplicação, exemplos de bom desempenho, e critérios destes sistemas são de seguida analisadas, tendo em vista a sua potencial adaptação e aplicação a nível nacional.

2.2.1 Building Research Establishment Environmental Assessment Method - BREEAM

Desenvolvido por investigadores do BRE (*Building Research Establishment*) e do sector privado, em parceria com a indústria o sistema BREEAM surge no princípio da década de 90, no Reino Unido, sendo considerado o primeiro e mais importante método de avaliação de desempenho ambiental de edifícios do mundo. Existem duzentos mil edifícios com certificação BREEAM e mais de um milhão de registados para avaliação desde o seu ano de criação (BREEAM, 2008). Têm sido criadas diferentes versões aplicáveis a diferentes usos, que vão desde a habitação até aos escritórios, com o objetivo da especificação e avaliação de desempenho dos edifícios (Baldwin, et al., 1990).

A avaliação através do Sistema BREEAM é efetuada à base da atribuição de créditos ao edifício, sempre que se verifique que determinados requisitos organizados em categorias, são cumpridos. Às categorias em causa são atribuídos pesos específicos, de acordo com a relevância determinada pelo sistema para a tipologia de edifício em causa. O conjunto de créditos e pesos de categorias permite assim obter um índice de desempenho ambiental do edifício.

Os objetivos principais deste sistema consistem em estabelecer critérios e padrões que vão além do imposto na legislação, encorajar a utilização das melhores práticas ambientais em todas as fases dos edifícios e distinguir edifícios com reduzido impacto ambiental no mercado (Pinheiro, et al., 2002). Neste sentido, os principais objetivos deste sistema são (Baldwin, et al., 1998).

- a) Mitigar os Impactes das construções no ambiente;
- b) Permitir que os edifícios sejam reconhecidos de acordo com os seus benefícios ambientais;
- c) Fornecer um rótulo ambiental credível para os edifícios;
- d) Estimular a procura de edifícios sustentáveis;
- e) Proporcionar o reconhecimento do mercado para projetos de desenvolvimento sustentável;
- f) Assegurar que a melhor prática é incorporada em projetos de desenvolvimento sustentável;
- g) Definir critérios e padrões superando os exigidos pelos regulamentos e desafiar o mercado para oferecer soluções de inovação que se enquadrem nos objetivos de projetos de desenvolvimento sustentável;
- h) Sensibilizar os projetistas, construtores, ocupantes, consultores e políticos dos benefícios do desenvolvimento de projetos sustentáveis;
- i) Permitir às organizações demonstrar o progresso rumo aos objetivos da sustentabilidade.

O sistema dispõe de guias, nos quais são definidos os critérios e formas de os avaliar, bem como uma lista de verificação para a sua avaliação. A avaliação do edifício é realizada por avaliadores independentes, treinados e indicados pelo BRE. Este sistema apresenta-se como um conjunto de instrumentos a serem utilizados por diferentes agentes envolvidos na construção, utilização e

gestão dos edifícios, com o objetivo de melhorar o desempenho ambiental do edifício, tendo em conta os benefícios que daí advêm. A abordagem geral do BREEAM assenta nas diferentes fases que seguidamente se mencionam:

- a) Avaliação inicial;
- b) Dimensionamento, Inventário e Compra de Materiais;
- c) Gestão e Operação;
- d) Controlo de Qualidade.

Este sistema de avaliação já permite avaliar o desempenho ambiental de vários tipos de construção, nomeadamente habitações (EcoHomes), edifícios para escritórios (Offices), unidades industriais (Industrial BREEAM), edifícios comerciais (BREEAM Retail) e ainda um sistema aberto para outras tipologias (Bespoke BREEAM). Atualmente estão também já disponíveis sistemas específicos para Escolas, Hospitais e Prisões.

Dos sistemas existentes e em utilização destacam-se o BREEAM Offices e EcoHomes pela sua aplicabilidade mais generalizada, pelo que serão abordados com maior destaque seguidamente.

No caso dos edifícios habitacionais, o sistema existente designa-se por EcoHomes2. Aplica-se a habitações e prédios de apartamentos, quer construídos de raiz, quer renovados.

O sistema BREEAM tem uma estrutura com base em dois tipos de avaliação, uma para edifícios novos ou submetidos a remodelações, e outra para edifícios existentes e em uso. Numa primeira abordagem, são analisados os parâmetros de desempenho ambiental, compreendendo questões referentes às fases de projeto e execução da construção. Relativamente aos edifícios existentes e em uso são ponderados os parâmetros de desempenho na sua utilização e são abordadas questões referentes à operacionalidade e gestão do edifício. Este sistema abrange diversas áreas diretamente relacionadas com a construção e com o ciclo de vida do processo construtivo e dos materiais.

O sistema *EcoHomes* de avaliação de desempenho ambiental dos edifícios de habitação tem uma estrutura dividida nas seguintes categorias: Energia, Transporte, Poluição, Materiais, Água, Uso do Solo e Ecologia, Saúde e Bem-estar.

Deste modo, cada uma destas categorias é descrita no *Scheme Document* (Documento Esquema) que consiste numa série de questões, que visam mitigar o impacto de um edifício novo ou renovado sobre o meio ambiente, através da definição de uma meta de desempenho e de critérios de avaliação que devem ser cumpridos para confirmar se a meta foi alcançada. Na base da metodologia de avaliação, este sistema dispõe de checklists para os edifícios novos e questionários para edifícios já existentes e em uso (Baldwin, et al., 1990).

Cada uma destas categorias está dividida em subcategorias, às quais são atribuídos créditos variáveis e onde são definidos requisitos que o edifício deverá cumprir, para obter créditos. A classificação atribuída a um edifício é contabilizada pela soma de todos os créditos conseguidos nas diversas categorias. Por exemplo, no uso habitacional (EcoHomes) o valor máximo é de 192 créditos, sendo, o edifício classificado consoante o valor obtido. A avaliação BREEAM é composta por quatro níveis de certificação distintos, "Pass", "Good", "Very Good", "Excellent".

- a) Certificado (*Pass*), se atinge 36 % dos critérios;
- b) Bom (*Good*), se atinge 48 % dos critérios;
- c) Muito Bom (*Very Good*), se atinge 60 % dos critérios;
- d) Excelente (*Excellent*), se atinge 70 % dos critérios.

Tal como referido anteriormente, o sistema define para o EcoHomes sete categorias, divididas em subcategorias, às quais são atribuídos os seguintes créditos:

Energia (40 créditos):

- a) Dióxido de carbono – 20 créditos (por exemplo 2 créditos se atingirem 60 kg CO₂/m².ano, atingindo os 20 créditos se o valor de emissão for zero);
- b) Isolamento do edifício – 10 créditos;
- c) Espaço de secar roupa – 2 créditos;
- d) Bens de elevada eficiência energética – 4 créditos;
- e) Iluminação externa – 4 créditos;

Transporte (16 créditos):

- a) Transportes públicos – 4 créditos;
- b) Armazenamento para bicicletas – 4 créditos;
- c) Amenidades Locais – 6 créditos;
- d) Escritório em casa – 2 créditos;

Poluição (28 créditos):

- a) Emissões de HCFC – 8 créditos;
- b) Emissões de Dióxido de azoto NO₂ – 12 créditos;
- c) Redução do escoamento superficial – 8 créditos;

Materiais (31 créditos):

- a) Madeira: Elementos da Estrutura – 6 créditos;
- b) Madeira: Acabamentos – 3 créditos;
- c) Instalações de Reciclagem – 6 créditos;
- d) Impacte Ambiental dos Materiais – 16 créditos;

Água (18 créditos):

- a) Uso Interno de Água – 15 créditos;
- b) Uso Externo de Água – 3 créditos;

Uso do Solo e Ecologia (27 créditos):

- a) Valor Ecológico do Local – 3 créditos;
- b) Valorização Ecológica – 3 créditos;
- c) Proteção das Características Ecológicas – 3 créditos;
- d) Alteração do valor ecológico do local – 12 créditos;
- e) Pegada do edifício – 6 créditos;

Saúde e Bem-estar (32 créditos):

- a) Iluminação (Luz do Dia) – 12 créditos;
- b) Isolamento sonoro – 16 créditos;
- c) Espaço privado – 4 créditos.

No seguimento da certificação da construção sustentável, a cada área de avaliação da sustentabilidade na construção é atribuída uma ponderação específica de acordo com a sua importância relativamente ao nível da sustentabilidade na construção.

Tabela 2.1

Número de critérios e ponderação das categorias no EcoHomes

Categoria	N.º créditos	Ponderação (%)
Energia	40	21
Transporte	16	8
Poluição	28	15
Materiais	31	16
Água	18	9
Uso do Solo e Ecologia	27	14
Saúde e Bem-estar	32	17

A aplicabilidade a nível nacional revelou-se possível, na maioria dos critérios, embora deva existir uma importante necessidade de ajustamento, nomeadamente nos valores de desempenho. Assim seria relevante, entre outros: na água dispor de maiores exigências; reduzir a elevada importância dada à madeira; ajustar à realidade nacional as formas de cálculo do balanço energético, especificações quanto à valorização energética e determinação das emissões do CO₂; ajustar as condições de isolamento acústico e da iluminação à realidade nacional.

2.2.2 Leadership in Energy and Environmental Design - LEED

Nos Estados Unidos foi desenvolvido um sistema de avaliação ambiental dos edifícios, pelo US Green Building Council, USGBC. O US Green Building Council tem em vista promover edifícios que são ambientalmente responsáveis e lucrativos, bem como lugares saudáveis para viver e trabalhar. Conjuga mais de 4000 organizações, desde profissionais da indústria da construção até universidades, passando por organizações não-governamentais, instituições federais, estaduais e locais (Pinheiro, 2006).

O sistema é conhecido pelo acrónimo de LEEDTM – Leadership in Energy and Environmental Design. Este sistema é baseado num programa voluntário, que pretende avaliar o desempenho ambiental de um edifício como um todo e considerando o ciclo de vida do mesmo. Existem, disponíveis, um conjunto de versões do LEED destinadas a diferentes utilizações, nomeadamente:

- a) LEED-NC (New Construction and Major Renovations) para novas construções comerciais e projectos de renovação com alguma dimensão. Existe ainda uma versão do LEED para alojamentos comerciais com menos de quatro andares (LEED Lodging) que deve ser utilizado conjuntamente com o LEED-NC;

- b) LEED-EB (Existing Buildings), para suportar a operação, manutenção (e melhoria) sustentável de edifícios existentes;
- c) LEED-CI (Commercial Interiors), espaços comerciais interiores;
- d) LEED-CS (Core and Shell Development), que abrange a construção de elementos dos edifícios, como a estrutura, o envelope e os sistemas dos edifícios, como o AVAC central;
- e) LEED-H (Home), para habitações;
- f) LEED-ND (Neighborhood Development), vocacionado para o desenvolvimento envolvente, assente no conceito e princípios do smart growth.

Entre as versões existentes, pela sua antiguidade e aplicação, destaca-se o sistema para as novas construções, isto é o LEED-NC, que se destina a guiar e a distinguir projetos de edifícios comerciais e institucionais. Os utilizadores têm também aplicado o sistema a escolas, edifícios multi-residenciais, unidades de transformação, laboratórios e outros tipos de edifícios.

O sistema LEED, não sendo o único existente, é o sistema mais difundido e utilizado nos Estados Unidos da América, estando em franca aplicação a diferentes tipos de empreendimentos, quer no sector público, quer no sector privado. Este sistema LEED inspirou o desenvolvimento de vários outros, como por exemplo o sistema australiano NABERS, um sistema de classificação de edifícios que tem em consideração diversos parâmetros de qualidade ambiental. Este é baseado na consideração dos impactes ambientais provocados, quer pela construção, quer pela operação do ambiente construído, nomeadamente no consumo de recursos e energia e na produção de resíduos.

A primeira versão deste sistema aparece em 1999, classificando globalmente o desempenho ambiental do edifício ao longo de todo o seu ciclo de vida. Na sua base de avaliação, está uma lista de critérios obrigatórios e classificatórios com créditos pré-definidos, tal como o sistema BREEAM, a partir da qual se analisa a eficiência potencial ambiental do edifício, possibilitando no final a atribuição de uma determinada pontuação, depois de analisados e contabilizados todos os critérios e parâmetros. A pontuação final contabilizada é efetuada através do somatório de todos os critérios comprovadamente cumpridos, com a obrigatoriedade do cumprimento dos pré-requisitos. A cada parâmetro existente são atribuídos pontos e é também adotado um pré-requisito como critério principal. O facto de não existir uma ponderação em cada ponto permite ao edifício obter uma avaliação final compensatória, ou seja, mesmo que este tenha o mínimo de desempenho permitido numa determinada categoria ou critério, esta pode ser compensada por uma boa classificação em outra categoria (ver tabela 2.2).

Tabela 2.2

Lista dos créditos do LEED para novas construções e grandes renovações (LEED, 2009).

Locais Sustentáveis	(23.6%)	26 Pontos possíveis
		Requisito
Prevenção da poluição da atividade de construção.		
Seleção do local.		1
Redesenvolvimento urbano (Cálculo da evolução da densidade tanto para a área do projeto como para a sua área envolvente.)		5

Redesenvolvimento de locais ambientalmente contaminados por atividades outrora aí existentes (Brownfield site é a classificação atribuída pela EPA a este tipo de locais.)	1
Transporte alternativo, acessos a transportes públicos.	6
Transporte alternativo, infraestruturas específicas para bicicletas e infraestruturas para troca de roupa / equipamento.	1
Transporte alternativo, veículos eficientes, baixa emissão de combustível.	3
Transporte alternativo, capacidade do parque.	2
Redução dos distúrbios provocados pela construção do projeto no local, sobretudo zonas verdes, proteção e recuperação de espaços abertos.	1
Redução dos distúrbios provocados pela construção do projeto no local, desenvolvimento da pegada ecológica do edifício.	1
Gestão de situações de mau tempo, com chuva forte. Taxa e quantidade (Plano de redução de fluxo de água em terrenos significativamente permeáveis > 50%).	1
Gestão de situações de mau tempo, com chuva forte. Tratamento (Boas práticas para remoção dos sólidos suspensos totais e de fósforo total.)	1
Paisagem e design exterior para reduzir zonas localizadas de calor, superfícies exteriores.	1
Paisagem e design exterior para reduzir zonas localizadas de calor, superfícies cobertas das construções.	1
Redução da saída de radiação de luz direta, do local do edifício.	1
Uso eficiente dos recursos hídricos (9.1%)	10 Pontos possíveis
Eficiência na utilização de água, redução em 50% (elevada eficiência do equipamento de irrigação e redução do consumo de água potável para irrigação).	Requisito
Eficiência na utilização de água, não utilizar água potável (e.g. utilizar um sistema de captura de água da chuva) ou não efetuar irrigação.	2-4
Tecnologias inovadoras de tratamento, no local, dos efluentes do edifício.	2
Redução na utilização de água.	2-4
Energia e atmosfera (31.9%)	35 Pontos possíveis
Instruções fundamentais dos sistemas do edifício.	Requisito
Desempenho energético mínimo (de acordo com a regulamentação).	Requisito
Redução de CFC's no equipamento do sistema de ar condicionado e ventilação	Requisito
Desempenho energético otimizado.	1-19
Contribuição das energias renováveis.	1-7
Instruções adicionais.	2
Degradação da camada do ozono.	2
Medição e verificação.	3
Energia verde (fontes de energia renováveis).	2
Materiais e recursos (12.7%)	14 Pontos possíveis
Recolha e armazenamento de materiais recicláveis (locais específicos para).	Requisito
Reutilização do Edifício, manutenção de 100% das linhas gerais de estrutura do edifício.	1-3

Reutilização do Edifício, manutenção de 100% das linhas gerais de estrutura do edifício e de 50% de outros componentes, como o interior das paredes, coberturas do chão e teto.	1
Gestão dos resíduos de construção.	1-2
Reutilização dos materiais.	1-2
Conteúdo reciclado dos materiais, nos materiais de construção.	1-2
Materiais Locais / Regionais.	1-2
Materiais rapidamente renováveis.	1
Madeira certificada.	1
Qualidade do ar interior (13.6%)	15 Pontos
Desempenho mínimo da qualidade do ar interior (relativamente às normas ASHRAE 62-1999).	Requisito
Controlo interior do fumo do tabaco (locais onde é proibido o consumo do tabaco e, nos locais específicos para fumadores, assegurar que o sistema de ventilação é independente das áreas de não fumadores).	Requisito
Monitorização do dióxido de carbono (CO2).	1
Eficiência crescente da ventilação.	1
Plano de Gestão da Qualidade do Ar Interior, durante a construção.	1
Plano de Gestão da Qualidade do Ar Interior, após a construção.	1
Materiais de baixa emissão de COV's, adesivos e selantes.	1
Materiais de baixa emissão de COV's, tintas.	1
Materiais de baixa emissão de COV's, tapetes.	1
Materiais de baixa composição em resina de ureia-formaldeído, materiais com madeira na sua composição.	1
Controlo de fontes de poluentes e de químicos no interior do edifício.	1
Capacidade de controlar os sistemas, criar áreas de operação para controlo dos vários sistemas, no perímetro regularmente ocupado.	1
Capacidade de controlar os sistemas, controlos individuais do fluxo de ar, temperatura e iluminação, fora do perímetro regularmente ocupado.	1
Conforto térmico, de acordo com ASHRAE 55-1992.	1
Conforto térmico, sistema de monitorização permanente da temperatura e da humidade.	1
Iluminação natural e vistas, Iluminação natural para 75% dos espaços.	1
Iluminação natural e Vistas, 90% dos espaços têm acesso a vistas.	1
Inovação e processos de projeto (5.5%).	6 Pontos possíveis
Inovação no design, informação sobre medidas inovadoras incorporadas no projeto e quais os seus benefícios sustentáveis.	1-5
Profissionais acreditados LEED	1
Prioridade regional (3.6%).	4 Pontos possíveis
Prioridade regional	1-4

O sistema LEED abrange um guia e uma lista de verificação de projeto, na qual estão representadas sete áreas gerais. Cada uma das sete áreas de avaliação integra um conjunto de

pontos que, no seu somatório, perfazem um total de 110 pontos aos quais é atribuído uma classificação (ver tabela 2.3). O somatório de pontos obtidos, levam à atribuição de diversos níveis de certificação: “certificado”, “certificado prata”, “certificado ouro” e “certificado de platina”. Para que o edifício possa obter um Certificado LEED, este tem que garantir um mínimo obrigatório de 40 pontos (ver tabela 2.3) de um total de pontos das sete áreas envolvidas (LEED, 2009).

Tabela 2.3

Níveis de certificação do sistema LEED (LEED, 2009)

Níveis de certificação	Pontos
Certificado	40 a 49
Certificado Prata	50 a 59
Certificado Ouro	60 a 79
Certificado Platina	80 a 110

As ponderações são atribuídas a cada área consoante o grau de importância que o sistema lhe confere. Tal como em outros sistemas, existem determinadas áreas às quais o sistema dá maior importância, sendo que para o LEED essa área corresponde à Localização Sustentável e Energia e Atmosfera, com 35 pontos possíveis que corresponde à uma ponderação de 31.9% (ver tabela 2.2).

No LEED, tal como no BREEAM, o desempenho energético é associado a melhorias das normas energéticas, que são específicas dos Estados Unidos da América e do Reino Unido, sendo importante o seu ajustamento e adaptação à realidade nacional. Idêntica situação se coloca no que se refere à necessidade de ajustamento à realidade nacional em relação ao conforto térmico.

Em síntese, as aplicações nacionais do LEED efetuadas ao nível de teste, revelaram que para haver aplicabilidade à realidade nacional deveriam ser equacionadas alterações pontuais, quer nos critérios, quer nas ponderações das categorias, devendo estas ser sujeitas a ajustamentos, nomeadamente dando uma maior importância às questões da água e diminuindo ligeiramente a ponderação existente no que se refere à qualidade do ar interior (Pinheiro, et al., 2002).

2.2.3 Haute Qualité Environnementale - HQE

O Estado Francês, através do Plano de Construção e Arquitetura (*PCA – Plan, Construction et Architecture*), investiu no desenvolvimento de uma abordagem de reflexão e ajuda experimentais tendo em vista criar edifícios que respeitem o ambiente. Em 1993 foi criado um novo polo de investigação e desenvolvimento, através do programa de "Ecologia e Habitat". Conjuntamente, a Agência de Ambiente e Energia (ADEME), lançou uma consulta sobre "produtos, técnicas e métodos para edifícios mais favoráveis ao ambiente" (Olive, 1998).

Foram criadas um conjunto de atividades de avaliação e demonstração experimentais (REX-Réalisations Expérimentales) bem como uma direção de avaliação da qualidade ambiental dos edifícios (*ATEQUE-Atelier d'évaluation de la qualité environnementale des bâtiments*). A reflexão deste último organismo contribui para a tomada de consciência da complexidade dos trabalhos a desenvolver: estabelecer um equilíbrio entre as características dos edifícios e a satisfação das exigências ambientais.

Originalmente destinado a desenvolver uma definição simples e descritiva dos critérios de qualidade ambiental, o seu papel foi-se orientando para ajudar a avaliar e programar as decisões principais no alojamento social. Esta direção geral levou à criação, em 1997, da associação HQE (*Haute Qualité Environnementale*), destinada ao desenvolvimento da gestão da qualidade ambiental nos edifícios (Pinheiro, 2006).

A definição formal de qualidade ambiental, segundo a associação HQE, é "*qualidade ambiental do edifício e dos seus equipamentos (em produtos e serviços) e os restantes conjuntos de operação, de construção ou adaptação, que lhe conferem aptidão para satisfazer as necessidades de dar resposta aos impactes ambientais sobre o ambiente exterior e a criação de ambientes interiores confortáveis e sãos*" (Pinheiro, 2006). Os princípios consistem em:

- a) Reduzir os impactes dos edifícios sobre o ambiente exterior, ao nível global, regional e local;
- b) Criar um ambiente interior confortável e saudável para os utilizadores.

Em 1998 a associação HQE, apontou para a importância ambiental dos edifícios, numa perspetiva de abordagem voluntária, especificando a qualidade ambiental num conjunto de 14 áreas de intervenção, (denominadas *cibles*) organizadas em dois domínios contendo da um duas famílias, isto é, *eco construção* e *eco gestão, conforto e saúde* (Olive, 1998) (ver tabela2.4).

Tabela 2.4

Área de avaliação do sistema HQE (Zambrano, 2004)

Famílias	Objetivos específicos
Eco construção	<ul style="list-style-type: none"> • Relação harmoniosa do edifício com o local de implantação • Eleição integrada dos processos e produtos construtivos • Baixo impacte da obra no local
Eco gestão	<ul style="list-style-type: none"> • Gestão energética • Gestão da água • Gestão dos resíduos gerados pelo uso • Manutenção e conservação
Conforto	<ul style="list-style-type: none"> • Conforto higrotérmico • Conforto acústico • Conforto visual • Conforto olfativo
Saúde	<ul style="list-style-type: none"> • Condições sanitárias • Qualidade do ar • Qualidade da água

A grande diferenciação do HQE em relação aos outros métodos de avaliação ambiental em edificações é o fato que ele não prevê uma lista de verificação pré-existente. O empreendimento para obter a certificação deve atender sempre às questões normalizadas ou legais para obter a pontuação mínima. São os empreendedores que apontam quais são os objetivos que serão definidos a partir das características do projeto (Fossati, 2008). Uma certificação HQE demonstra conformidade com uma norma de certificação e da criação de um Sistema de Gestão Ambiental

(SGA). Neste sentido, a entidade adjudicante define níveis de desempenho e está empenhada em capacitar os autores do projeto para alcançá-los.

A certificação contempla dois referenciais: o do sistema de gestão do empreendimento (*SMO - Système de Management d'Opération*) e o da qualidade ambiental do edifício (*QEB – Qualité Environnementale du Bâtiment*). Estes referenciais interrelacionam-se, fazendo referências respetivamente um ao outro. O primeiro pode ser considerado como sendo universal, válido, portanto, para outros países praticamente tal como publicado, enquanto o segundo é adaptado às construções francesas e à legislação local. O SMO apoia o empreendedor na gestão do desenvolvimento do empreendimento, assegurando que a qualidade ambiental, definida pela referência de QEB, seja alcançada (Pinheiro, 2006).

A certificação não se baseia num sistema de pontuação, com notação por níveis (estrelas, por exemplo), sendo conferida quando, em cada fase do empreendimento, se respeita um perfil ambiental previamente definido pelo empreendedor. A definição do perfil é feita levando-se em conta as características, e as vantagens e desvantagens relativamente ao ambiente do local onde o empreendimento será realizado, as exigências legais e regulamentares pertinentes, as necessidades e expectativas das partes interessadas e os objetivos ambientais do empreendedor (Pinheiro, 2006).

Esse perfil determina as categorias de preocupações ambientais, sanitárias e de conforto, que serão privilegiadas, entre as 14 definidas. As categorias privilegiadas deverão ter um desempenho igual ou superior ao constatado em empreendimentos realizados em França, considerados como exemplos de excelência ambiental ou, pelo menos, superior ao das práticas usuais; as categorias não prioritárias terão um desempenho pelo menos igual ao normalizado ou regulamentado, ou equivalente às práticas usuais. Um aspeto importante é o entendimento adotado para o conceito de "qualidade ambiental", que representa a "qualidade ambiental, sanitária e de conforto". A primeira forma de qualidade relaciona-se com o "edifício" (incluindo a construção e o seu uso e operação) e as duas últimas com os seus utilizadores.

A equipa de auditoria não avalia a qualidade ambiental do empreendimento, tarefa sob a responsabilidade do empreendedor. Ela apenas verifica os elementos por este fornecido, assegurando-se de que os objetivos da QEB estabelecidos são coerentes e pertinentes ao contexto do empreendimento, que os mesmos são atingidos aquando da entrega da obra, e que todos os agentes envolvidos no empreendimento se encontram organizados para atendê-los e são capazes de demonstrar os resultados obtidos. A equipa intervirá ao longo do empreendimento, mais especificamente no final das fases referentes ao Programa, projeto e à execução. O certificado será atribuído à fase correspondente e estará subordinado à obtenção de um desempenho mínimo nas 14 categorias de preocupações ambientais, sanitárias e de conforto de QEB, definidas pela Associação HQE e adotadas pela certificação.

Para cada uma das categorias é perseguido um dos três níveis possíveis de desempenho: *Base*, *Performant* e *Très Performant*, podendo ser entendidos respetivamente como o nível de base, desempenho bom e desempenho elevado. Para obter a certificação, o empreendedor deverá escolher, entre as 14 categorias de preocupações, pelo menos 7 que responderão pelo menos às exigências do nível *Performant*, entre as quais pelo menos 3 respondendo aquelas do nível *Très*

Performant. As categorias remanescentes – no máximo 7 – deverão atender às exigências do nível *Base*.

A QEB visada estrutura-se, assim, num perfil ambiental que dá prioridades de importância às 14 categorias de preocupações ambientais. Para definir as "limites" entre níveis, o CSTB entendeu como correspondendo à *Base* (indicado "*B*") os desempenhos normalizados ou regulamentares ou correspondentes às práticas usuais; como sendo *Performant* ou Além da Base (indicado "*P*") os desempenhos superiores às práticas usuais; como *Três Performant* ou Superior (indicado "*TP*") a partir dos desempenhos máximos recentemente constatados em empreendimentos já realizados em França, considerados pelos agentes do sector como exemplos de boas práticas de qualidade ambiental, e que sejam reproduzíveis noutros empreendimentos.

O sistema HQE, não possui qualquer tipo de processo de ponderações no que diz respeito às áreas de avaliação. Hierarquiza essas áreas apenas de acordo com o seu grau de importância, de modo a identificar as prioridades, traçando o perfil ambiental desejado.

Os testes efetuados ao HQE em edifícios nacionais, quer de habitação, quer de escritórios, revelam que este sistema é, de facto, interessante, embora se verifique a necessidade de serem efetuados ajustamentos significativos à realidade nacional. Estes ajustamentos podem revelar alguma dimensão dada a multiplicidade de critérios envolvidos (definidos como preocupações ambientais), a necessidade de proceder ao seu aprofundamento e a objetivação dos mesmos, a que se associa, por sua vez, a definição de três níveis específicos para cada um (Pinheiro, 2006).

Um maior interesse, comparativamente com os sistemas LEED e BREEAM, reside, porventura, na perspectiva dos múltiplos referenciais, divididos entre o referencial de qualidade ambiental e o de gestão ambiental, abrindo a porta para uma interligação entre o referencial e o sistema de gestão ambiental, permitindo assim contribuir para um maior apoio ao desenvolvimento do empreendimento e para a adoção das medidas ambientais (Pinheiro, 2006).

2.2.4 Building Environmental Performance Assessment Criteria - BEPAC

O BEPAC foi o primeiro método canadiano para avaliação abrangente do desempenho ambiental de edifícios. A primeira versão foi lançada em dezembro de 1993 para edifícios na província de British Columbia. Versões regionais foram posteriormente derivadas para as províncias de Ontário e The Maritimes, para considerar variações nas matrizes energéticas e nas prioridades ambientais. Trata-se de um método padronizado e abrangente desenvolvido exclusivamente para a avaliação do desempenho ambiental de edifícios comerciais novos ou existentes. O método é orientado a incentivos, para guiar e encorajar o mercado a valorizar práticas com maior responsabilidade ambiental e padrões de desempenho mais elevados. Os edifícios poderão ser certificados de acordo com a qualidade ambiental de seu projeto e gestão (Cole, et al., 1994).

O BEPAC foi desenvolvido à luz do BREEAM, sendo as semelhanças conceituais mais notáveis:

- a) O BEPAC é um programa de adoção voluntária;
- b) O desempenho do edifício é dado pelo conjunto de desempenho potencial e práticas de gestão da operação;

- c) A base para avaliação (sejam edifícios novos ou existentes) é o desempenho esperado da congregação de práticas de excelência, em função das normas disponíveis que orientem projeto e operação de edifícios e do conhecimento consolidado e de tecnologias/conceitos emergentes nestas áreas;
- d) Os itens avaliados são agrupados conforme a escala do impacto;
- e) A avaliação é de terceira parte, feita por avaliadores treinados pelo BEPAC ou que demonstrem conhecimento reconhecido em todos nos campos avaliados.

O projeto para desenvolvimento do BEPAC foi encerrado em 1993. Este método foi o embrião do que mais tarde seria o projeto *Green Building Challenge* (ver item 2.2.5). O GBC também foi iniciado no Canadá, sob a coordenação de desenvolvedores do BEPAC e de iniciativas do NRCan (*Natural Resources Canadá*), como o C-2000 (*Integrated Design Process*) e o CBIP (*Commercial Buildings Incentive Program*). A GBTool (*Green Building Tool*), ferramenta utilizada no GBC, foi desenvolvida a partir de uma combinação do BEPAC com o C-2000.

O desempenho ambiental de um edifício resulta da interação do edifício e seus sistemas principais (denominado no BEPAC de “*edifício-base*”) e com a maneira com que o edifício é utilizado e gerido/operado. A estrutura do BEPAC então distingue critérios de projeto e de gestão separados para o edifício-base e para a tipologia de ocupação (Figura 2.1) (Cole, et al., 1994). Estes créditos estão distribuídos em quatro módulos: (1) projeto do edifício base; (2) gestão do edifício-base; (3) projeto da ocupação; e (4) gestão da ocupação. Cada módulo é avaliado segundo cinco categorias: Proteção da camada de ozônio; · Impacte ambiental do uso de energia; · Qualidade do ambiente interno; · Conservação de recursos; e Contexto de implantação e transporte.

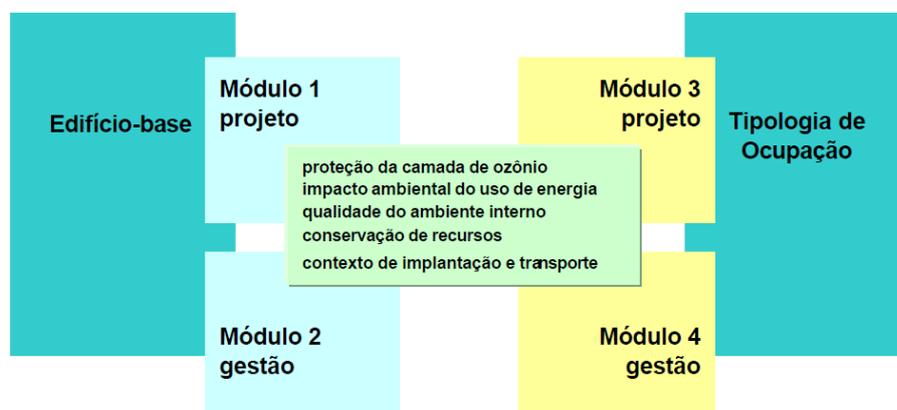


Figura 2.1: Estrutura do BEPAC (Silva, 2003)

As categorias de impacto cobrem um conjunto abrangente de aspetos ambientais que percorrem as escalas global, local e interna (como no BREEAM), e para permitir maior detalhamento da avaliação, algumas delas são subdivididas. Para cada categoria de impacto existem critérios formulados apropriadamente para avaliação por projetistas ou por gerentes de operação. Estes critérios incorporam referências objetivas de desempenho, utilizando avaliações numéricas sempre que possível.

Em cada categoria, os critérios de avaliação são divididos em essenciais, importantes ou suplementares, e podem receber de 1 a 10 pontos. A série ampla de categorias cobertas pelo BEPAC inviabiliza o uso de um sistema único de atribuição de créditos para critérios de naturezas tão diferentes. Por essa razão, as categorias proteção de camada de ozônio e impactos ambientais do uso de energia são predominantemente orientadas a desempenho, e os pontos são atribuídos de acordo com o desempenho avaliado/estimado. Por outro lado, as seções qualidade do ambiente interno, conservação de recursos, contexto de implantação e transporte são predominantemente prescritivas, i.e., os pontos são atribuídos apenas diante da presença de determinado dispositivo ou estratégia (Cole, et al., 1994).

Para se determinarem os critérios correspondentes, os pontos obtidos em cada critério são depois multiplicados por fatores de ponderação. O objetivo desta ponderação passa por procurar refletir a significância e prioridade em relação aos demais critérios na mesma categoria, ou o esforço necessário para atender ao critério estipulado. Esta ponderação é conduzida apenas dentro das categorias de impacto. Devido às diferenças fundamentais entre as categorias, elas não são ponderadas entre si. Portanto, o resultado final da avaliação traz o total de créditos obtidos em cada uma das cinco categorias e, no certificado concedido, os créditos obtidos são mostrados em relação ao valor máximo possível para cada critério (Cole, et al., 1994).

2.2.5 Green Building Challenge - GBC

Green Building Challenge (GBC) é um consórcio internacional reunido com o objetivo de desenvolver um novo método para avaliar o desempenho ambiental de edifícios: um protocolo de avaliação com uma base comum, porém capaz de respeitar diversidades técnicas e regionais (Cole & Larsson, 2000). O GBC caracteriza-se por ciclos sucessivos de pesquisa e difusão de resultados. A etapa de desenvolvimento inicial (24 meses), integralmente financiada pelo governo do Canadá, envolveu 15 países e culminou em uma conferência internacional em Vancouver, Canadá – a GBC'98.

A divulgação dos resultados da segunda fase de desenvolvimento (18 meses), compreendendo trabalhos de 19 países, foi um dos ramos centrais da conferência *Sustainable Buildings 2000*. Desta etapa em diante, o governo canadense deixou de ser responsável pela gestão do processo. A coordenação do GBC, assim como a coresponsabilidade pela sequência de conferências *Sustainable Buildings (SB)* foi absorvida pela iiSBE (*International Initiative for Sustainable Built Environment*) em 2000, alterando a designação do sistema GBC para GBTool. Com isso, as equipes participantes do GBC tornaram-se responsáveis pela captação dos recursos necessários para condução de suas avaliações.

O terceiro ciclo (24 meses) envolveu pesquisas conduzidas em 24 países, cujos resultados foram divulgados em nova conferência internacional (*SB'02/GBC'02*), realizada em Oslo, Noruega. O quarto ciclo iniciou-se em 2003 e foi concluído com a *SB'05*, em Tóquio.

Uma diferença notável entre o GBC e a primeira geração de sistemas de avaliação ambiental de edifícios é que estes últimos fornecem alguma forma de classificação de desempenho, vinculada a um sistema de certificação. O objetivo geral do GBC é prover uma base metodológica sólida e a mais científica possível, dentro das limitações do estado atual do conhecimento.

O GBC procura diferenciar-se como uma nova geração de sistemas de avaliação, desenvolvida especificamente para ser capaz de refletir as diferentes prioridades, tecnologias, tradições construtivas e valores culturais de diferentes países ou regiões em um mesmo país. A pontuação é dada por comparação com desempenhos de referência (benchmarks), e as equipes de avaliações são encorajadas a indicar a melhor ponderação entre as categorias de impacto em cada caso (Silva, 2003).

As principais características da avaliação no GBC são (Cole, et al., 1994):

- a) Para realizar uma comparação internacional de edifícios, o GBC utiliza indicadores de sustentabilidade ambiental, sendo que os valores posteriormente atribuídos a cada indicador são normalizados por área e por área de ocupação;
- b) Para fornecer resultados aderentes às particularidades locais, o GBC estabelece:
 - b1) Ponderação personalizável: a pontuação das categorias principais é multiplicada pelos fatores de ponderação correspondentes, definidos pelas equipes de avaliação segundo condições específicas do contexto em que se inserem. No momento, os pesos dos itens dentro das categorias não são alterados pelo usuário;
 - b2) Pontuação atribuída segundo uma escala de graduação de desempenho. Os resultados são posteriormente comparados a desempenhos de referência (benchmarks).
- c) Para fornecer os resultados com maior apoio científico:
 - c1) Maior uso possível de critérios orientados ao desempenho;
 - c2) A estrutura está parcialmente organizada no formato SETAC/ISSO 14.040 de LCA (categorias uso de recursos e cargas ambientais);
 - c3) Modelos e estimadores simplificados (para elementos como energia e emissões incorporadas nos materiais e impactos associados a transporte) desenvolvidos em agências de pesquisa internacionais vêm sendo incorporados no cálculo dos impactos (especialmente emissões) e na ponderação;
 - c4) Comitês do GBC buscam fundamentação consistente para a definição de benchmarks; de critérios de ponderação entre e intra categorias e de uma gama mais alargada de indicadores de sustentabilidade para refinar as comparações internacionais.

Este sistema usa como base metodológica um sistema hierárquico de critérios de avaliação ambiental de edifícios, sendo avaliadas seis categorias no GBC. A pontuação atribuída a cada uma delas é feita segundo uma escala de graduação de desempenho que vai de -2 a +5 (Figura 2.2). O zero da escala corresponde ao desempenho de referência (benchmark). Este sistema de pontuação foi projetado para tentar acomodar critérios qualitativos e quantitativos (Cole, et al., 1994).

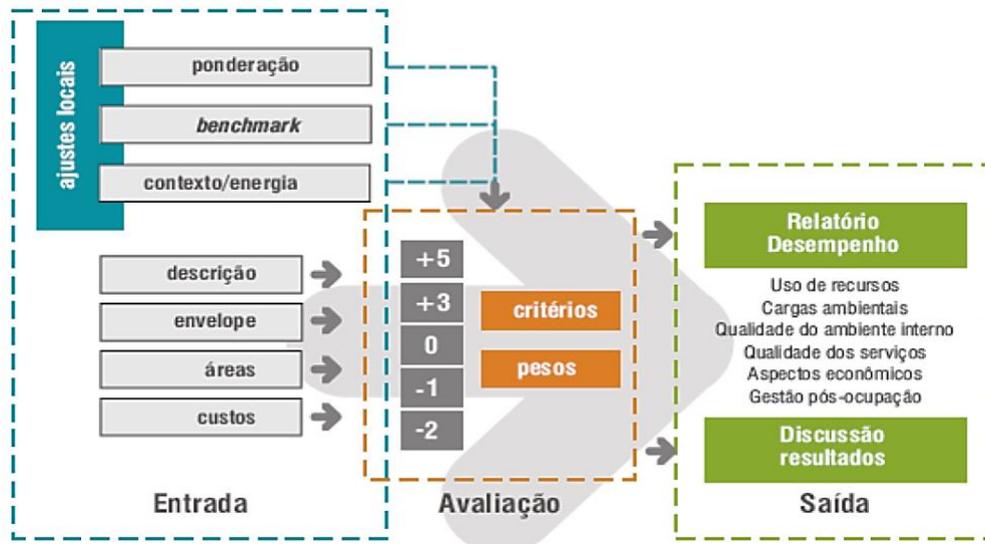


Figura 2.2: Obtenção do Índice de Desempenho Ambiental GBC (Cole, et al., 1994)

O sistema abrange todas as áreas mais importantes do ciclo de vida do edifício (ver tabela 2.5), sendo de destacar a introdução de duas áreas mais específicas e distintas em relação aos sistemas anteriormente estudados: a área de Qualidade dos Serviços e a de Aspectos Culturais.

Tabela 2.5

Áreas de avaliação e ponderações entre áreas do sistema GBC (GBTool, 2007)

Áreas de avaliação da sustentabilidade na Construção	Parâmetros de avaliação
Uso de recursos (23%)	Água Energia Solos Materiais
Cargas ambientais (27%)	Emissões Efluentes Resíduos sólidos Poluição lumino-térmica
Qualidade do ambiente interno (18%)	Qualidade do ar Ventilação Conforto
Qualidade dos Serviços (16%)	Flexibilidade Adaptabilidade Controle pelo utilizador Espaços externos e impactes nas propriedades adjacentes
Aspectos socioeconómicos (5%)	Custos de construção do edifício Custos anuais de operação e manutenção do edifício
Gestão pré-ocupação (8%)	Planeamento do processo de construção Verificação Pré-entrega Planeamento da operação
Aspectos culturais (3%)	Cultura e património

Relativamente às ponderações entre as áreas de avaliação, destacam-se as Cargas Ambientais e o Uso de Recurso como as áreas com maior pontuação a nível da sua avaliação, dando, por outro lado, menor pontuação aos Aspetos Socioeconómicos e Culturais (ver tabela 2.5).

Além do gráfico de desempenho global e do desempenho em cada categoria (Figura 2.3), a ferramenta gera automaticamente seis gráficos parciais, um para o desdobramento de cada categoria implementada. A linha vermelha (nota 0) representa a prática convencional (benchmark).

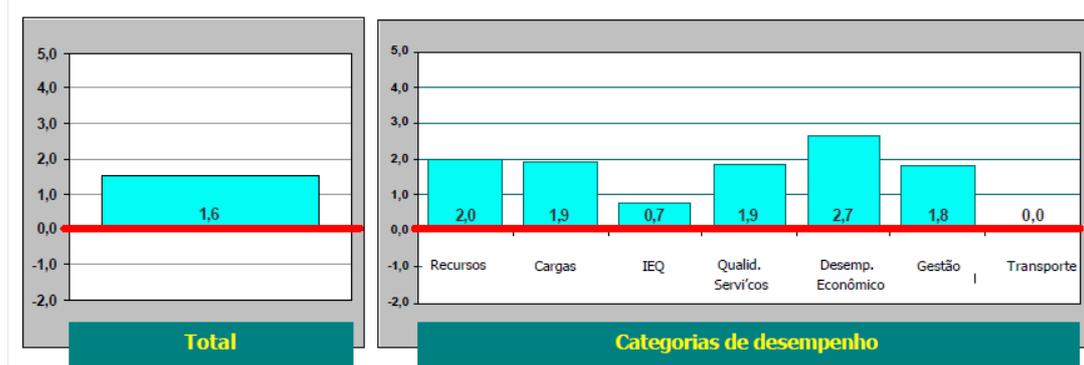


Figura 2.3: Saída gráfica de resultado (Silva, 2003)

2.2.6 Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency (CASBEE)

A mais recente inovação no campo das avaliações ambientais de edifícios é o *Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency – CASBEE* (JSBC, 2001), apresentada publicamente pelo *Japan Sustainability Building Consortium* - durante a SB'02 em Oslo, com o intuito de lançar um novo sistema ambiental de avaliação que unisse as exigências políticas com as do mercado, informando a sociedade quanto ao ciclo de vida do edifício.

O sistema CASBEE consiste em quatro ferramentas de avaliação, sendo que cada um deles está direcionado para utilizadores distintos, consoante o tipo de fase do ciclo de vida do edifício por eles avaliada. Estes quatro instrumentos são ainda divididos em duas categorias, tal como os sistemas anteriormente estudados, uma vocacionada para edifícios novos e outra para o edificado existente. Estas ferramentas destinam-se à avaliação de edifícios de escritórios, escolares e residenciais e são detalhados na tabela 2.6.

Tabela 2.6

Conjunto de ferramentas que compõe o CASBEE (CASBEE, 2008)

Tipo de edifícios	Ferramenta	Usuários	Objetivos
Edifícios Novos	Ferramenta de avaliação pré-projecto	Proprietários Projetistas	Identificação do contexto básico do projeto, com ênfase em seleção do local apropriado e impactes básicos do projeto.
	Ferramenta de projeto para o meio ambiente (DfE)	Projetistas Construtores	Teste simples de autoavaliação para auxiliar a melhorar a eficiência ambiental do edifício (BEE) durante o processo de projeto.

Edifícios Existentes	Ferramenta de certificação ambiental	Proprietários Projetistas Construtores Agentes imobiliários	Para classificar edifícios concluídos, segundo sua eficiência ambiental. Determinar o valor básico de mercado do edifício certificado.
	Ferramenta de avaliação pós-projeto (operação e renovação sustentáveis)	Proprietários Projetistas Operadores/gestores	Prover informações sobre como melhorar a BEE durante a etapa de operação.

A estrutura conceitual do sistema CASBEE caracteriza-se pela definição dos limites do sistema analisado (o edifício) e pelo levantamento e balanceamento entre impactos positivos e negativos gerados ao longo de seu ciclo de vida.

O CASBEE propõe aplicar o conceito de sistemas fechados, ou seja considera um espaço hipotético encerrado pelos limites do terreno para determinar a capacidade ambiental relacionada ao edifício a ser avaliado (ver Figura 2.4).



Figura 2.4: Esquema de avaliação do sistema CASBEE (CASBEE, 2008)

Este limite hipotético define e distingue claramente o espaço dentro dos limites do terreno (ambiente como propriedade privada), e o espaço fora dos limites do terreno (ambiente como propriedade pública). Em relação a estes dois tipos de espaços, o CASBEE define dois fatores:

- L (Cargas ambientais), impactos negativos que se estendem para fora do espaço hipotético;
- Q (Qualidade ambiental), qualidade e desempenho ambiental do edifício dentro do espaço hipotético.

Para integrar a avaliação destes dois fatores ligados aos espaços, dentro e fora do limite hipotético em torno do local, a ideia do indicador de Eco-Eficiência é introduzida pelo CASBEE. A Eco-Eficiência é normalmente definida como “valores de produtos ou serviços por unidade de carga ambiental”. Esta definição é modelada no quociente entre a saída (output) benéfica e saída (output) não-benéfica mais a entrada de um edifício (CASBEE, 2008). Assim, o CASBEE modifica o

conceito de ecossistemas fechados, com o objetivo de relacionar os dois fatores "L" e "Q", criando um indicador de eficiência ambiental do edifício designado por BEE (*Building Efficiency Environmental*). Conforme se pode observar na tabela 2.7, quanto maior o quociente do $BEE=Q/L$ (qualidade/cargas, onde a qualidade representa a qualidade do ambiente interno e as cargas o uso de energia) maior a sustentabilidade ambiental do edifício (CASBEE, 2008).

Tabela 2.7

Modificação proposta pelo CASBEE para aplicação do conceito de eco-eficiência (JSBC, 2001)

Definição de eco-eficiência	
Definição original	$\frac{\text{Valor do produto ou serviço}}{\text{Unidade de carga ambiental}}$
Definição modelada	$\frac{\text{Saídas benéficas}}{\text{Entradas + Saídas não benéficas}}$
Definição usada no CASBEE	$\frac{\text{Qualidade e desempenho ambiental do edifício}}{\text{Cargas ambientais causadas pelo edifício}}$

A inovação do CASBEE não está nas categorias avaliadas, mas em implementar avaliações ambientais com base no conceito de *eficiência ambiental do edifício*. A sua estrutura de avaliação representada na tabela 2.8, tem como objetivo principal fornecer uma base metodológica sólida, para orientar o desenvolvimento de métodos de avaliação locais (Silva, 2003).

Tabela 2.8

Estrutura de avaliação do CASBEE

Aspetos avaliados	Categoria para derivar o BEE Categoria (peso)	Pontos	BEE
Qualidade ambiental			
Q1: Ambiente interno (0.50)			
	Ruído e acústica	15	
	Conforto térmico	15	
	Iluminação	20	
	Qualidade do ar	15	
	Q2: Qualidade dos serviços (0.35)		Numerador BEE
Consumo de energia	Funcionalidade	10	
Uso de recursos críticos	Durabilidade	10	
Ambiente local	Flexibilidade e adaptabilidade	15	
Ambiente interno	Q3: Ambiente externo ao edifício no terreno		
	Manutenção e criação de ecossistemas	5	
	Paisagem	5	
	Características locais e culturais	5	
Cargas ambientais			
	L1: Energia (0.50)		Denominador BEE
	Carga térmica do edifício	5	
	Uso de energia natural	10	

	Eficiência dos sistemas prediais	5
	Operação eficiente	10
L2: Recursos e materiais (0.30)		
	Água	10
	Eco materiais	30
L3: ambiente fora do terreno (0.20)		
	Poluição do ar	5
	Ruído e odores	10
	Acesso a ventilação	5
	Acesso a iluminação	5
	Efeitos de ilhas de calor	5
	Carga em infraestrutura local	5
80 Subitens	18 Categorias	220

O conceito de eficiência ambiental é o resultado de uma divisão com o numerador representado pela qualidade ambiental do edifício pelas cargas ambientais causadas pelo edifício. A qualidade ambiental é o resultado do somatório dos pontos referentes ao ambiente interno (Q1), à qualidade dos serviços (Q2) e ao ambiente externo do edifício (Q3). A carga ambiental é o somatório dos pontos de energia (L1), recurso e materiais (L2) e ambiente fora do limite do terreno (L3).

A pontuação final é sumarizada em cinco conceitos, do mais baixo ao mais alto: C, B-, B+, A e S (superior). Há uma pontuação mínima ($BEE > 1$) que deve ser atingida pela classificação. A avaliação do projeto ou edifício é representada em gráfico, que ilustra a posição do resultado em relação aos outros conceitos (ver figura 2.5)

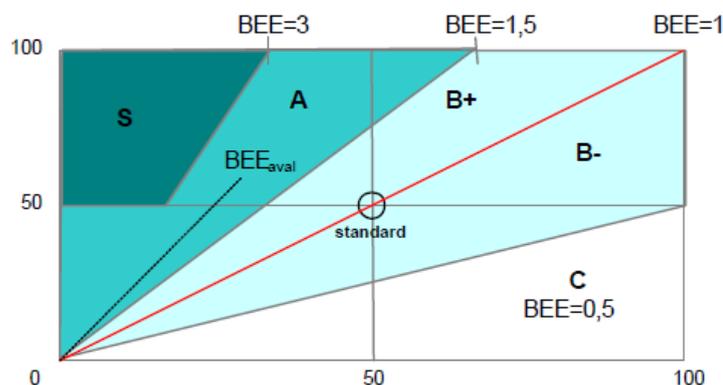


Figura 2.5: Diagrama de eficiência ambiental (BEE) (Silva, 2003)

2.3 SISTEMAS DE AVALIAÇÃO PORTUGUESES

A criação de sistemas de avaliação específicos para edifícios veio possibilitar a certificação da sustentabilidade nas construções. Estes sistemas estão em constante evolução, ampliando o seu campo de aplicação. O objetivo principal, neste momento, é desenvolver e implementar metodologias sistemáticas para apoiar um projeto de construção que estabeleçam o equilíbrio

mais adequado entre as diferentes dimensões da sustentabilidade, e que seja, ao mesmo tempo, prático, transparente e flexível o suficiente para ser facilmente adaptados a diferentes tipos de edifícios e para a constante evolução da tecnologia (BREEAM, 2008).

A utilização desses sistemas sem a sua prévia adaptação ao contexto ambiental, sociocultural e económico e aos regulamentos, tecnologias e tradições da construção nacional, provoca grandes enviesamentos nos resultados, o que torna os mesmos inúteis tornando-se assim necessário que os sistemas sejam adaptados ao contexto português.

Em Portugal, foram desenvolvidos e aplicados e divulgados dois sistemas de avaliação: O sistema LiderA que assenta no conceito de reposicionar o ambiente na construção, na perspetiva da sustentabilidade (avaliando-a e fomentando-a), considerando a dimensão ambiental no âmbito da dinâmica do empreendimento e assumindo a importância da intervenção, quer ao nível estratégico (política), quer ao nível operacional em todo o ciclo de vida: planeamento, projeto, construção, operação, renovação e demolição (Pinheiro, 2008). O SBTool^{PT} é o resultado da adaptação do SBTool internacional à realidade Portuguesa, que foi conduzida pela Associação iiSBE Portugal em colaboração com o Laboratório de Física e Tecnologia das Construções da Universidade do Minho (LFTC-UM) e a Ecochoice. Através da utilização desta ferramenta é possível avaliar e classificar o desempenho de um edifício, em relação a dois níveis de referência (adaptados ao contexto nacional): melhor prática e prática convencional (Mateus & Bragança, 2011).

2.3.1 Sistema LiderA

Desenvolvido por Manuel Duarte Pinheiro, Professor do Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura do Instituto Superior Técnico, o LiderA, acrónimo de liderar pelo ambiente na procura da sustentabilidade na construção, é um sistema de avaliação e reconhecimento voluntário de construção sustentável e ambiente construído, desenvolvido em Portugal.

O sistema resultou de uma conjugação entre uma série de trabalhos científicos sobre a sustentabilidade nos edifícios e ambientes construídos. Estes estudos e trabalhos desenvolvidos entre 2000 a 2005, culminaram numa primeira versão V1.02 (disponibilizada em 2005) destinada sobretudo ao edificado e ao respetivo espaço envolvente. Porém, face às aplicações efetuadas, foi desenvolvida uma nova versão 2.0 (disponibilizada desde Março de 2009), que possibilita o alargamento da aplicação do sistema, deixando de ser apenas aplicado ao edificado e passando também a ser aplicado ao ambiente construído. Inclui a procura de edifícios, espaços exteriores, bairros e comunidades sustentáveis e abrange uma maior e distinta área de ambientes construídos (Pinheiro, 2009) (ver figura 2.6).

A busca pela sustentabilidade deve ser fundamentada em ações concretas que resultem efetivamente na obtenção de processos e produtos menos agressivos ao meio ambiente. É neste anseio que o sistema se organiza num conjunto de seis princípios de bom desempenho ambiental, sendo eles (Pinheiro, 2006):

- a) Respeitar a dinâmica local e potenciar os impactos positivos - Localizar potenciando as características do solo, valorizando-o ecologicamente, ajustando-o à mobilidade, integrando-o paisagisticamente e valorizando as amenidades;

- b) Eficiência no Consumo dos Recursos - Fomentar a eficiência dos consumos de recursos, nomeadamente na água, energia e materiais;
- c) Reduzir o Impacte das Cargas (quer em valor, quer em toxicidade) - Atenuando os impactes dos efluentes, emissões, resíduos, ruído para o exterior e níveis urbanos de calor (efeito urbano de ilha de calor);
- d) Assegurar a Qualidade do Ambiente Interior - Fomentar o conforto envolvendo a qualidade do ar interior, o conforto térmico, a acústica, a iluminação e a controlabilidade desses espaços;
- e) Assegurar a Qualidade do Serviço - Perspetiva ambiental ao promover a Durabilidade e a Acessibilidade, a Gestão Ambiental e a Inovação, interligando-se as perspetivas económicas e sociais, que, por agora, não estão explícitas no sistema;
- f) Assegurar a Gestão Ambiental e a Inovação - Promover a informação ambiental, a melhoria contínua (sistema de gestão ambiental) e dar saltos qualitativos (inovação).

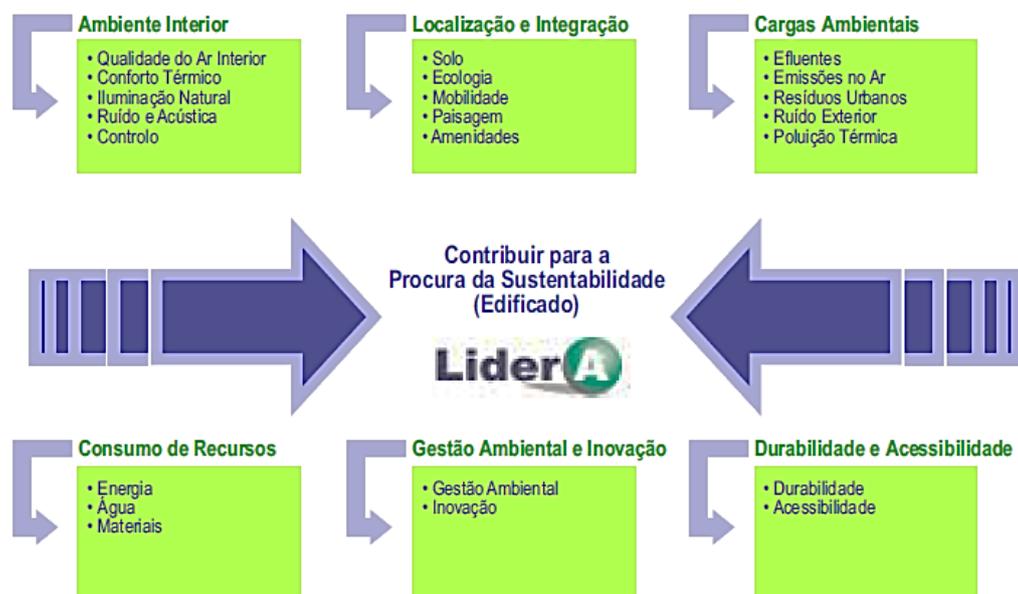


Figura 2.6: Principais Vertentes e Áreas Ambientais de Intervenção (Pinheiro, 2006)

Segundo o LIDERA, a procura da sustentabilidade é efetuada através de seis vertentes, sendo que cada vertente assume um determinado princípio de sustentabilidade. Por sua vez, estas vertentes compreendem áreas de intervenção analisadas através de parâmetros que possibilitam avaliar e orientar os níveis de sustentabilidade. As seis vertentes subdividem-se em 22 áreas e 43 critérios, nos quais se avaliam os ambientes construídos em função do seu desempenho, no caminho para a sustentabilidade (ver tabela 2.9).

Em cada critério são definidos níveis de desempenho correspondentes, de forma a indicar o nível de sustentabilidade da solução aplicada. Estes critérios apresentam igual importância dentro de cada área e para se obter o valor da classificação final, as vinte e duas áreas são ponderadas. Estas ponderações são previamente estipuladas de acordo com o seu grau de importância. Neste sistema, as áreas que assumem maior relevância são as áreas da energia (17%), água (8%) e solo (7%) (ver tabela 2.9).

Tabela 2.9

Tabela exemplificativa de avaliação do Sistema LiderA (Pinheiro, 2010)

Vertentes	Área	Wi	Critérios	N.º Critério	
(6 critérios) (14%)	Integração local	Solo	7%	Valorização territorial	C1
			Otimização ambiental e implantação	C2	
	Ecosistemas naturais	5%	Valorização ecológica	C3	
			Interligação de habitats	C4	
	Paisagem e património	2%	Interligação paisagística	C5	
			Proteção e valorização do património	C6	
(9 critérios) (32%)	Recursos	Energia	17%	Eficiência nos consumos e certificação energética	C7
			Desenho passivo	C8	
			Intensidade em carbono	C9	
	Água	8%	Consumo de água potável	C10	
			Gestão das águas locais	C11	
	Materiais	5%	Durabilidade	C12	
			Materiais locais	C13	
			Materiais de baixo impacte	C14	
	Produção alimentar	2%	Produção local de alimentos	C15	
	(8 critérios) (12%)	Cargas ambientais	Efluentes	3%	Tratamento de águas residuais
Caudal de reutilização de águas usadas				C17	
Emissões atmosféricas		2%	Caudal de emissões atmosféricas	C18	
			Resíduos	3%	Produção de resíduos
Ruído exterior		3%	Gestão de resíduos perigosos	C20	
			Valorização de resíduos	C21	
Poluição ilumino-térmica		1%	Fontes de ruído para o exterior	C22	
(4 critérios) (15%)	Conforto ambiental	Qualidade do ar	5%	Níveis da qualidade do ar	C24
			Conforto térmico	5%	Conforto térmico
	Iluminação e acústica	5%	Níveis de iluminação	C26	
			Conforto sonoro	C27	
(13 critérios) (19%)	Vivência socioeconómica	Acesso para todos	5%	Acesso aos transportes público	C28
			Mobilidade de baixo impacte	C29	
			Soluções inclusivas	C30	
	Diversidade económica	4%	Flexibilidade – adaptabilidade aos usos	C31	
			Dinâmica económica	C32	
	Trabalho local	4%	Amenidades locais	C33	
			Amenidades e interação social	4%	Amenidades locais
	Participação e controlo	4%	Interação com a comunidade	C35	
			Capacidade de controlo	C36	
	Custo do ciclo de vida	2%	Condições de participação e governância	C37	
Controlo de riscos naturais			C38		
Controlo das ameaças humanas	2%	Controlo das ameaças humanas	C39		
		Custos do ciclo de vida	C40		
(3 critérios) (8%)	Uso sustentável	Gestão ambiental	6%	Condições de utilização ambiental	C41
			Sistemas de gestão ambiental	C42	
	Inovação	2%	Inovações	C43	

As vertentes posicionam como mais relevante os recursos (energia, água e materiais) com 32% do peso, seguido da vivência socioeconómica (19%), conforto ambiental (15%), integração local (14%), cargas ambientais (12%) e por fim o uso sustentável (8%) (Pinheiro, 2011).

Os níveis de desempenho do LiderA assentam em dois pontos: a prática atual (classe E) e os níveis de desempenho efetivamente sustentáveis concretizados por serem neutrais ou regenerativos (classe A+++) (ver figura 2.7). As classes de desempenho do LiderA, para cada um dos critérios e global (ponderando os critérios e áreas) são as seguintes (Pinheiro, 2009):

- a) Classe E, que indica um valor de desempenho igual à da prática usual ou de referência (existe também a G, classe que significa que o desempenho é pior que a prática);
- b) Classe D, classe que indica uma melhoria de 12,5% face à prática (ou valor de referência);
- c) Classe C, classe que indica uma melhoria de 25% face à prática (ou valor de referência);
- d) Classe B, classe que indica uma melhoria de 37,5% face à prática (ou valor de referência);
- e) Classe A, classe que indica uma melhoria de 50% face à prática (ou valor de referência);
- f) Classe A+, classe que indica uma melhoria de 75% face à prática (ou valor de referência) representando, no fundo, um fator 4;
- g) Classe A++, classe que indica uma melhoria de 90% face à prática (ou valor de referência) representando, no fundo, um fator 10;

Nota existe ainda a classe A+++ que indica que o desempenho é neutral ou até regenerativo melhorando estruturalmente o desempenho do ambiente (por exemplo, produz mais energia do que necessita, disponibiliza a água melhor do que a existente quando a recebe), este nível e classe é utilizada apenas para casos de investigação e de atribuição individual a critérios específicos. Não existe por isso uma classe global agrupando todos os critérios de A+.

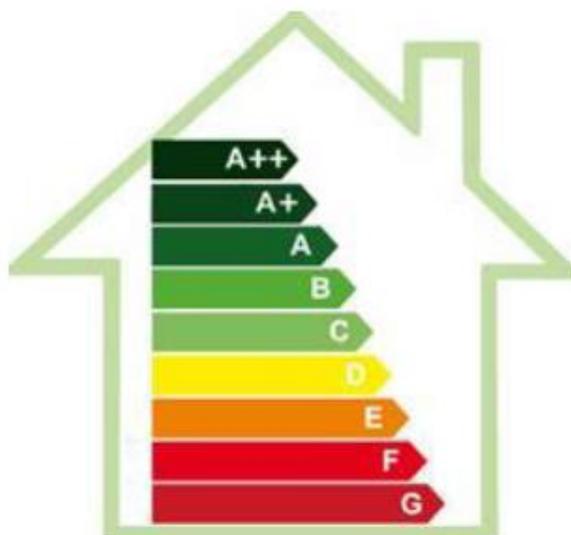


Figura 2.7: Níveis de desempenho global do sistema LiderA (Pinheiro, 2011)

As últimas classes (A+, A++ e A+++) são referenciadas como sustentabilidade forte. No geral, será complexo e por vezes até economicamente inviável atingir os níveis de efetiva sustentabilidade definidos pela classe A+++, pelo que inverter a tendência de pressão ambiental crescente e reduzi-la é uma aposta no bom caminho (Pinheiro, 2009).

A experiência resultante da aplicação do LiderA e das certificações obtidas, revela que em muitas das situações se consegue atingir o desempenho de C e B, por vezes até A com acréscimos de custos reduzidos, dispondo de uma boa relação custo eficiência, desde que tal tenha sido considerado adequadamente na fase inicial da conceção do projeto.

2.3.2 Sistema SBTool^{PT}

O SBTool^{PT} é uma ferramenta que permite a avaliação e a certificação da sustentabilidade de edifícios. A metodologia implementada na ferramenta SBTool^{PT} tem por base a estrutura do sistema internacional de avaliação da sustentabilidade SBTool (Sustainable Building Tool). O SBTool é um sistema internacional, voluntário, de avaliação e reconhecimento da sustentabilidade de edifícios, tendo sido desenvolvido pela associação sem fins lucrativos iiSBE (*international initiative for the Sustainable Built Environment*) e é o resultado da colaboração em consórcio de equipas de mais de 20 países (Europa, Ásia e América) (SBTool PT, 2015).

O SBTool^{PT} é o resultado da adaptação do SBTool internacional à realidade Portuguesa, que foi conduzida pela Associação iiSBE Portugal em colaboração com o Laboratório de Física e Tecnologia das Construções da Universidade do Minho (LFTC-UM) e a Ecochoice. Através da utilização desta ferramenta é possível avaliar e classificar o desempenho de um edifício, em relação a dois níveis de referência (adaptados ao contexto nacional): melhor prática e prática convencional.

Como características principais desta ferramenta, destaca-se:

- a) Os resultados são validados a nível internacional por uma organização independente (iiSBE);
- b) Foi desenvolvido e adaptado ao contexto nacional por uma equipa multidisciplinar com créditos reconhecidos no domínio da construção sustentável;
- c) A avaliação considera o desempenho dos edifícios ao nível das três dimensões do desenvolvimento sustentável: ambiental, social e económica;
- d) Apresenta uma lista otimizada de indicadores;
- e) Encontra-se assente num conjunto de parâmetros e critérios de avaliação de objetivos, o que tem como vantagem o facto gerar resultados iguais quando utilizada por diferentes avaliadores.
- f) Apresenta um módulo específico para cada tipo de edifícios (habitação, serviços, etc.);
- g) Encontra-se harmonizada com os trabalhos em curso na CEN/TC 350, que visam a normalização europeia das metodologias de avaliação da sustentabilidade de edifícios;
- h) Foi desenvolvida de modo a potenciar a sua utilização por parte das equipas de projeto sem grandes conhecimentos neste contexto e a facilitar a interpretação dos resultados obtidos por parte dos diferentes intervenientes no ciclo de vida dos edifícios.

O sistema SBTool^{PT} tem nove categorias de sustentabilidade (Tabela 2.10). Uma categoria é um indicador global, que resume o desempenho do edifício ao nível dos aspetos da sustentabilidade e é identificada por um ou mais indicadores.

Um indicador é um sinal que transmite uma mensagem complexa, potencialmente a partir de numerosas fontes, de uma forma simples e útil (Kurtz JC, et al., 2001). Portanto, os três principais objetivos dos indicadores são: simplificação, quantificação e comunicação (Geissler & Macoun, 2001). SBTool^{PT}-H tem um total de vinte e cinco indicadores (Tabela 2.10). O número e natureza dos indicadores variam em função da própria categoria e da sua importância para o contexto português. A lista de indicadores é baseada nos utilizados em vários sistemas de avaliação de sustentabilidade de edifício em diferentes países e principalmente no método internacional SBTool, e nos trabalhos desenvolvidos pelo organismo de normalização CEN TC350. Além disso, cada indicador é definido de acordo com um número de parâmetros. Um parâmetro é uma propriedade mensurável ou observável que fornece informações sobre um fenómeno / ambiente / área com um significado que se prolonga para além do valor diretamente associado (Bragança, et al., 2010).

Os indicadores e os parâmetros relacionados são a base da metodologia, uma vez que os objetivos e os resultados são condicionados por eles. Esta metodologia tem um total de nove categorias de sustentabilidade e vinte e cinco indicadores de sustentabilidade nas três dimensões de sustentabilidade (Mateus & Bragança, 2011).

No SBTool^{PT}, a avaliação dos impactos relacionados com a construção baseia-se na mesma lista de impactos ambientais expressa pelas categorias de impacto de avaliação do ciclo de vida (ACV), que são normalmente declarados nas Declarações de Produtos Ambientais (EPDs).

A lista das categorias ambientais e parâmetros ambientais abordam os principais impactos ambientais do ciclo de vida, de acordo com prioridades nacionais. A metodologia utiliza uma lista de quinze parâmetros e considera todos os impactos ambientais expressas por as categorias de impacto de ACV, bem como todos os aspetos ambientais expressa por dados provenientes do inventário do ciclo de vida (ICV) e não atribuído ao impacto categorias de ACV listados na prEN 15643-2: 2009 (Mateus & Bragança, 2011).

A lista de parâmetros sociais inclui três categorias e oito parâmetros de modo a incluir o principal aspeto de saúde e conforto dos ocupantes do edifício e inclui outros aspetos relacionados com a mobilidade dos ocupantes do edifício e seu acesso às principais amenidades urbanas. Ele também reflete os requisitos funcionais de um edifício residencial, de acordo com códigos nacionais de construção. Um outro aspeto importante, que também é considerada aqui é a educação e conscientização da sustentabilidade dos ocupantes, uma vez que o desempenho real de um edifício, durante a fase de utilização, é em grande parte dependente do comportamento dos ocupantes (Mateus & Bragança, 2011).

Os indicadores de desempenho económicos foram definidos, a fim de incluírem os custos do ciclo de vida mais relevantes. Esta lista, portanto, inclui dois indicadores: um para os custos da edificação até o final da fase de construção e outra para os custos (energia e água) durante a fase de utilização (Mateus & Bragança, 2011).

Tabela 2.10

Vertentes, áreas, critérios e ponderações do sistema SBTool (Mateus & Bragança, 2011)

Dimensão	Categoria	Indicador	Parâmetro	Pesos	
DA Ambiental (40%)	C1 Alterações climáticas e qualidade do ar exterior (13%)	Impacte ambiental associado ao ciclo de vida dos edifícios	P1: Valor agregado das categorias de impacte ambiental de ciclo de vida do edifício por m ² de área útil de pavimento e por ano	13%	
	C2 Biodiversidade e uso do solo (20%)	Densidade urbana	Reutilização do solo previamente edificado ou contaminado Uso de plantas autóctones Efeito de ilha de calor	P2: Percentagem utilizada do índice de utilização líquido disponível	8%
				P3: Índice de impermeabilização	1%
				P4: Percentagem da área de intervenção previamente contaminada ou edificada	3%
				P5: Percentagem de áreas verdes ocupadas por plantas autóctones	4%
	C3 Energia (32%)	Energia primária não renovável Energia produzida localmente de fontes renováveis	P7: Consumo de energia primária não renovável na fase de utilização P8: Quantidade de energia que é produzida no edifício através de fontes renováveis	P6: Percentagem de área em planta com refletância igual ou superior a 60%	4%
					16%
	C4 Materiais e resíduos sólidos (29%)	Reutilização de materiais Utilização de materiais reciclados Recurso a materiais certificados Uso de substitutos de cimento no betão Condições de armazenamento de resíduos sólidos durante a fase de utilização do edifício	P9: Percentagem em custo dos materiais reutilizados P10: Percentagem em peso do conteúdo reciclado do edifício P11: Percentagem em custo de produtos de base orgânica que são certificados P12: Percentagem em massa de materiais substitutos do cimento no betão P13: Potencial das condições do edifício para a promoção da separação de resíduos sólidos	P7: Consumo de energia primária não renovável na fase de utilização	16%
				P8: Quantidade de energia que é produzida no edifício através de fontes renováveis	16%
				P9: Percentagem em custo dos materiais reutilizados	9%
				P10: Percentagem em peso do conteúdo reciclado do edifício	9%
				P11: Percentagem em custo de produtos de base orgânica que são certificados	7%
C5 Água	Consumo de água Reutilização e utilização de água não potável	P14: Volume anual de água consumido per capita no interior do edifício P15: Percentagem de redução do consumo de água potável	P12: Percentagem em massa de materiais substitutos do cimento no betão	3%	
			P13: Potencial das condições do edifício para a promoção da separação de resíduos sólidos	1%	
DS Social (30%)	C6 Conforto e saúde dos utilizadores (60%)	Eficiência de ventilação natural em espaços interiores Toxicidade dos materiais de acabamento Conforto térmico	P14: Volume anual de água consumido per capita no interior do edifício	7%	
			P16: Potencial de ventilação natural	7%	
			P17: Percentagem em peso dos materiais de acabamento com baixo conteúdo de COV P18: Nível de conforto térmico anual	19%	

		Conforto visual	P19: Média do fator de luz do dia médio	15%
		Conforto acústico	P20: Nível médio de isolamento acústico	2%
C7	Acessibilidades (30%)	Acessibilidades e transporte públicos	P21: Índice de acessibilidade e transporte públicos	17%
		Acessibilidades e amenidades	P22: Índice de acessibilidades e amenidades	13%
C8	Sensibilização e educação para a sustentabilidade (10%)	Formação dos ocupantes	P23: Disponibilidade e conteúdo do manual do utilizador	10%
DE Económico (30%)	C9 Custos do ciclo de vida (100%)	Custo de investimento	P24: Valor do custo do investimento inicial por m ² de área útil	50%
		Custo de utilização	P25: Valor atual dos custos de utilização por m ² de área útil	50%

O processo de avaliação da metodologia SBTool^{PT}-H segue quatro etapas conforme representado na figura (ver figura 2.8):

- A quantificação do desempenho do edifício ao nível de cada indicador;
- A normalização dos parâmetros;
- A agregação dos parâmetros;
- Cálculo de pontuação sustentável e avaliação global.

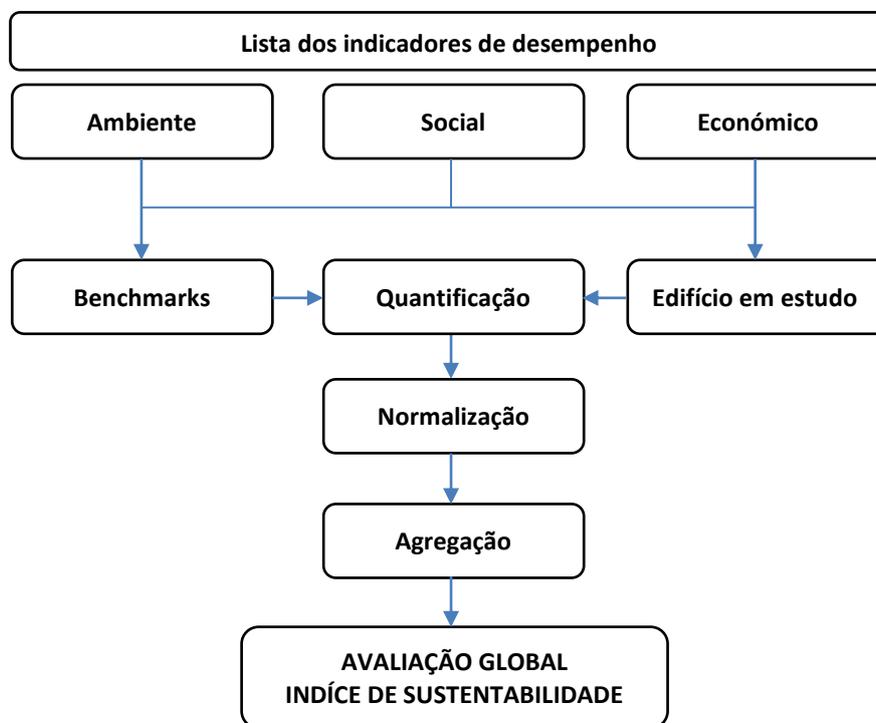


Figura 2.8: Estrutura da metodologia SBTool^{PT}

Para facilitar a quantificação do desempenho da dimensão ambiental, o SBTool^{PT} usa as mesmas categorias ambientais declaradas nas Declarações Ambientais de Produtos (DAPs). No entanto, atualmente, existem algumas limitações para esta abordagem devido à escassez de DAPs disponíveis. A solução proposta para ultrapassar este problema foi desenvolver e utilizar bases de dados com os dados da avaliação do ciclo de Vida (ACV) dos materiais e componentes de utilizados na construção.

Ao nível do desempenho social, os parâmetros são quantificados de acordo com os métodos analíticos contemplados na metodologia. Se a avaliação é realizada durante a etapa de construção, as medições podem também ser realizadas in-situ.

A quantificação dos parâmetros da dimensão económica é baseada no valor de mercado das habitações e sobre os seus custos operacionais (custos relativos à água e consumo de energia).

Após a quantificação dos parâmetros, e de forma a evitar efeitos de escala nas fases seguintes, deve proceder-se à normalização dos valores dos mesmos. Evitando-se assim obter uma solução equivalente para parâmetros do tipo “quanto mais melhor” e outros do tipo “quanto mais pior”. A normalização dos parâmetros foi efetuada com recurso à fórmula de Díaz-Balteiro (Díaz-Balteiro & Romero, 2004).

Custo normalizado $CnPi = \frac{Cp_i_s - Cp_i_c}{Cp_i_m - Cp_i_c}, \forall i$

Em que:

$CnPi$ = Resultado da normalização do parâmetro P_i

Cp_i_s = Custo da solução de projeto

Cp_i_m = Custo da melhor prática

Cp_i_c = Custo da Prática convencional

Nesta equação, Cp_i_m e Cp_i_c são os benchmarks do parâmetro i , representando prospectivamente os níveis de melhor prática e prática convencional.

Este procedimento permite tornar adimensionais os valores dos parâmetros e converte-los para uma escala de 0 (pior valor) a 1 (melhor valor), eliminando o feito indesejado, acima mencionado.

Os valores normalizados de cada parâmetro são convertidos numa escala graduada delimitada entre “E” (menos sustentável / abaixo a prática convencional) e “A+” (mais sustentável / acima da melhor prática), a fim de facilitar a interpretação dos resultados. Nesta escala graduada, a Classe D é equivalente à prática convencional e a Classe A à melhor prática. A escala assume uma evolução linear no desempenho edifício entre o limite superior da classe D e classe A. Esta metodologia considera que um edifício com desempenho até 10% maior do que a prática convencional tem um desempenho semelhante a um convencional (ver tabela 2.11).

Tabela 2.11

A conversão dos parâmetros normalizados

Escala qualitativa	Valor normalizado
A+	$CnPi > 1,00$
A (Melhor prática)	$0,70 < CnPi \leq 1,00$
B	$0,40 < CnPi \leq 0,70$
C	$0,10 < CnPi \leq 0,40$
D (Prática convencional)	$0,00 \leq CnPi \leq 0,10$
E	$CnPi < 0,00$

O método determina o índice de desempenho de sustentabilidade global de um edifício (NG), por agregação ponderada dos índices de desempenho da dimensão ambiental (DA), dimensão Social (DS) e dimensão económica (DE), atribuído respetivamente as ponderações 40%, 30% e 30%, usando a Equação (2.2).

$$NG = W_A \times NA + W_S \times NS + W_E \times NE \quad \text{Eq. (2.2)}$$

A Figura 2.9 representa a saída dos resultados da metodologia SBTool^{PT} para o estudo de um caso hipotético ao nível das dimensões da sustentabilidade e da pontuação global. A partir dos resultados da avaliação da sustentabilidade do edifício, é possível controlar e comparar o desempenho de a solução em estudo com os valores de referência da metodologia: solução convencional (Classe D) e de melhores práticas (Classe A). O mais próximo da Classe A⁺ corresponde ao desempenho da solução mais sustentável. Se a solução apresenta uma classe E num parâmetro ou numa categoria tem obviamente um desempenho pior do que o da solução de referência a esse nível, por conseguinte a identificação do problema e a sua resolução requer atenção especial.



Figura 2.9: Saída de resultados SBTool^{PT} (Mateus & Bragança, 2011).

2.4 Considerações sobre o capítulo

Na tabela 2.12 apresenta-se de forma resumida as principais características dos sistemas de avaliação apresentados nomeadamente o BREEAM, LEED, HQE, BEPAC, GBC, CASBEE, LiderA e SBTool^{PT}.

O objetivo de avaliação dos métodos anteriormente referidos é a avaliação do desempenho ambiental de edifícios. Os únicos sistemas que vão além da avaliação de desempenho ambiental são:

- a) GBC, que procura estimar o custo envolvido na obtenção de um determinado nível de desempenho ambiental, com a intenção de estimular o emprego de métodos de valoração no longo prazo e de reunir dados para desmistificar o pré-conceito de que edifícios com melhor desempenho ambiental são muito mais caros do que um edifício comum, sendo o desempenho económico é balanceado no mesmo nível do que as diversas subcategorias de desempenho ambiental.
- b) SBTool^{PT}, contempla a avaliação das três dimensões da sustentabilidade (Ambiental (40%), Social (30%) e Económica (30%)) posicionando-as no mesmo nível hierárquico.

A fronteira de aplicação dos sistemas de avaliação BREEAM, LEED, HQE, BEPAC e GBC e SBTool^{PT} é o edifício. O sistema CASBEE e o LiderA assumem já um conceito mais preciso de fronteira, abrangendo o edifício e a sua envolvente.

Os sistemas de avaliação existentes, especialmente aqueles que atribuem pontos ou créditos com base em critérios, como o LEEDTM, BREEAM não fazem a análise do desempenho do edifício com, com base na análise do ciclo de vida (ACV), enquanto o Sistema SBTool^{PT} já harmonizado com CEN/TC 350 “*Sustainability of construction works*” faz a avaliação com base na análise do ciclo de vida.

São poucos os sistemas que seguem rigorosamente o formato de ACV, devido às dificuldades práticas de aquisição e manipulação de dados, e ao fato de aspetos importantes do desempenho de edifícios ficarem fora de seu alcance. De toda forma, o conceito de avaliar impactes ao longo de todo o ciclo de vida do edifício permeia todos os sistemas de avaliação disponíveis e de alguma forma transparece em suas estruturas.

Tabela 2.12

Principais características dos métodos de avaliação apresentados

Sistema	Objetivo da avaliação	Limites do sistema	ACV	Ponderação	Estrutura de avaliação	Comunicações de resultados
BREEAM Reino Unido	Ambiental	Edifício	Não	Explícita	Poluição Saúde/conforto Uso de energia Uso de água Uso de materiais Uso do solo Ecologia local Transporte Gestão	4 Níveis de certificação: Certificado Bom Muito Bom Excelente
LEED USA	Ambiental	Edifício + Processo	Não	Implícita.	Sítios sustentáveis Energia e atmosfera Uso eficiente de água Materiais e recursos Qualidade do ambiente Interno Inovação e processo de projeto	4 Níveis de certificação

HQE França	Ambiental	Edifício	Não	Não tem	Ecoconstrução Ecogestão Conforto Saúde	Base Performant Très Performant
BEPAC Canada	Ambiental	Edifício + Processo	Não	Sim, mas conduzida apenas dentro das categorias de impacte. Categorias não são ponderadas entre si	Proteção da camada de ozono Impacte ambiental do uso de energia Qualidade do ambiente interno Conservação de recursos contexto de implantação e transporte	O resultado é o total de créditos obtidos em cada uma das cinco categorias, em relação ao valor máximo possível para cada critério
GBC Internacional	Ambiental	Edifício	Sim	Explícita, pesos declarados e personalizáveis, aplicados intra e entre categorias, para gerar uma nota global	Uso de recursos Cargas ambientais Qualidade do ambiente Interno Qualidade dos serviços Aspetos económicos Gestão pré-ocupação Aspetos culturais	Pontuação global de desempenho + perfis de desempenho por categoria + indicadores de sustentabilidade.
CASBEE Japão	Ambiental	Edifício + Terreno	Não	Explícita	Ambiente interno Qualidade dos serviços Ambiente local Energia Recursos e materiais Ambiente externo	5 Níveis de certificação, do mais baixo para o mais alto: (C, B-, B+, A e S).
LiderA Portugal	Ambiental	Edifício + Terreno	Sim	Explícita	Integração local Recursos Cargas ambientais Conforto ambiental Vivência socioeconómica Uso sustentável	Classes de desempenho LiderA (A++, A+, A, B, C, D, E, F, G)
SBTool ^{PT} -H Portugal	Ambiental Social Económico	Edifício + Terreno	Sim	Explícita	Alterações climáticas e qualidade do ar exterior Biodiversidade e uso do solo Energia Materiais e resíduos sólidos Água Conforto e saúde dos utilizadores Acessibilidades Sensibilização e educação para a sustentabilidade Custo do ciclo de vida	Classes de desempenho LiderA (A+, A, B, C, D, E)

A ponderação dos sistemas de avaliação é a área mais complexa, pois não existe ainda consenso para determinar objetivamente os fatores de ponderação apropriados. Por esta razão, nem todos os sistemas agregam os resultados. No entanto, se é feita a opção por exprimir o desempenho através de uma pontuação global, o problema da ponderação tem de ser tratado. A diferença em importância relativa entre variáveis pode existir explícita ou implicitamente e, neste sentido, os sistemas existentes adotam linhas muito diferentes:

- a) Nos métodos que utilizam sistema de pontos, como o LEED, todos os créditos têm peso idêntico, a concentração de créditos em determinadas categorias define implicitamente um critério de ponderação. Tal critério, porém, não é transparente, já que a quantidade de créditos em cada área de avaliação resulta de decisão consensual das equipes que desenvolveram estes sistemas. A certificação de desempenho é conferida com base no total de créditos obtidos, não sendo necessário, portanto, atender a um número mínimo de créditos em cada uma das categorias;
- b) No BREEAM e no CASBEE, os pontos das categorias são ponderados explicitamente para gerar um número único, respetivamente o índice de desempenho ambiental do edifício (EPI) e o indicador de eficiência ambiental do edifício (BEE);
- c) No GBC, a GBTool também usa pesos explicitamente, e sugere uma ponderação por defeito a partir de dados canadenses. Esta ponderação pode ser redefinida pelo usuário em qualquer país, região ou contexto. A questão-chave é como fazer isto de maneira objetiva e consistente;
- d) No sistema LiderA cada um dos critérios é avaliado e atribuído uma classe de desempenho (G até A++). Todos os créditos têm pesos iguais, sendo as ponderações efetuadas ao nível das áreas de intervenção;
- e) No SBTool^{PT}, os valores normalizados de cada parâmetro são convertidos em uma escala graduada delimitada entre E (menos sustentável) e A+ (mais sustentável). As ponderações são aplicadas ao nível de cada parâmetro (nível mais baixo da estrutura hierárquica do método) e ao nível das dimensões (nível mais alto da estrutura hierárquica).

A comunicação de resultados dos sistemas de avaliação apresentados é feita através de um indicador único, como faz o BREEAM; de uma combinação de índice e perfil, como o CASBEE e o GBC; ou simplesmente através de um número de pontos em relação ao total possível, como fazem o BEPAC, o LEED. Os resultados podem ser apresentados de forma absoluta como no caso do BEPAC, BREEAM, LEED™ e MSDG ou relativa, isto é: se a classificação do desempenho posiciona o edifício avaliado em relação ao desempenho típico do mercado (BREEAM, LEED™, CASBEE, ESCALE, GBC).

De acordo com os princípios gerais da sustentabilidade na construção de edifícios, descritos na ISO 15392:2008 (*Sustainability in building construction – General principles*), as três dimensões da sustentabilidade dos edifícios (ambiental, social e económica) são elementos necessários numa abordagem sistemática na avaliação da sustentabilidade. As declarações de desempenho da sustentabilidade de um edifício devem contemplar as três dimensões. Dentro dos sistemas de avaliação apresentados só o SBTool^{PT} apresenta o resultado da avaliação da sustentabilidade do edifício global e individualmente para cada dimensão da sustentabilidade.

Além de alguns sistemas efetuarem a avaliação do desempenho do edifício com base na análise do ciclo de vida, como o sistema LiderA e SBTool^{PT} nenhum comunica os resultados desagregados por fases do ciclo de vida, nomeadamente na *fase anterior à utilização*, na *fase de utilização* e na *fase de fim de vida* e na *fase para além do fim de vida*.

A Norma Europeia EN 15643-1:2010 "*Sustentabilidade das obras de construção - Avaliação da sustentabilidade dos edifícios - Parte 1: Enquadramento geral*" faz parte de um conjunto de Normas Europeias elaboradas pelo CEN/TC 350 "*Sustainability of construction works*", propõem um sistema para a avaliação da sustentabilidade de edifícios com base na análise do ciclo de vida (ACV) quantificando os impactes e aspetos necessários para avaliar os desempenhos ambiental, social e económico dos edifícios, utilizando indicadores quantitativos e qualitativos, medidos sem juízo de valores. Contudo, a avaliação individual das dimensões da sustentabilidade poderá ser feita separadamente, dependendo do objetivo da avaliação. Neste caso as declarações devem ser feitas apenas para a(s) avaliação(ões) separada(s) - ambiental, social, económica – realmente realizadas. Os resultados devem ser apresentados separadamente para cada fase do ciclo de vida do edifício.

Nos capítulos seguintes será apresentado o desenvolvimento de uma metodologia de avaliação do desempenho e da sustentabilidade económica de edifícios inovadora, tendo por base as recomendações do conjunto de normas elaboradas pelo CEN/TC 350.

CAPÍTULO 3

ENQUADRAMENTO NORMATIVO

3.1 GENERALIDADES

O desempenho económico de um edifício é apenas um aspeto da sua sustentabilidade. O desempenho ambiental e social do edifício também são aspetos de sustentabilidade que devem ser avaliados como parte de uma avaliação da sustentabilidade.

O conjunto de normas elaboradas pelo CEN/TC 350 “*Sustentabilidade das obras de construção*” propõem um sistema de avaliação do contributo da construção para o desenvolvimento sustentável, baseado numa abordagem de ciclo de vida. Esta avaliação quantifica impactes e aspetos relacionados com esse contributo, que permitem avaliar os desempenhos ambiental, social e económico dos edifícios, utilizando indicadores quantitativos e qualitativos, os quais são medidos sem juízo de valor, possibilitando a comparação de resultados entre avaliações.

As normas europeias elaboradas pelo CEN/TC 350 são:

Ao nível do enquadramento metodológico;

- NP EN 15643-1:2014: Sustentabilidade das obras de construção; Avaliação da sustentabilidade dos edifícios; Parte 1: Enquadramento geral.
- NP EN 15643-2:2014: Sustentabilidade das obras de construção; Avaliação da sustentabilidade dos edifícios; Parte 2: Enquadramento para a avaliação do desempenho ambiental.
- NP EN 15643-3:2014: Sustentabilidade das obras de construção; Avaliação da sustentabilidade dos edifícios; Parte 3: Enquadramento para a avaliação do desempenho social.
- EN 15643-4:2012: Sustentabilidade das obras de construção; Avaliação da sustentabilidade dos edifícios; Parte 4: Enquadramento para a avaliação do desempenho económico.

Ao nível do edifício;

- EN 15978:2011: Sustentabilidade das obras de construção; Avaliação do desempenho ambiental de edifícios; Método de cálculo.
- EN 16627:2015: Sustentabilidade das obras de construção; Avaliação do desempenho económico de edifícios; Método de cálculo.
- NP EN 16309:2014: Sustentabilidade das obras de construção; Avaliação do desempenho social de edifícios; Método de cálculo.

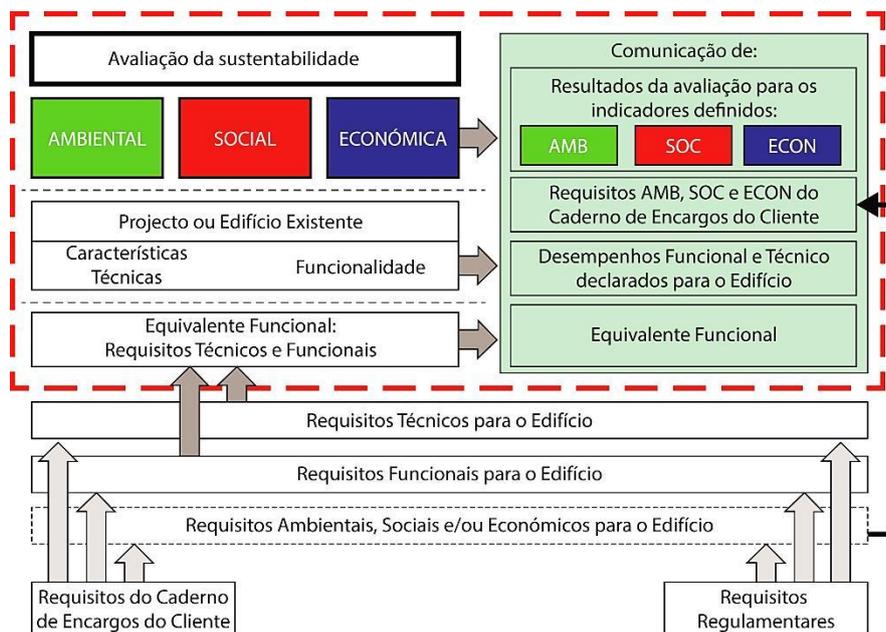
Ao nível do produto;

- EN 15804:2013: Sustainability of construction works; Environmental product declarations; Core rules for the product category of construction products.

- EN 15942:2011: Sustainability of construction works; Environmental product declarations; Communication format business-to-business.
- DNP 15941:2014: Sustentabilidade das obras de construção; Declarações ambientais de produto; Metodologia para seleção e uso de dados genéricos.

De um ponto de vista conceptual, o desempenho integrado de um edifício inclui os desempenhos ambiental, social e económico, assim como os desempenhos técnico e funcional, e estes estão intrinsecamente relacionados, tal como ilustrado na Figura 3.1. Embora a avaliação dos desempenhos técnico e funcional não faça parte deste conjunto de Normas, a sua inter-relação com os desempenhos ambiental, social e económico é um pré-requisito para uma avaliação da sustentabilidade de edifícios, sendo, por conseguinte considerada (CEN, 2012).

A Norma Europeia EN 16627:2015 destina-se a apoiar o processo de tomada de decisão e documentação da avaliação do desempenho económico de um edifício dentro do conceito de avaliação da sustentabilidade de edifícios, conforme se pode observar na figura 3.1. Nesta Norma Europeia, o método para a avaliação quantitativa do desempenho económico do edifício é baseado numa abordagem de ciclo de vida. Os requisitos gerais para avaliação da sustentabilidade de edifícios estão descritos na EN 15643-1:2014, enquanto, os requisitos para a avaliação do desempenho económico são apresentados na EN 15643-4:2012.



NOTA: A área contornada a tracejado representa o domínio de normalização do CEN/TC 350.

Figura 3.1: O conceito de avaliação da sustentabilidade de edifícios (CEN, 2012)

Conforme se pode observar na figura 3.1, a avaliação dos desempenhos técnico e funcionais estão fora do domínio de aplicação desta série de normas. As características técnicas e funcionais são consideradas dentro deste enquadramento metodológico por referência ao equivalente

funcional, dado que o equivalente funcional tem em atenção os requisitos técnicos e funcionais e constitui uma base para comparações dos resultados da avaliação.

Os resultados de uma avaliação da sustentabilidade de um edifício fornecem valores para os diferentes tipos de indicadores e informação acerca dos cenários incluídos nas fases do ciclo de vida incluídas na avaliação. Na realização das avaliações, são estabelecidos os cenários e um equivalente funcional à escala do edifício. A avaliação à escala do edifício significa que o modelo descritivo do edifício, com os seus principais requisitos técnicos e funcionais, foi definido no caderno de encargos ou nos regulamentos.

O sistema de avaliação da sustentabilidade de edifícios, proposto pelo CEN/TC 350 através de um conjunto de normas, baseia-se numa abordagem de ciclo de vida, tem como objetivo permitir a comparação de resultados de avaliações e não estabelecem valores de referência ou níveis de desempenho. São quantificados impactes e aspetos que permitem avaliar o desempenho ambiental, social e económico dos edifícios, utilizando indicadores quantitativos e qualitativos, medidos sem juízo de valores.

A Norma Europeia EN 16627:2015 especifica o método de cálculo do desempenho económico, com base na análise de ciclo de vida (ACV) e fornece os meios para a elaboração de relatórios e comunicação dos resultados da avaliação, sendo aplicável a projetos de edifícios novos, edifícios existentes e projetos de renovação e fornece:

- a) A descrição do objeto de avaliação;
- b) A fronteira do sistema que se aplica ao nível de construção;
- c) O procedimento a ser usado para a análise de inventário;
- d) A lista de indicadores e procedimentos para o cálculo destes indicadores;
- e) Os requisitos para a apresentação dos resultados em relatórios e comunicação;
- f) Os requisitos dos dados necessários ao cálculo.

As normas desenvolvidas no âmbito do CEN/TC 350 apresentam um sistema europeu para avaliação do desempenho económico de edifícios baseado numa abordagem de ciclo de vida. Tratam apenas da parte analítica e por esta razão, não disponibilizam métodos de valoração e não estabelecem níveis, índices ou valores de referência (benchmarks) para qualquer medição do desempenho.

3.2 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO ECONÓMICO - EN 16627:2015

O conjunto de normas elaboradas pelo CEN/TC 350 apresenta um sistema Europeu para avaliação do desempenho económico de edifícios baseado na análise do ciclo de vida.

Os métodos de avaliação para o desempenho económico de edifícios devem ser credíveis, transparentes e sistemáticos a fim de garantir a verificabilidade, transparência e comparabilidade dos resultados da avaliação (CEN, 2015). Os sistemas de valoração e as regras de cálculo dos indicadores e respetiva agregação devem ser definidos em normas nacionais de acordo com preferências e contextos nacionais ou locais.

A Norma EN 16627:2015 dá indicação da sequência metodológica de cálculos necessários para a avaliação do desempenho económico dos edifícios, conforme esquematizado na figura 3.2,

garantindo assim que a informação essencial é recolhida e processada de acordo com os requisitos previstos nesta norma europeia.

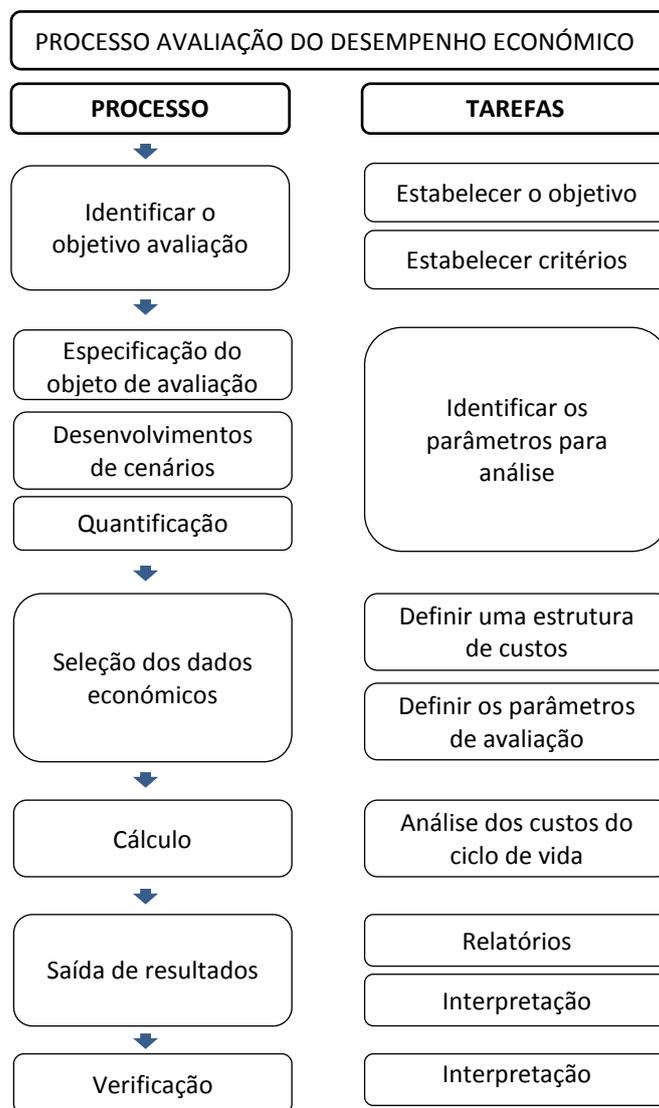


Figura 3.2: Processo de avaliação do desempenho económico (CEN, 2015)

3.3 DEFINIÇÃO DO OBJETIVO DA AVALIAÇÃO

O objetivo da avaliação é quantificar o desempenho económico do objeto de avaliação, normalmente um edifício, as suas fundações e trabalhos exteriores dentro da área do local de construção do edifício (arranjos exteriores) e trabalhos temporários associados à construção do edifício, como parte de uma avaliação integrada da sustentabilidade do edifício.

O alcance e a utilização prevista para a avaliação de um edifício em termos de impactes e aspetos económicos devem ser definidos, acordados e documentados antes da realização de uma avaliação, pois determinam o nível de detalhe e precisão necessária para as entradas e saídas dos resultados.

De acordo com a norma EN 16627:2015 a utilização pretendida para a avaliação pode incluir, mas não ficar limitado ao seguinte:

- a) Assistência em um processo de tomada de decisão, como por exemplo: comparações do desempenho económico de diferentes opções de projeto; comparações do desempenho económico de remodelação, reconstrução e/ou construção nova; contribuindo para a identificação do potencial para um desempenho melhorado; contribuindo para a definição de orçamentos;
- b) Certificação do desempenho económico do edifício com vista a financiamento, seguros ou mesmo incentivos à construção sustentável;
- c) Documentar o desempenho económico de um edifício;
- d) Apoiar o desenvolvimento de políticas de apoio ao desenvolvimento da construção sustentável.

3.4 OBJETO DA AVALIAÇÃO

O objeto da avaliação é o edifício, incluindo suas fundações e obras externas dentro do perímetro de implantação do edifício, ao longo do seu ciclo de vida. O perímetro usado para caracterizar o local deve ser coerente com a definição e uso pretendido do edifício. A avaliação económica do edifício exclui construção e os trabalhos permanentes fora do perímetro de implantação do edifício, como a construção de infraestruturas de comunicação, energia, água, resíduos e transporte, dado que a consideração dessas obras iria gerar impactes económicos não previstos na norma europeia EN 16627:2015.

3.5 EQUIVALENTE FUNCIONAL

O equivalente funcional é uma representação das características técnicas e de funcionalidades requeridas ao edifício. É o meio pelo qual as características da construção são racionalizadas numa descrição mínima do objeto de avaliação EN 16627:2015.

A definição do equivalente funcional de um edifício deve incluir, mas não ficar limitado, a informação sobre os seguintes aspetos:

- a) Tipo de construção (por exemplo, habitação, escritório, fábrica);
- b) Requisitos técnicos e funcionais relevantes (por exemplo, a regulamentação e requisitos específicos do dono de obra);
- c) Padrão de uso (por exemplo, ocupação);
- d) Vida de serviço exigida.

As comparações entre os resultados das avaliações de edifícios ou sistemas instalados (parte das obras), em fase de conceção ou sempre que os resultados são utilizados, devem ser feitas com base na sua equivalência funcional. Isto requer que os principais requisitos funcionais sejam descritos juntamente com a utilização prevista e os requisitos técnicos específicos relevantes. Esta descrição permite determinar a equivalência funcional das diferentes opções e tipos de edifícios e constitui a base para comparações transparentes. Se as comparações forem efetuadas com base

em resultados de avaliações relativos a diferentes equivalentes funcionais, a base e as condições para esta comparação devem ser claramente definidas (CEN, 2015).

Quando apropriado, os resultados da avaliação dos edifícios que têm diferentes equivalentes funcionais por exemplo, opções de projeto para diferentes tipos de edifícios no mesmo local de construção ou o mesmo tipo de edifícios expostos a condições diferentes, podem também ser comparados com base numa unidade de referência comum. A escolha da unidade de referência comum para todos os edifícios a comparar depende de um requisito específico, de um aspeto técnico, funcional, social, ambiental ou económico, ou de uma combinação destes, que seja comum a todos os edifícios e esteja ligado aos seus equivalentes funcionais correspondentes (CEN, 2015).

A unidade de referência pode ser derivada a partir do equivalente funcional e ser usada para apresentar o resultado dos indicadores da avaliação económica em relação ao equivalente funcional. A unidade de referência pode ser adimensional ou qualificado, com uma dimensão por exemplo, por m², por ano, por empregado, por quarto, etc.

Quando se avalia individualmente cada uma das dimensões da sustentabilidade, ambiental, social e económico, com vista à avaliação da sustentabilidade do edifício, o equivalente funcional considerado em cada uma das dimensões tem de ser o mesmo. Quando os regulamentos e o caderno de encargos do dono de obra não fornecerem informações para definir o equivalente funcional, a avaliação deve incluir as suposições feitas, os cenários e as fontes de informação utilizadas pelo avaliador.

3.6 PERÍODO DE ESTUDO DE REFERÊNCIA (RSP)

As avaliações de desempenho económico são realizadas com base em um período de estudo de referência escolhido (RSP) (ver figura 3.3). O valor padrão para o período de estudo de referência será a vida de serviço exigido ao edifício, ou seja o período de tempo após a construção durante o qual o edifício ou as suas partes atende ou excede os requisitos de desempenho. Quaisquer desvios a esta, devem ser definidos e claramente explicadas as razões.

O período de estudo de referência pode ser diferente da vida de serviço exigido para o edifício em de avaliação, dependendo do uso pretendido da avaliação, ou de exigências regulamentares nacionais. No entanto, em todos os casos, a avaliação é baseada sobre o ciclo de vida da construção. Portanto, os valores para os impactes e aspetos devem ser previamente calculados para o período de vida de serviço exigido.

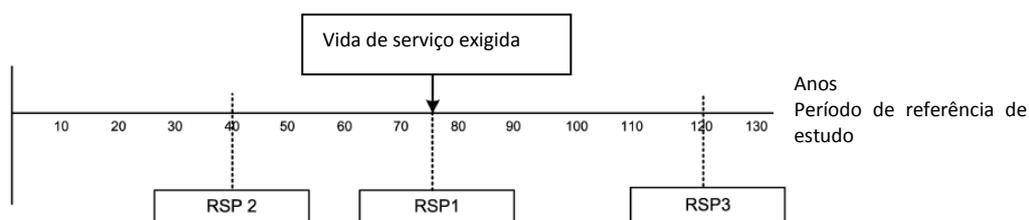


Figura 3.3: Exemplos ilustrativos de possíveis períodos de estudo de referência

3.7 MÓDULOS DO CICLO DE VIDA

A definição dos limites do sistema segue o "princípio de modularidade" onde os processos influenciam o desempenho económico do edifício durante o seu ciclo de vida, são atribuídos ao módulo do ciclo de vida em que eles ocorrem.

A figura 3.4 ilustra a organização dos diferentes módulos utilizados para a avaliação do edifício e corresponde à estrutura modular de informação utilizada em declarações de produto ambiental para produtos de construção, processos e serviços elaborados de acordo com a prEN 15804:2013.

Para a avaliação do desempenho económico de um edifício, o ciclo de vida começa com a decisão de construir, reformar, renovar, ampliar, manter ou demolir. O ciclo de vida prossegue através dos acordos contratuais e especificações para o projeto, aquisição de produtos, construção, entrega do edifício, colocação em serviço, efetiva utilização e finalmente após a desativação, a desconstrução ou demolição. As informações relativas a tais decisões e atividades são necessária para avaliar os aspetos e os impactes económicos do edifício (CEN, 2012).

A EN 16627:2015 utiliza a designação "*etapa*", quer na divisão do ciclo de vida em etapa anterior à utilização, etapa de utilização, etapa fim de vida e etapa para além do ciclo de vida, quer na sua subdivisão, como por exemplo a etapa da pré-construção, etapa do produto e etapa de construção que subdividem a etapa anterior à utilização. Neste trabalho de modo a não haver dificuldades a sua compreensão, adotou-se a designação de fase para a divisão do ciclo de vida (*fase anterior a utilização, fase de utilização, fase de fim de vida e fase para além do ciclo de vida*) e manteve-se a designação de etapa para a sua subdivisão.

Os aspetos e impactes são imputados aos módulos de informação do ciclo de vida do edifício em que ocorrem. A Figura 3.4 ilustra a abordagem modular para a recolha de informação ao longo do ciclo de vida do edifício, contempla quatro fases do ciclo de vida de um edifício: *fase anterior à utilização; fase de utilização; fase fim de vida; e ainda a fase para além do ciclo de vida*. Cada fase é subdividida em etapas e em módulos.

A avaliação do desempenho económico de um edifício deverá incluir todas as informações relevantes dos Módulo A ao Módulo D, que podem incluir os seguintes elementos:

- a) Impactes económicos e aspetos específicos antes da fase anterior à utilização (Módulos A0 e A1 a A5);
- b) Impactes económicos e aspetos específicos durante a fase de utilização não relacionados com o edifício em exploração (Módulos B1 a B5);
- c) Impactes económicos e aspetos específicos relacionados com o edifício em exploração (Módulos B6 a B7);
- d) Impactes económicos e aspetos específicos no fim da vida (Módulos C1 a C4 e D);

3.7.1 Aspetos e impactes económicos específicos da *fase anterior a utilização*

Na *fase anterior à utilização*, os custos associados aos módulos A0 a A5 correspondem aos custos diretos e indiretos que ocorrem dentro da fronteira do edifício, associados à globalidade das etapas de conceção e construção do edifício. Individualizando cada um dos módulos, teremos os seguintes limites:

- a) Módulo A0, inclui os custos ocorridos anteriormente às etapas de produto e de construção: custos diretamente relacionados com a aquisição do terreno ou arrendamento do local da construção; custos associados a honorários de profissionais relacionados com a aquisição do terreno; custo relativo a taxas associadas à compra do terreno e ao processo de licenciamento;
- b) Módulos A1-A3, incluem os custos ocorridos na etapa do produto, o custo associado ao produto do “berço ao portão” da fábrica: custos de fornecimento de matérias-primas; custos de transporte das matérias-primas; custos de transformação das matérias-primas;
- c) Módulos A4-A5, incluem todos os custos dos materiais desde o portão da fábrica até ao estaleiro e os custos relativos aos processos necessários à construção do edifício;

O limite para o módulo A4 deve incluir: custos do transporte de materiais e produtos a partir do portão da fábrica para o estaleiro de obras e custos de transporte de equipamentos de construção, tais como alojamento, equipamentos e guindastes de e para o estaleiro da obra.

O limite para o módulo A5 deve incluir: custos das obras relativas a movimentos de terras e paisagismo; custo do armazenamento de produtos/materiais, incluindo o fornecimento de aquecimento, refrigeração, humidade, etc.; custo do transporte de materiais, produtos, resíduos e equipamentos dentro do estaleiro da obra; custos dos trabalhos temporários, incluindo trabalhos temporários localizados fora do local, conforme necessário para o processo de instalação de construção; custos da produção e transformação de um produto dentro do estaleiro; custos relativo ao fornecimento de aquecimento, arrefecimento, ventilação, controle de humidade, etc., durante o processo de construção; custos relacionados com a instalação dos produtos dentro do prédio, incluindo materiais auxiliares; custos da água utilizada para o arrefecimento das máquinas de construção ou de limpeza no local; custos de gestão dos resíduos gerados durante o processo de construção e instalação incluindo o transporte; custos inerentes a dotar o edifício de condições entrega; custo dos profissionais relacionados com a construção; custos relativos a impostos, taxas, licenças de construção e inspeção e valores relativos a incentivos ou subsídios.

3.7.2 Aspetos e impactes económicos específicos da fase de utilização

A fase de utilização abrange o período a partir da conclusão prática e entrega da obra, até ao momento em que o edifício é desconstruído / demolido. Os custos associados aos módulos B1 a B7 correspondem aos custos relacionados com o uso, manutenção, reparação, substituição e remodelação do edifício ao longo deste estágio do ciclo de vida. Isso pode incluir, por exemplo, todos os custos de funcionamento do edifício, tais como aquecimento, arrefecimento, iluminação, abastecimento de água, elevadores e escadas rolantes, para a manutenção (incluindo a limpeza), para a operação e substituição ou reparo dos produtos de construção e máquinas (CEN, 2015).

Individualizando cada um dos módulos, teremos os seguintes limites:

- a) Módulo B1, inclui os custos de utilização decorrentes das condições normais previstas de utilização do edifício, excluindo os que se enquadram dentro dos módulos B2 - B7: custos associados aos seguros do edifício; impostos; seguros do edifício e custos com segurança;
- b) O Módulo B2, inclui os custos relacionados com a manutenção dos componentes e produtos auxiliares utilizados em trabalhos de manutenção; custos de limpeza do interior exterior do edifício; custos relativos a manutenção do desempenho funcional e técnico da estrutura do edifício e construção de sistemas técnicos integrados, bem como qualidades estéticas de componentes interiores e exteriores do edifício;
- c) O Módulo B3, inclui os custos relacionados com a reparação: custo dos materiais/peças utilizadas na reparação de um componente; custo do processo de reparação; custo de gestão de resíduos dos materiais/peças removidas dos componentes e de produtos auxiliares;
- d) O Módulo B4, inclui os custos relacionados com a substituição de componentes e produtos auxiliares; custos com o processo de remoção e instalação das peças substituídas; custo de gestão dos resíduos produzidos pelas substituições de peças e da utilização de produtos auxiliares;
- e) O Módulo B5, inclui os custos relacionados com a remodelação: custos dos novos componentes de construção; custos do processo necessários a remodelação; custos de gestão de resíduos dos componentes de construção substituídos;
- f) O Módulo B6, inclui os custos relacionados com a utilização operacional de energia utilizada por sistemas técnicos construção integrada durante a operação do edifício: custo da energia de aquecimento; custo da energia na produção de águas quentes sanitárias para uso doméstico; custo da energia de ar condicionado (refrigeração e humedificação / desumidificação); custo energia com a ventilação; custo da energia coma a iluminação; custo da energia auxiliar usado para bombas, controle e automação;
- g) O Módulo B7, inclui os custos relacionados com a água utilizada e seu tratamento (pré e pós uso), durante o funcionamento normal do edifício (exceto durante a manutenção, reparação, substituição e renovação): custos da água potável; custos da água para saneamento; custo doméstico de água quente; custo da água para irrigação de áreas de paisagem associadas, telhados verdes, paredes verdes; custos da água para aquecimento, arrefecimento, ventilação e humedificação; custos da água para outro uso do edifício de sistemas integrados de água, por exemplo fontes, piscinas, saunas.

3.7.3 Aspetos e impactes económicos específicos da fase de fim de vida

A fase de fim de vida de um edifício começa quando o edifício está desativado e não se destina a ter qualquer outro uso. Neste momento, a demolição / desconstrução do edifício pode ser considerada como um processo multi-saída que fornece uma fonte de produtos e materiais, elementos de construção que são para ser descartados, recuperados, reciclados ou reutilizados.

O edifício é considerado ter chegado ao fim de sua vida quando, todos os componentes e materiais que deveriam ser eliminados do local foram removidos, deixando o local preparado para o futuro reuso ou seja, limpo e pronto para nova utilização.

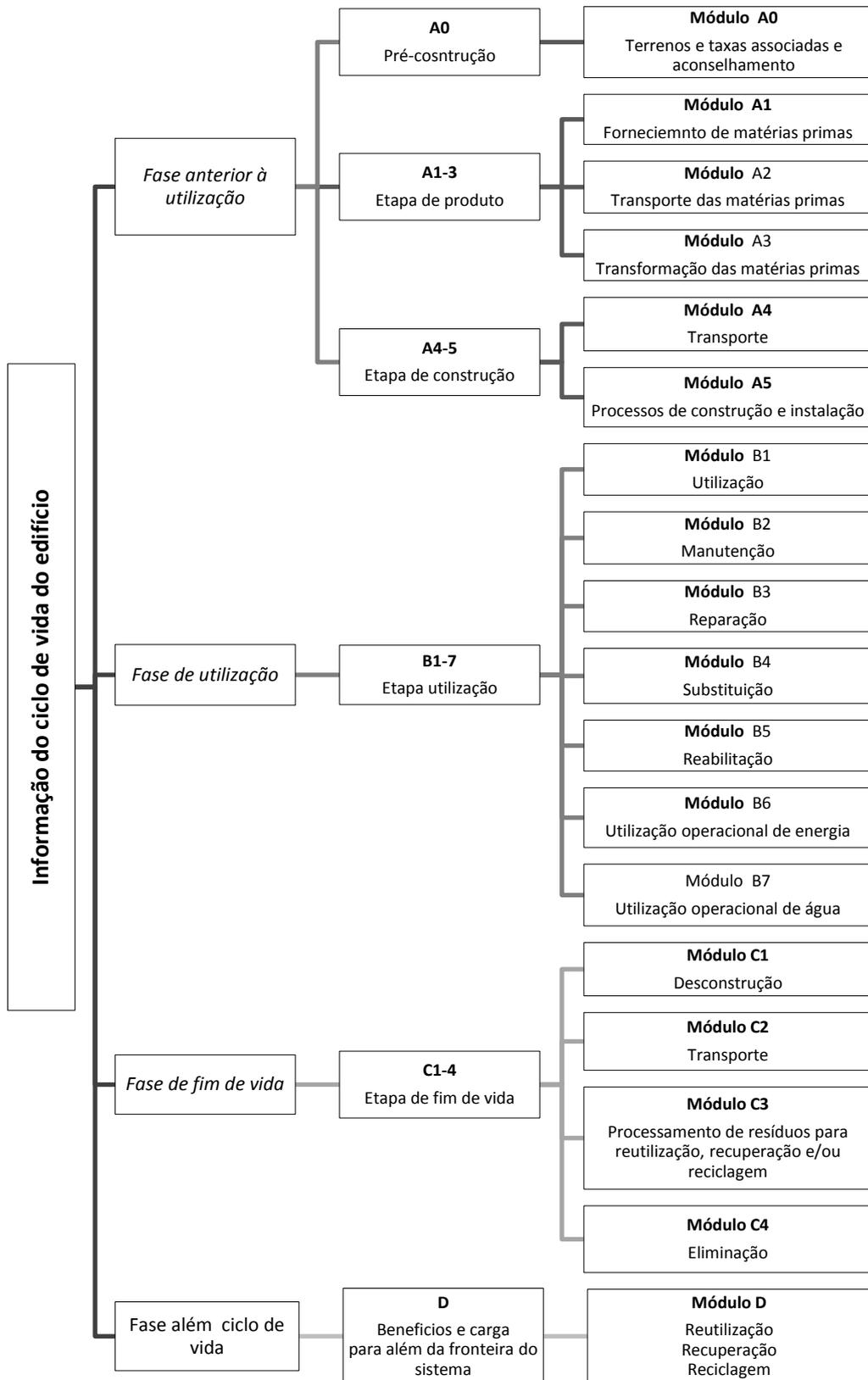


Figura 3.4: Módulos de informação da avaliação do desempenho económico de edifícios (CEN, 2012)

Na fase de fim de vida de um edifício, os custos associados aos módulos C1 a C4 correspondem aos custos relativos aos processos de demolição, de transporte e de gestão dos resíduos. Individualizando cada um dos módulos, teremos os seguintes limites:

- a) O Módulo C1, inclui os custos dos processos de desconstrução relativos as operações no local e as operações realizadas em trabalhos temporários localizados fora do local, conforme necessário para os processos de desconstrução após desativação: custos da desconstrução/desmontagem ou demolição do edifício; custos da triagem dos materiais efetuados no local da desconstrução;
- b) Módulo C2, inclui os custos devidos aos transportes associados aos processos de desconstrução e de eliminação do bem imobiliário;
- c) Módulo C3, inclui os custos e/ou receitas provenientes da reutilização, da reciclagem e desvalorização energética, devidos ao tratamento dos resíduos;
- d) Módulo C4, inclui os custos e/ou receitas de tratamento pós- transporte que é necessário antes do descarte: custos decorrentes da disposição final dos materiais, incluindo a neutralização, a incineração ou aterros.

3.7.4 Aspectos e impactes económicos específicos da fase para além do fim de vida

- a) Módulos D, incluem os benefícios e cargas para além dos limites do sistema. Componentes para reutilização e materiais para reciclagem e recuperação de energia são considerados como recursos potenciais para uso futuro. O Módulo D quantifica os benefícios económicos líquidos para o proprietário do edifício resultante da reutilização, reciclagem e recuperação de energia resultante dos fluxos líquidos de materiais e energia exportada sair dos limites do sistema. Quando um fluxo de material sai da fronteira do sistema e tem um valor económico ou que tenha atingido o estágio final de resíduos e substitui um outro produto, então a renda pode ser calculado e deve basear-se na tecnologia média existente e na prática corrente.

3.8 MODELO DE CUSTOS DA CONSTRUÇÃO

Para preparar um modelo de custos de construção é necessário uma descrição completa das características técnicas e físicas do edifício, bem como do terreno envolvente. O objetivo do modelo de custo de construção para a avaliação económica é permitir que os custos associados à construção ou remodelação do edifício sejam quantificados de forma estruturada.

A descrição do edifício é separada em:

- a) Partes constituintes, tais como todos os elementos de construção, todos os produtos e materiais de construção;
- b) Processos relacionados, tais como transporte, construção, manutenção, reparação, substituição, processos de fim de vida;
- c) Uso operacional de energia e de água.

A escolha do nível de detalhes depende do objetivo da avaliação e da disponibilidade de dados no momento em que a avaliação é realizada. A descrição das características físicas da construção inclui, mas não está limitado: forma e tamanho do edifício; número de pisos; altura do piso e

dimensões totais (área bruta); quadro estrutural (vigas, pilares, lajes) e fundações; elementos não de carga; paredes externa; janelas; telhado; paredes interna; portas e escadas; pisos e tetos; sistemas técnicos; sistemas sanitários (água, águas residuais, tubagens, bombas e equipamentos fixos); sistemas de combate a incêndios fixos; sistemas de aquecimento e água quente; ventilação mecânica e ar condicionado; sistemas de iluminação fixos; sistemas de segurança e comunicação; transporte no interior do edifício (elevadores, escadas rolantes); sistema de drenagem; local de construção; paisagismo; iluminação externa; estacionamento externo; local de drenagem; sistemas de tratamento de água.

Para fornecer uma descrição completa do objeto de avaliação, as características geográficas e o tempo vida do edifício têm de ser adicionadas à descrição física do edifício (por exemplo, período de referência do estudo, a vida de serviço, a manutenção e os períodos de substituição, horas de operação do edifício e seu padrão de uso). Isso requer o desenvolvimento e a utilização de cenários que estabelecem as premissas que serão usadas para desenvolver o modelo de custos, através da construção, uso e etapas de fim de vida (módulos A4 a C4) do objeto de avaliação. Se a informação suplementar sobre o módulo D é fornecida, os pressupostos relativos a rendimentos incluídos no módulo D, devem ser declarados (CEN, 2015).

3.9 DEFINIÇÃO DE CENÁRIOS DO CICLO DE VIDA DO EDIFÍCIO

As avaliações devem ser estabelecidas com base em cenários específicos que representam as fases do ciclo de vida do edifício e devem:

- a) Ter em atenção o tipo de utilização previsto para o edifício;
- b) Ser realistas e estar de acordo com os requisitos técnicos e funcionais assim como os requisitos especificados no caderno de encargos pelo dono de obra, e com os restantes requisitos regulamentares e especificações do projeto;
- c) Manter a consistência entre as avaliações do desempenho social, económico e ambiental de um edifício, utilizando cenários equivalentes para as três avaliações;
- d) Ser desenvolvidos dentro dos limites definidos para cada módulo do ciclo de vida;
- e) Ser descritos e documentados, deixando claro as premissas utilizadas, os requisitos de informação e dados, e os limites de sua aplicação no contexto do edifício e do seu ciclo de vida;
- f) Distinguir claramente quando eles se relacionam com funções específicas realizadas no interior do edifício;
- g) Fornecer características dos cenários com variação ao longo do tempo, incluem a manutenção, reposição, limpeza e outras operações periódicas. Os cenários de substituição e os pressupostos subjacentes a todos os principais itens de instalações, máquinas, janelas, paredes e revestimentos de pavimento devem ser descritos, bem como as instalações de atividades de gestão de limpeza, manutenção e regular;
- h) Considerar as informações dos fabricantes relativo ao desempenho dos produtos ao longo do seu ciclo de vida;
- i) Estimar a vida útil do edifício ou sistema montado (parte das obras) com base no estabelecido nas normas europeias específicas de produtos e ter-se em conta as

orientações estabelecidas nas normas ISO 15686-1:2011, ISO 15686-2:2012, ISO 15686-7:2006 e ISO 15686-8:2008;

- j) Os cenários podem ser refinados com informações e detalhes adicionais, baseados em dados reais.

Outros requisitos específicos podem ser considerados na descrição do ciclo de vida do objeto de avaliação. Tais requisitos podem incluir a construção de indicadores de desempenho definidos pela regulamentação local ou do caderno de encargos, como os requisitos para a eficiência energética, segurança contra incêndios, adaptabilidade ou desempenho sísmico. Estas exigências têm uma grande influência sobre o projeto, a escolha do tipo do processo de construção e a seleção dos materiais e produtos.

3.9.1 Cenários para a etapa de pré-construção (Módulo A0)

Os cenários devem descrever as suposições feitas sobre as atividades antes do início dos trabalhos de construção. O cenário deve descrever as principais premissas que influenciam os custos do projeto, incluindo, pelo menos, o seguinte:

- a) Seleção de um terreno ou um edifício existente para a adaptação;
- b) Impostos, subsídios e incentivos relacionados com o local;
- c) Honorários profissionais relevantes.

3.9.2 Cenários para a etapa do produto e construção (Módulos A1 à A3)

Cenários para as etapas de produto compreendem a extração, o transporte e transformação das matérias-primas. Devem descrever as principais premissas que influenciam os custos dos materiais ou produtos desde a extração até ao portão da fábrica, incluindo pelo menos:

- a) Custo da matérias-primas;
- b) Custo do transporte da matérias-primas;
- c) Custo de transformação das matérias-primas.

3.9.3 Cenários para a etapa do processo de construção (Módulos A4 - A5)

Cenários para a etapa do processo de construção compreendem o transporte dos materiais/produtos desde o portão da fábrica até a conclusão prática dos trabalhos de construção. O cenário deve descrever as principais premissas que influenciam os custos do projeto, incluindo, pelo menos, o seguinte:

- a) Obras ou estruturas preliminares e / ou temporário;
- b) Honorários profissionais competentes;
- c) Transporte de produtos, materiais, equipamentos e resíduos de e para o local da construção;
- d) Acessibilidade do local durante a fase de construção;
- e) Atividades de construção fora do local;
- f) Duração do programa de construção e os limites de horas de trabalho;

- g) Montagem, instalação, comissionamento e gestão de resíduos gerados na construção.

3.9.4 Cenários para a fase utilização (Módulos B1 à B7)

Os cenários devem descrever as suposições feitas sobre o funcionamento do edifício e as principais premissas que influenciam os custos do projeto, incluindo, pelo menos, o seguinte:

- a) Construção de atividades de gestão, em especial de inspeção, limpeza, manutenção e reparação;
- b) Substituição dos principais sistemas e componentes;
- c) O uso de energia para aquecimento, arrefecimento, iluminação, água quente sanitária e controles;
- d) O uso de água para uso operacional;
- e) Quaisquer acordos de locação proposta.

É importante reconhecer que o tempo de vida real de um determinado produto e um componente de qualquer situação vai ser o resultado de um conjunto complexo de fatores, incluindo a sua especificação, a sua localização, a forma em que é incorporada a construção, o seu nível de manutenção (especialmente a qualidade e a frequência de inspeção e manutenção) e sua intensidade de uso.

3.9.5 Cenários para o fim da fase da vida (Módulos de C1 a C4)

Os cenários devem descrever os processos utilizados durante a etapa fim de vida, de acordo com os limites do sistema para o final do estágio de vida (CEN, 2015).

- a) Devem descrever todos os processos relevantes que são assumidas como sendo necessária para a desconstrução do edifício, incluindo a triagem inicial no local dos materiais;
- b) Devem especificar para qualquer categoria de materiais ou produtos, o tipo de transporte utilizado, distâncias percorridas e consumo de combustível necessário para o seu movimento a partir do local para o descarte ou para a fronteira do sistema para os materiais que saem do sistema para reutilização, reciclagem e recuperação de energia.
- c) Devem descrever os processos de tratamento de resíduos: por exemplo, a triagem, os processos de preparação para a reutilização, reciclagem e recuperação de energia, até o momento em que a saída de desmantelamento, a desconstrução ou demolição do edifício ou construção de obras deixam de ser resíduos. Estes processos podem também gerar materiais para eliminação e são atribuídos ao módulo de C3.
- d) Devem descrever os processos (neutralização, a incineração, com ou sem utilização de energia, aterros, com ou sem utilização de gases de aterros sanitários, etc.), ou atividades (embalagem) necessárias antes do descarte final, onde não abrangidos em módulos de C1 a C3, bem como a própria eliminação final.

3.9.6 Cenários para benefícios e cargas para além dos limites do sistema (Módulo D)

Os cenários potenciais para reutilização, valorização e reciclagem fora da fronteira do sistema do objeto da avaliação deve descrever os processos que levam a futura substituição de recursos. Se relevantes e disponíveis, o módulo D aborda os benefícios económicos líquidos para o proprietário do edifício resultante da reutilização, reciclagem e recuperação de energia. Assim, o módulo D deve ser totalmente compatível com todos os cenários desenvolvidos para os diversos estágios do ciclo de vida e módulos.

3.10 CUSTO DO CICLO DE VIDA

A avaliação económica do edifício deve abranger as fases do ciclo de vida de um edifício, tal como descrito na Figura 3.4. O Módulo D, fornece informações sobre as cargas e os benefícios da reutilização, reciclagem e recuperação para além dos limites do sistema.

Os custos serão determinados com base na descrição do projeto do objeto de avaliação (novo edifício ou remodelação de um edifício existente) ou com as quantidades reais (edifícios existentes, pós-reforma) e os cenários previstos para cada módulo do ciclo de vida do objeto de avaliação.

Na avaliação do custo do ciclo de vida, em termos de valor atual líquido (custo), é necessário especificar a taxa de desconto (taxa específica para a comparação do valor do dinheiro, expresso em termos reais, em momentos diferentes) que está a ser utilizada para o cálculo. A seleção da taxa de desconto tem um grande impacto sobre o resultado dos cálculos. Para fins de comparabilidade o valor presente líquido (custo) deve ser realizado com uma taxa de desconto real de 3%. A taxa de desconto de 3% é retirada da Diretiva 2010/31/UE de 16/01/2012 Diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho relativa ao desempenho energético dos edifícios, através do estabelecimento de um quadro metodológico comparativo para o cálculo dos níveis ótimos de rentabilidade dos requisitos mínimos de desempenho energético dos edifícios e componentes de edifícios.

Pode-se realizar cálculos adicionais usando outras taxas de desconto, escolhidos em consulta com o cliente. Objetivos e requisitos comerciais, políticas, regulatórias e de sustentabilidade relacionada pode ser a base para a seleção e especificação de diferentes taxas de desconto. A taxa de desconto adicional selecionado pode ser influenciada, por exemplo pelos, custos de empréstimos dos clientes, riscos financeiros e considerações dos interesses das gerações futuras. Taxas de desconto mais elevadas tendem a favorecer soluções de menor custo inicial, podem ter custos operacionais anuais superiores. Quanto maior a taxa de desconto escolhida, menor a influência dos custos operacionais no cálculo do valor atual líquido (VPL) obtido (CEN, 2015).

3.11 CÁLCULO DOS INDICADORES ECONÓMICOS

Os Indicadores económicos representam os aspetos e os impactes económicos quantificados causados pelo edifício em avaliação durante todo o seu ciclo de vida. De acordo com a EN 16627:2015, os seguintes indicadores económicos podem ser utilizados para a avaliação económica:

3.11.1 Fase anterior à utilização

Etapa da Pré-construção (Módulo A0)

Módulo A0

- a) Custo de compra e/ou aluguer de terreno e/ou edifício existente, taxas e impostos associados;
- b) Custo com honorários de profissionais relacionados com aquisição do terreno.

Etapa do produto (Módulos A1-3)

Módulo A1

- a) Custo das matérias-primas;

Módulo A2

- a) Custo do transporte das matérias-primas;

Módulo A3

- a) Custo de transformação das matérias-primas.

Etapa de construção (Módulos A4-5)

Módulo A4: Transporte

- a) Custo de transporte de materiais e produtos do portão da fábrica até ao estaleiro da obra;
- b) Custo de transporte de equipamentos de construção, tais como alojamento local, o acesso de equipamentos e guindastes de e para o estaleiro.

Módulo A5: Processos de construção e instalação

- a) Custo com arranjos exteriores e obras de paisagismo;
- b) Custo de armazenamento dos produtos;
- c) Custo de transportes de materiais e produtos dentro do estaleiro;
- d) Custo de trabalhos temporários necessários a implantação da obra, incluindo fora do estaleiro;
- e) Custo de produção e transformação de um produto dentro do estaleiro;
- f) Custo de aquecimento, arrefecimento, ventilação e controle de humidade no processo de construção;
- g) Custo de instalação de produtos dentro da edificação;
- h) Custo da água para refrigeração e limpeza de máquinas no estaleiro;
- i) Custo de gestão dos resíduos RCD gerados no estaleiro da obra;
- j) Custo de transporte de resíduos RCD gerados no estaleiro da obra;
- k) Custo inerente à dotar o edifício de condições para entrega, pronto a utilizar;
- l) Custo relativo a honorários de profissionais relacionados com a conceção do projeto, acompanhamento e fiscalização de obra;
- m) Impostos, taxas e outros custos relacionados com a permissão para construir e inspeção ou aprovação de obras;
- n) Incentivos ou subsídios relacionados com a instalação.

3.11.2 Fase de utilização

Etapas de utilização (Módulos B1-B7)

Módulo B1: Utilização

- a) Custo decorrentes das condições previstas normais de utilização do edifício e não se enquadram módulos B2-B7 (por exemplo, impostos, seguros, custos de segurança regulamentares, etc.).

Módulo B2: Manutenção

- a) Custo das peças e produtos auxiliares utilizados para a manutenção;
- b) Custo dos processos de limpeza para o interior e exterior das instalações e equipamentos relacionados com a construção e construção;
- c) Custo dos processos para a manutenção do desempenho funcional e técnica da estrutura do edifício e construção de sistemas técnicos integrados, bem como as qualidades estéticas do interior do edifício e componentes externos.

Módulo B3: Reparação

- a) Custo da reparação dos componentes e produtos auxiliares;
- b) Custo relativo ao processo de reparação da parte reparada de produtos auxiliares;
- c) Custo de gestão de resíduos do componente removido e dos produtos auxiliares.

Módulo B4: Manutenção

- a) Custo dos componentes de substituição e produtos auxiliares;
- b) Custo do processo de remoção do componente substituído e montagem dos componentes de substituição e os produtos auxiliares;
- c) Gestão de resíduos da peça removida do componente de produtos auxiliares.

Módulo B5: Reabilitação

- a) Custos de novos elementos de construção;
- b) Custo dos processos de reabilitação;
- c) Gestão de resíduos dos componentes de construção substituídos como parte do processo de renovação.

Módulo B6: Utilização operacional de energia

- a) Custo com aquecimento;
- b) Custo com a produção de água quente sanitária (AQS);
- c) Custo com ar condicionado;
- d) Custo com ventilação;
- e) Custo com iluminação;
- f) Custo com energia auxiliar usada para bombas, controle e automação;
- g) Custo com sistemas técnicos integrados.

Módulo B7: Utilização operacional de água

- a) Custo com a água potável;

- b) Custo com a água para saneamento;
- c) Custo com a água quente;
- d) Custo com a água para irrigação de áreas de paisagem associadas, telhados verdes, paredes verdes;
- e) Custo da água para aquecimento, arrefecimento, ventilação e humidificação;
- f) Custo dos sistemas integrados de água específico, por exemplo, fontes, piscinas, saunas.

3.11.3 Fase de fim de vida

Etapa de fim de vida – Módulos C1-C4

Módulos C1: Desconstrução

- a) Custo dos processos de desconstrução (por exemplo, a desconstrução, a desmontagem e/ou demolição) executados no perímetro de construção e as operações realizadas fora do perímetro de construção em trabalhos temporários.

Módulo C2: Transporte

- a) Custo de transporte de e para o possível local de armazenamento / processamento intermediário dos resíduos da desconstrução.

Módulo C3: Processamento de resíduos para reutilização, recuperação e ou reciclagem

- a) Custo decorrente das operações no local e as operações realizadas em trabalhos temporários localizados fora do local para processar resíduos das desconstrução.

Módulo C4: Eliminação

- a) Custo de tratamento pós-transporte;
- b) Custo de neutralização, a incineração ou aterros.

3.11.4 Fase para além do ciclo de vida

Benefícios e carga para além da fronteira do sistema – Módulos D

Módulo D: Reutilização, recuperação e reciclagem

- a) Reutilização
- b) Reciclagem
- c) Recuperação de energia

Os valores calculados para cada um dos indicadores de cada módulo do ciclo de vida devem ser calculados sem a aplicação de qualquer taxa de desconto e podem ser agregados para a determinação dos custos de cada módulo das fases do ciclo de vida em que eles ocorrem. Estes custos são divididos em duas categorias: custos recorrentes (expresso em € / ano) e custos não-recorrentes (expresso em € / ocorrência).

3.11.5 Valor atual líquido (VAL), Custo atual líquido (CAL)

O Valor Atual Líquido (VAL) é a soma dos fluxos de caixa futuros descontados, os custos e benefícios / receitas. Onde apenas os custos estão incluídos isso pode ser chamado de Custo atual Líquido (CAL) (CEN, 2012). O valor atual líquido (VAL) é uma medida padrão nas avaliações do custo do ciclo de vida (CCV), usado para determinar e comparar os custos das opções propostas. Pode ser aplicado em toda a gama de investimentos de construção, abrangendo programas integrais de investimento, ativos, sistemas, componentes e operacionais e modelos de manutenção. Os custos e as receitas / benefícios a serem incluídos em cada análise são definidos de acordo com seus objetivos. Por exemplo, as receitas provenientes da reciclagem de materiais ou de geração de energia excedente são normalmente incluídos em uma análise CCV de opções alternativas de sustentabilidade (CEN, 2015).

O Custo Anual (CA) ou Valor Anual Equivalente (VAE) é um montante anual uniforme que, acumuladas durante o período de análise, é igual ao custo líquido total do projeto, tendo em conta o valor do dinheiro no tempo ao longo do período. Ele é usado para comparar as opções de investimento onde o ciclo de reposição natural não pode ser facilmente diretamente relacionados com o período de análise. O menor Valor Anual Equivalente (VAE) indica a opção de menor custo (CEN, 2015).

3.12 RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

A base da avaliação é a transparência e a rastreabilidade das informações utilizadas para as diferentes opções e escolhas do avaliador durante todo o processo de cálculo. O desempenho económico dos edifícios pode ser apresentado através de documentos e recursos visuais. Os resultados devem ser rastreáveis e transparentes. Isto requer que a informação seja apresentada em pormenor suficiente para permitir que o leitor possa avaliar a qualidade das informações. Enumeram-se nos pontos seguintes as informações que devem constar no relatório de avaliação em função do seu objetivo.

Informações de identificação

- a) Finalidade da avaliação (utilização prevista e âmbito de aplicação);
- b) Identificação de prédio (endereço, etc.);
- c) Cliente para avaliação;
- d) Nome e qualificação do avaliador;
- e) Método de avaliação, incluindo o número da versão e de referência;
- f) Ponto de avaliação do ciclo de vida do edifício;
- g) Período em que a avaliação é válida;
- h) Data da avaliação;
- i) Declaração sobre a verificação da avaliação;
- j) Nome e qualificação do verificador, se a verificação é aplicada.

Informações relativo ao equivalente funcional avaliado

- a) Tipo de construção (por exemplo, escritório, fábrica);

- b) Os requisitos técnicos e funcionais relevantes (por ex., a regulamentação e requisitos específicos do cliente);
- c) Padrão de uso (por exemplo, ocupação);
- d) A vida de serviço exigido;
- e) Tipo de técnica de construção (tipo estrutural);
- f) Ano de comissionamento;
- g) Ano (s) de remodelação;
- h) Para cada área de atuação: número projeto de ocupantes do edifício; projeto cronograma de ocupação; aquecimento, refrigeração e sistema de ventilação e sistema de serviço de água quente; sistema de iluminação; sistemas de comunicação.

Informação sobre as fronteiras e os cenários utilizados

- a) Para o edifício sob avaliação dos pressupostos e cenários relevantes devem ser declarados na documentação.

Informação sobre as fontes de dados

- a) As fontes de dados, o tipo e a qualidade dos dados utilizados devem ser comunicados.

Lista dos indicadores utilizados

O resultado da avaliação económica do edifício deve ser relatado e apresentado como uma lista estruturada de acordo com os cenários utilizados para a avaliação:

- a) Primeiro, o valor dos diferentes itens da avaliação económica deve ser apresentado sem qualquer desconto ou taxa de escalada;
- b) O nível de agregação destas rubricas de custos depende da disponibilidade de dados;
- c) O avaliador deve assegurar que os custos agregados incluem os diferentes custos. Sendo necessário dividir esses custos em duas categorias: custos recorrentes e custos não-recorrentes;
- d) Para cada módulo do ciclo de vida, os valores devem ser comunicados a todos os indicadores que foram determinados na avaliação;
- e) Se qualquer módulo contém apenas informações parciais, este deve ser claramente referido e razões para omitir esta informação será dada;
- f) Indicadores que não foram determinados devem ser notificados como INA (Indicador não avaliados) e os motivos para omitir esta informação será dada;
- g) Se um módulo é excluído, o módulo deve ser declarado como MNA (módulo não avaliados) e os motivos para omitir esta informação será dada;
- h) Os resultados dos aspetos e impactes resultantes da reutilização, a reciclagem e recuperação de energia e outras operações de recuperação após o ciclo de vida da construção podem ser incluídos como informação no módulo D;
- i) A desagregação dos resultados de avaliação mínima exigida para inclusão no relatório de avaliação é ao nível dos indicadores;

Comunicação dos resultados

A comunicação dos resultados da avaliação económica deve basear-se nas seguintes regras:

- a) A comunicação pode ser limitada a uma seleção de indicadores;
- b) Os resultados devem ser apresentados separadamente para todas as etapas do ciclo de vida do edifício e para o módulo D;
- c) Dentro de cada uma das fases do ciclo de vida da construção (ver figura 3.4), os resultados por indicador pode ser resumido, desde que os valores para o indicador são determinados para cada módulo dentro dessa fase;
- d) Se os valores não foram determinados para todos os módulos de um estágio do ciclo de vida, os resultados devem ser apresentados separadamente para cada módulo dessa fase, e os módulos para os quais não estão determinados os valores devem ser apresentadas como módulo não avaliado (MNA);
- e) Além disso, os resultados podem ser representados graficamente para auxiliar a comunicação.

Verificação dos resultados

Para ser verificável, todas as informações utilizadas, opções ou decisões tomadas devem ser apresentados de uma forma transparente. Se houver necessidade de verificação da avaliação, um procedimento de verificação deve ser aplicada.

A verificação deve incluir o seguinte:

- a) Coerência entre a finalidade da avaliação e limites e cenários utilizados;
- b) Rastreabilidade dos dados utilizados para os produtos;
- c) Conformidade dos dados com os requisitos da norma EN 15804:2013;
- d) Consistência entre os cenários que se aplicam a construção de nível com aqueles para uso do produto;
- e) Integridade e justificação de completude para a quantificação ao nível de construção.

No capítulo seguinte será apresentado o desenvolvimento da metodologia MAEP-RB (Methodology of Assessment of Economic Performance - Residential Buildings) que segue o princípio da modularidade apresentado na EN 16627:2015. A metodologia MAEP-RB avalia o desempenho e a sustentabilidade económica de edifícios residências na fase anterior à utilização com base no ciclo de vida.

CAPÍTULO 4

ESTRUTURA E CONTEÚDO DA METODOLOGIA MAEP-RB

4.1 ÂMBITO E OBJETIVOS

Neste capítulo são apresentados a estrutura, conteúdo e processo de cálculo da metodologia de avaliação do desempenho e da sustentabilidade económica de edifícios residenciais (Methodology of Assessment of Economic Performance - Residential Buildings (MAEP-RB)), que foi desenvolvida no âmbito deste trabalho de investigação.

A metodologia MAEP-RB desenvolvida tem como objetivos apoiar as equipas de projeto e donos de obra desde a fase preliminar de conceção de edifícios residências e permitir a avaliação do desempenho e da sustentabilidade económica de edifícios novos ou existentes.

O conjunto de Normas Europeias elaboradas pelo CEN/TC 350 “Sustainability of construction works”, propõem um sistema de avaliação do contributo da construção para o desenvolvimento sustentável, baseado numa abordagem de ciclo de vida. Esta avaliação quantifica impactes e aspetos relacionados com esse contributo, que permitem avaliar os desempenhos ambiental, social e económico dos edifícios, utilizando indicadores quantitativos e qualitativos, os quais são medidos sem juízo de valor. O objetivo deste conjunto de normas é permitir a comparação de resultados entre avaliações de edifícios com o mesmo equivalente funcional. Este conjunto de Normas Europeias não estabelece valores de referência (benchmarks) ou níveis de desempenho (IPQ, 2014). Este enquadramento aplica-se a todos os tipos de edifícios e é relevante para a avaliação do desempenho económico de edifícios novos ao longo do seu ciclo de vida, e de edifícios existentes ao longo da sua vida útil remanescente e na fase de fim de vida.

O sistema de avaliação desenvolvido teve como ponto de partida os princípios e os requisitos específicos para a avaliação do desempenho e sustentabilidade económica de edifícios, tendo em conta as suas características técnicas e funcionais, no âmbito da sustentabilidade de edifícios fornecidos pelas normas Europeias elaboradas pelo CEN/TC 350 “Sustainability of construction works”, que propõem um sistema de avaliação da sustentabilidade de edifícios com base na análise do ciclo de vida (ACV):

- a) EN 15643-1:2010 - Sustentabilidade das obras de construção - Avaliação da sustentabilidade dos edifícios - Parte 1: Enquadramento geral;
- b) EN 15643-4:2012 - Sustentabilidade das obras de construção - Avaliação da sustentabilidade dos edifícios - Parte 4: Enquadramento para a avaliação do desempenho económico;
- c) EN 16627:2015 - Sustentabilidade das obras de construção – Avaliação do desempenho económico de edifícios – Método de cálculo.

A avaliação do desempenho económico inclui os aspetos económicos de um edifício em relação ao ambiente construído dentro da área de construção do edifício, não inclui aspetos económicos para além da área da construção do edifício, por exemplo, impactes económicos da construção de

infraestruturas locais ou impactes económicos resultantes do transporte dos usuários do edifício ou impactes económicos de um projeto de construção na comunidade local (CEN, 2012).

As normas desenvolvidas no âmbito deste enquadramento não definem regras sobre como diferentes esquemas de avaliação de edifícios poderão disponibilizar métodos de valoração, nem prescrevem níveis, classes ou valores de referência para medição de desempenhos (CEN, 2012).

Na metodologia MAEP-RB apresentada, a avaliação do desempenho económico do edifício incidiu exclusivamente sobre a *fase anterior à utilização* (ver figura 4.1), sendo quantificados os aspetos e impactes económicos que estão diretamente ligados aos processos e operações necessários à construção do edifício, utiliza indicadores quantitativos e qualitativos, medidos sem juízo de valor.

Como se pode observar na figura 4.1 são quantificados os custos de todos os *módulos* de cada *etapa* que integram a *fase anterior à utilização* do ciclo de vida, nomeadamente a *Etapa de Pré-construção*, a *Etapa do Produto* e a *Etapa da Construção e instalação*.

O desenvolvimento desta metodologia de avaliação do desempenho económico MAEP-RB assentou nas seguintes prioridades:

- a) Contribuir para o desenvolvimento da dimensão económica do desenvolvimento sustentável. Algumas das metodologias existentes estão sobretudo orientadas para a dimensão ambiental, relegam para segundo plano e muitas ignoram a dimensão económica do desenvolvimento sustentável;
- b) Ser baseado no atual estado da arte. No desenvolvimento desta metodologia consideraram-se os últimos desenvolvimentos nos sistemas de avaliação da sustentabilidade existentes essencialmente na EN 16627:2015 que estabelece as regras de cálculo para a avaliação do desempenho económico dos edifícios novos ou existentes;
- c) Criar uma metodologia de avaliação sistemática do desempenho e da sustentabilidade económica do edifício, como base na análise do ciclo de vida (ACV), conforme as regras estabelecidas na EN 16627:2015;

A metodologia (MAEP-RB) foi desenvolvida com o objetivo de permitir a avaliação do desempenho e da sustentabilidade económica de um edifício durante a fase de conceção, isto é, tendo por base o comportamento previsto para a totalidade do ciclo de vida do edifício. Sendo sempre aconselhável que à avaliação seja realizada nas fases mais preliminares de um projeto de construção para que, desde o início, se possa estimar o desempenho e o índice de sustentabilidade económica do edifício e introduzir atempadamente medidas que permitam incrementar melhorias no seu desempenho e contribuam para o aumento do desempenho económico e melhoria do índice de sustentabilidade. Os resultados das avaliações são dados importantes no suporte das tomadas de decisão, pois desta forma as equipas de projeto terão acesso, desde o início, ao desempenho esperado para o edifício a construir, podendo dessa forma avaliar o impacto de soluções alternativas.

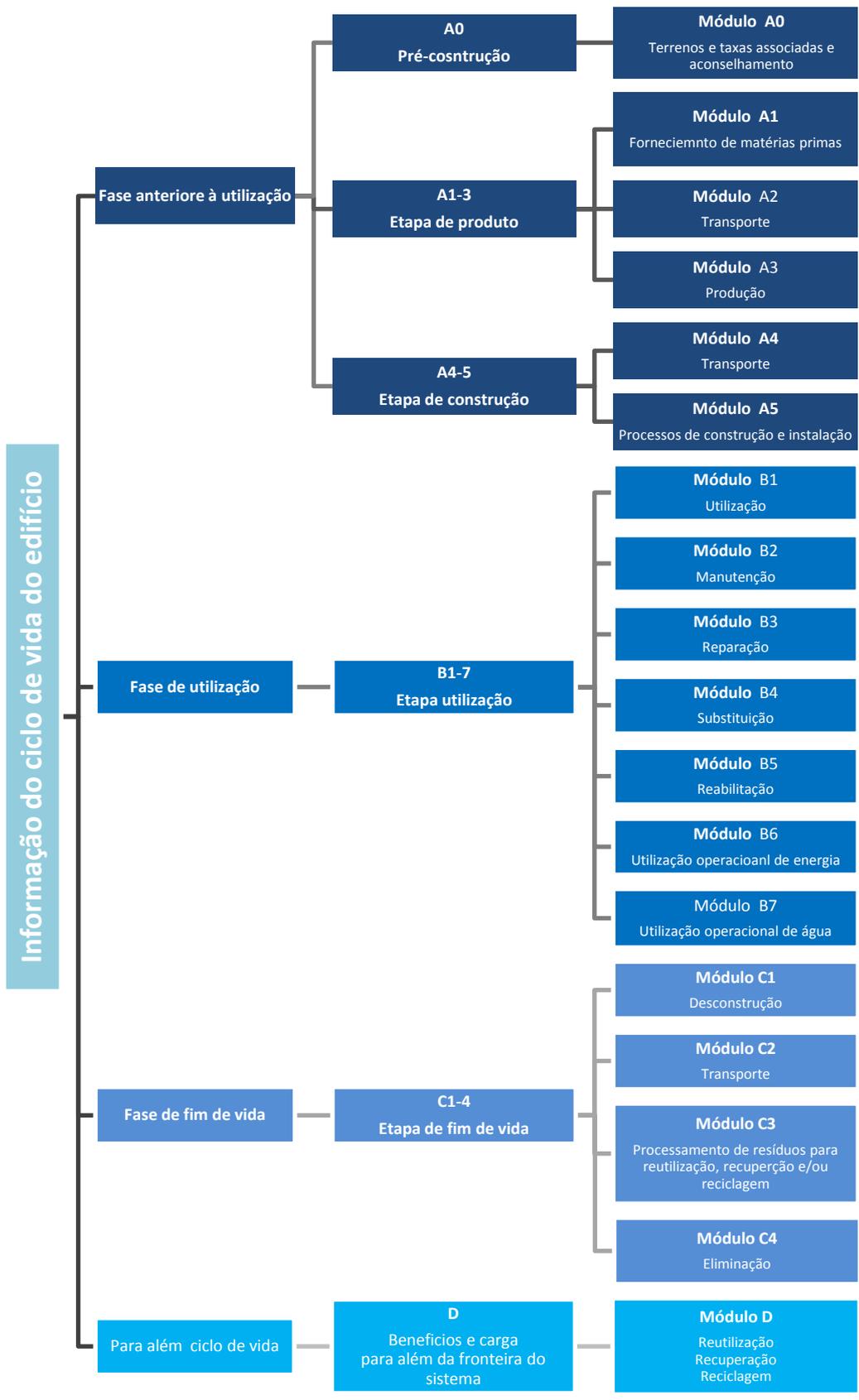


Figura 4.1: Módulos de informação (CEN, 2012)

económico e melhoria do índice de sustentabilidade. Os resultados das avaliações são dados importantes no suporte das tomadas de decisão, pois desta forma as equipas de projeto terão acesso, desde o início, ao desempenho esperado para o edifício a construir, podendo dessa forma avaliar o impacto de soluções alternativas. O resultado de uma avaliação pode constituir uma oportunidade para os promotores, utilizadores e projetistas tomarem decisões no sentido da otimização da sustentabilidade económica dos edifícios.

A estrutura hierárquica da metodologia de avaliação do desempenho económico foi desenvolvida dentro do conceito da sustentabilidade com base na análise do ciclo de vida do edifício, conforme as regras estabelecidas na EN 16627:2015. Para proceder-se a avaliação de sustentabilidade económica com atribuição de um índice de sustentabilidade, se procede a normalização dos parâmetros e à definição de um sistema de pesos para a estrutura hierárquica da metodologia MAEP-RB. A normalização e o sistema de pesos possibilitam a integração desta metodologia numa avaliação da sustentabilidade do edifícios em que são avaliados conjuntamente a dimensão económica, social e ambiental, com atribuição de índices de sustentabilidade individualmente para cada dimensão e/ou global.

4.2 OBJETO DE AVALIAÇÃO

O objeto da avaliação é o edifício, incluindo as suas fundações e os arranjos exteriores dentro do perímetro de implantação do edifício, excluindo quaisquer construções permanentes fora do perímetro de implantação. O perímetro usado para caracterizar o local deve ser coerente com a definição e uso pretendido do edifício (CEN, 2015).

A metodologia MAEP-RB possibilitará a comparação de desempenho económico de diferentes opções de projeto como o mesmo equivalente funcional. Como por exemplo, comparar sistemas construtivos (tradicional e industrializada), ou simplesmente comparar duas estruturas resistentes do edifício (betão armado e madeira). O equivalente funcional é uma representação das características técnicas requeridas e das funcionalidades do edifício devendo pelo menos incluir informação sobre os seguintes aspetos: tipo de construção (tipo de estrutura do edifício e o sistema construtivo); requisitos técnicos e funcionais relevantes (regulamentação e requisitos específicos do dono de obra); tipo utilização (Habitação); Vida de Serviço Exigido (VSE).

4.3 DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA MAEP-RB

A metodologia MAEP-RB (Methodology of Assessment of Economic Performance - Residential Buildings) foi desenvolvida com o objetivo de permitir a avaliação do desempenho económico de um edifício residencial ainda durante a fase de conceção, isto é, tendo por base o comportamento previsto para a totalidade do ciclo de vida do edifício.

Para a avaliação do desempenho e da sustentabilidade económica de um edifício, o ciclo de vida começa com a decisão de construir, reformar, renovar, ampliar, manter ou demolir. O ciclo de vida prossegue através dos acordos contratuais e especificações para o projeto, aquisição de produtos, construção, entrega do edifício, colocação em serviço, efetiva utilização e finalmente após a desativação, a desconstrução ou demolição. A informação relativa a tais decisões e atividades é necessária para avaliar os aspetos e os impactes económicos do edifício (CEN, 2012).

Os aspetos e impactes são imputados aos módulos de informação do ciclo de vida do edifício em que ocorrem. A Figura 4.1 ilustra a abordagem modular para a recolha de informação ao longo do ciclo de vida do edifício, contempla quatro fases do ciclo de vida de um edifício: *fase anterior à utilização*; *fase de utilização*; *fase fim de vida*; e ainda a *fase para além do ciclo de vida*. Cada fase é subdividida em etapas e em módulos.

A avaliação do desempenho económico de um edifício deverá incluir todas as informações relevantes do Módulo A ao Módulo D, que podem incluir os seguintes elementos:

- a) Impactes económicos e aspetos específicos antes da fase de utilização (Módulos A0 e A1 a A5);
- b) Impactes económicos e aspetos específicos durante a fase de utilização não relacionados com o edifício em exploração (Módulos B1 a B5);
- c) Impactes económicos e aspetos específicos relacionados com o edifício em exploração (Módulos B6 a B7);
- d) Impactes económicos e aspetos específicos no fim da vida (Módulos C1 a C4 e D);

Na *fase anterior à utilização*, os custos associados aos módulos A0 a A5 correspondem aos custos diretos e indiretos que ocorrem dentro da fronteira do edifício, associados à globalidade das fases de conceção e construção do edifício e definem a fronteira que limita a área de intervenção desta metodologia de avaliação, relativamente ao ciclo de vida do edifício. Individualizando cada um dos módulos, teremos os seguintes limites:

- a) Módulo A0, inclui os custos ocorridos anterior às etapas de produto e de construção;
- b) Módulos A1-A3, incluem os custos ocorridos na etapa do produto ou seja, os custos associados ao produto do “berço” ao portão da fábrica;
- c) Módulos A4-A5, incluem todos os custos dos materiais desde o portão da fábrica até ao estaleiro e os custos relativos aos processos necessários à construção do edifício.

Como já referido anteriormente, na metodologia apresentada, a avaliação do desempenho e sustentabilidade económica do edifício incidi exclusivamente sobre a *fase anterior à utilização* (ver figura 4.2), quantifica os aspetos e impactes económicos que estão diretamente ligados aos processos e operações necessários à construção do edifício, utilizando indicadores quantitativos e qualitativos.

O desenvolvimento metodologia MAEP-RB baseia-se nos objetivos seguintes:

- a) Criar uma metodologia de avaliação sistemática do desempenho económico e da sustentabilidade económica de um edifício residencial dentro do conceito sustentabilidade, como base na ACV, conforme o estabelecido na EN 16627:2015;
- b) Apresentar em simultâneo, os resultados da avaliação do desempenho e da sustentabilidade económica de um edifício, desagregando-os ao nível dos indicadores, módulos, etapas e fases do ciclo de vida;
- c) Contribuir para o desenvolvimento e valorização da dimensão económica no âmbito da sustentabilidade;

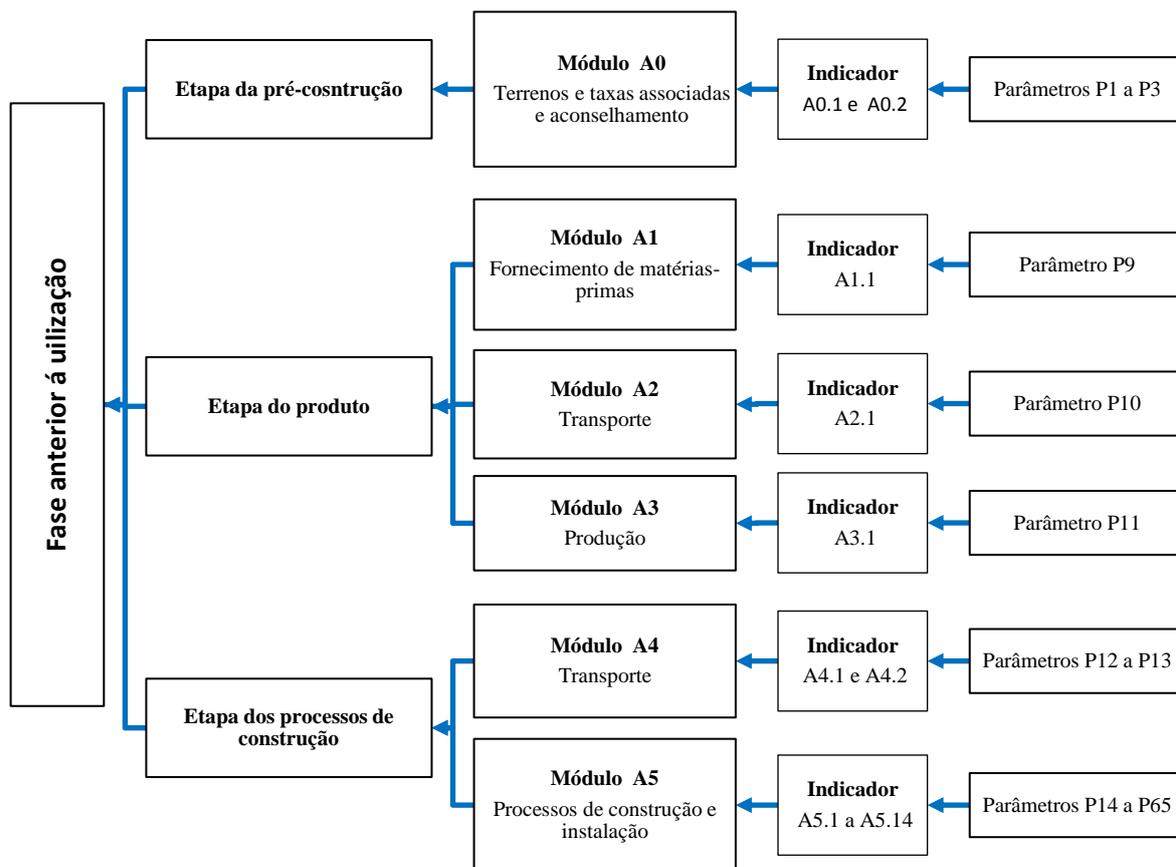


Figura 4.2: Estrutura hierárquica da MAEP-RB e fluxo de informação

Para desenvolver MAEP-RB, serão realizadas as seguintes passos:

- Seguir o princípio de modularidade, onde os aspetos e impactes que influenciam o desempenho económico do edifício durante as fases do seu ciclo de vida nomeadamente da *fase anterior à utilização*, são atribuídos a cada módulo do ciclo de vida em que eles ocorrem dentro da respectiva etapa;
- Construir uma estrutura hierárquica de suporte a metodologia MAEP-RB que retrate o princípio da modularidade e clarifique os fluxos de informação;
- Estruturar um modelo de custos na construção de edifícios residenciais baseado na hierarquização da divisão das camadas do edifício e dos arranjos exteriores em, sistemas, elementos, componentes e subcomponentes, que permita criar uma base de dados geral, onde os custos e as quantidades dos recursos de cada subcomponente são desagregados e armazenados. Por exemplo, a produção de cada metro cubico de betão com um determinada classe de resistência (subcomponente) será desagregado nos vários matérias/recursos (água, cimento, areia, brita, equipamento, combustível e mão de obra) necessários a produção desse metro cubico de betão;

- d) Desenvolver e quantificar os parâmetros que incorporados na estrutura hierárquica da metodologia MAEP-RB através de dados quantificados através do projeto (mapa de medições) que permitam quantificar cada indicador económico da metodologia e previsto na EN 16627:2015 de forma objetiva;
- e) Definir valores de referência (benchmarks), Melhor prática e Prática convencional, relativos a cada parâmetro da estrutura hierárquica, necessários para a sua normalização;
- f) Elaborar um sistema de pesos adaptado a estrutura hierárquica da metodologia recorrendo ao Processo de Análise Hierárquica (AHP);
- g) Apresentar os resultados da avaliação do desempenho económico do edifício, expresso em unidades monetárias, relativamente aos vários níveis da estrutura hierárquica da metodologia, ou seja, ao nível *da fase anterior à utilização* do ciclo de vida do edifício, de cada *etapa*, de cada *módulo*, e de cada *indicador económico*;
- h) Apresentar igualmente os resultados da avaliação da sustentabilidade económica do edifício, expresso por índices de sustentabilidade (A⁺, A, B, C, D, E), relativamente aos vários níveis da estrutura hierárquica da metodologia, ou seja, ao nível *da fase anterior à utilização* do ciclo de vida do edifício, de cada *etapa*, de cada *módulo*, e de cada *indicador económico*;
- i) Criar uma aplicação informática, que permita a criação de uma base de dados geral, adaptada aos objetivos perseguidos e efetue a avaliação do desempenho económico e determine o índice de sustentabilidade do edifício avaliado.

4.4 ESTRUTURA DA METODOLOGIA MAEP-RB

A estrutura hierárquica da metodologia MAEP-RB representada na Figura 4.2 segue o princípio da modularidade e ilustra como são processados os fluxos de informação relativos aos aspetos e impactes que influenciam o desempenho económico e o índice de sustentabilidade na fase anterior à utilização. O fluxo de informação tem início no nível mais baixo da hierarquia, ou seja, na quantificação dos parâmetros (P1 até P65), que são quantificados através dos elementos de projeto.

Os custos valorados nos parâmetros permitem a quantificação dos indicadores económicos (A0.1, A0.2, A1.1, A2.1, A3.1, A4.1, A4.2, A5.1 até A5.14), sendo estes atribuídos aos módulos (módulo A1, A2, A3, A4, A5), que por sua vez são atribuídos às respetivas etapas do ciclo de vida (*etapa de pré-construção*, *etapa do produto* e *etapa de construção*) em que eles ocorrem. Com a agregação dos custos valorados nas três etapas, obtemos informação sobre o desempenho económico do edifício na *fase anterior à utilização*.

Na metodologia MAEP-RB, o processo de avaliação do desempenho económico faz uma análise de custos ao longo do ciclo de vida de acordo com a estrutura hierárquica e o fluxo de informação e representado na figura 4.2. A avaliação dos parâmetros da metodologia que se encontram posicionados no nível mais baixo da hierarquia são expressos em unidades monetárias, assim como os resultados dos níveis superiores da hierarquia que são obtidos pela agregação dos resultados de níveis inferiores, não sendo necessário proceder à normalização de cada parâmetro nem a atribuição de um sistema de pesos à estrutura hierárquica. Todos os parâmetros têm igual

importância sendo os pesos todos iguais a um, assim como os restantes níveis a estrutura hierárquica representada na figura 4.2.

Em simultâneo a metodologia MAEP-RB determina o índice de sustentabilidade económica do edifício em avaliação relativamente ao desempenho económico determinado. Ou seja, para cada valor do desempenho expresso em unidades monetárias, corresponde uma atribuição de índices de sustentabilidade.

Para adequar a metodologia à determinação de índices de sustentabilidade económica de edifícios procedeu-se à normalização de todos os parâmetros da estrutura hierárquica da MAEP-RB e à definição de um sistema de pesos relativos para a estrutura hierárquica. O desenvolvimento da normalização e dos sistema de pesos relativos, possibilita a integração desta metodologia na avaliação da sustentabilidade do edifício em que são avaliados conjuntamente a dimensão económica, social e ambiental, com atribuição de índices de sustentabilidade individualmente para cada dimensão e/ou global.

4.5 FRONTEIRA DO SISTEMA

A fronteira física utilizada, o edifício, está em conformidade com as normas EN 15643-4:2012 e EN 16627:2015, inclui as suas fundações e os arranjos exteriores dentro do perímetro de implantação do edifício, excluindo da avaliação quaisquer construções permanentes fora do perímetro de implantação.

Para a quantificação dos custos que ocorrem dentro da fronteira e que serão associados a cada indicador, cada módulo e a cada etapa de informação em que os mesmos ocorrem, na metodologia MAEP-RB procede-se da seguinte forma:

- a) Os custos a associados ao módulo A0 serão obtidos diretamente da “*Ficha do edifício*” que conterà informações transmitidas pelo Dono de Obra por se tratar de valores que são sempre objeto de negociação entre o Dono de Obras e terceiros, por isso subjetivos, não sendo possível outra forma a quantificação exata, tais como: o valor da transação do terreno; custos da mediação imobiliária; custos de estudos de viabilidade técnica; custos de acessória jurídica; custos de emolumentos de notário; custos de emolumentos do registo predial;
- b) Para determinar os custos associados aos módulos A1-A5, é proposto uma hierarquização da divisão das “camadas” do edifício com base na terminologia que tem sido habitualmente utilizada. O edifício (sistema) é subdividido em, subsistemas, elementos, componentes e subcomponentes (ver tabela 4.1). Cada subcomponente será desagregado nos recursos que o constituem, necessários a sua produção, através da criação de uma ficha de rendimento integrada numa base de dados geral da MAEP-RB;
- c) Os custos dos arranjos exteriores dentro do perímetro de implantação do edifício são também associados aos módulos A1-A5, mas, não se encontram integrados nas “camadas” do edifício, porque não fazem fisicamente parte do mesmo. Esta metodologia apresenta uma hierarquização da divisão dos arranjos exteriores por “níveis”, onde os arranjos exteriores (sistema) são subdivididos também em, subsistemas, elementos, componentes e subcomponentes (ver tabela 4.2). Cada subcomponente será desagregado

nos recursos que o constituem, necessários a sua produção, através da criação de uma ficha de rendimento integrada numa base de dados geral da MAEP-RB.

Todos os custos associados à construção de um edifício (objeto de avaliação), desde a ideia de construir, compra do terreno, realização de projetos, construção e pagamento de taxas, estão dentro da fronteira da etapa anterior à utilização, e tem que ser alocados no módulo em que ocorrem. Para tal ser possível, criou-se um modelo de custos estruturado integrado numa descrição completa das características técnicas e físicas do edifício.

A base de dados geral desenvolvida e integrada na metodologia MAEP-RB para a quantificação dos recursos necessários a realização de uma determinada tarefa, é recetiva a introdução de informação adicional, necessários à quantificação de parâmetros ambientais ou mesmo sociais. Toda a informação, económica, ambiental e social de um determinado recurso pode e deve estar na mesma base de dados. Possibilitaria a avaliação simultânea das três dimensões da sustentabilidade, transmitindo em cada momento o custo da sustentabilidade.

4.6 DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO EDIFÍCIO

Embora se verifique atualmente uma crescente preocupação com a qualidade das construções, o parque imobiliário português apresenta problemas de degradação física e funcional, em parte derivados de um deficiente processo de construção – entendido como o período de tempo desde a planificação até à conclusão da obra. Nesta fase do ciclo de vida do edifício aparecem as primeiras variáveis que irão influenciar o tempo de vida útil das edificações, como por exemplo: o programa de usos para o qual foi projetado; as soluções construtivas adotadas; os materiais utilizados ou o funcionamento estrutural (Gaspar, 2002). Particularidades como estas, assim como as ações a efetuar durante o período de utilização do edifício, como o investimento feito na sua conservação e manutenção, tornam muito difícil o trabalho de avaliar a durabilidade. Nesta perspetiva surge o primeiro contacto com o conceito de vida útil – quantificação temporal de durabilidade enquanto qualidade dos edifícios, determinada pela combinação de variáveis num determinado contexto.

Atualmente, o conhecimento pouco aprofundado sobre as características inerentes dos produtos da construção, e os comportamentos destes ao longo do tempo não permitem a programação perfeita do desempenho de um edifício. Para além disso, geralmente não se conhece o efeito de todas as variáveis envolvidas no problema. A maior dificuldade em projeto reside assim no problema da modelação de todos os aspetos que possam condicionar o ciclo de vida da edificação. Isolando as decisões na fase de “nascimento”, estas conduzirão a uma vida útil de projeto (VUP) que será, necessariamente, afetada pelas intervenções de manutenção e reparação efetuadas durante o “envelhecimento” da construção (período de serviço). Devem por isso mesmo ser consideradas para a determinação da VUP (Silva, 2011).

Durante muitos anos a vida útil estava associada à resistência e à estabilidade de determinado edifício. Atualmente, com a introdução de novos materiais e métodos construtivos na indústria da construção e com a evolução do estado do conhecimento, a questão da durabilidade torna-se menos concentrada no critério físico. Por um lado, por não se conhecer o desempenho económico e funcional destas novas soluções. Por outro, os padrões de estética e de conforto dos

utentes acompanham a entrada dos novos produtos e tornam construções precocemente obsoletas em relação à sua vida útil prognosticada, afetando desta forma a sua degradação física e funcional.

A evolução das técnicas de engenharia tem permitido empreendimentos cada vez mais funcionais, estéticos, económicos, resistentes, duráveis, entre outras evoluções de qualidade. A questão reside no conhecimento a longo prazo do que se está a projetar e na dificuldade em avaliar e prever desempenhos que conduzam a valores de vida útil. Com o intuito de colmatar esta lacuna têm vindo a ser desenvolvidos, a nível internacional, vários documentos técnicos e normativos que apoiam o planeamento da vida útil das edificações, nomeadamente através de métodos de previsão. Neste sentido, considera-se que o planeamento da vida útil deve ser encarado pelos técnicos projetistas como um critério de projeto.

Para o estudo da durabilidade das construções e da sistematização de valores de vida útil para os elementos e componentes de um edifício, alguns autores propõe a subdivisão do edifício nas suas partes constituinte, alguns autores referem-se às noções de camada (*layer*) e nível (*level*), justificadas como necessárias à observação dos padrões de longevidade e adaptabilidade do edifício e das suas partes. Nesse sentido, camada relaciona-se com a noção de durabilidade, enquanto o conceito de nível propõe uma hierarquia de particularização, pensando num edifício como um todo até a um material. A importância da abordagem sistémica no domínio da durabilidade pode ser empiricamente comprovada comparando a durabilidade e a resistência à transformação de elementos com diferentes ciclos de reparação e de substituição, como são os exemplos de estruturas em betão, revestimentos pétreos, rebocos, portas e janelas, ou acessórios como torneiras e puxadores (Gaspar, 2002).

O conhecimento dos indicadores de durabilidade e de valores da vida útil dos elementos e componentes de um edifício, revestem-se da maior importância para a avaliação do desempenho de um edifício na *fase de utilização*. Na *fase anterior à utilização* do ciclo de vida do edifício são tomadas as primeiras decisões que irão influenciar o tempo de vida útil das edificações, como por exemplo: o programa de usos para o qual foi projetado; as soluções construtivas adotadas; os materiais utilizados ou o funcionamento estrutural. Mesmo a *fase de fim de vida* será influenciada pelas opções tomadas nas fases anteriores.

Existe uma interdependência entre os módulos de informação do ciclo de vida, as fases do ciclo de vida, a durabilidade das construções e a vida útil das edificações. Além de o método MAEP-RB avaliar o desempenho económico de um edifício na *fase anterior à utilização*, a subdivisão do edifício teve em atenção a possibilidade de integração das restantes fases do ciclo de vida.

A terminologia correntemente utilizada nesta matéria tem como base os termos e definições da norma ISO 15686-1. A designação de sistema, indica que componentes formam grupos inter-relacionados, ligados por fluxos de forças, de material ou de informação (Bachman, 2003) e (Bachman & Valor, 1997). Nesta perspetiva, um edifício é um sistema formado por um conjunto independente de componentes que, pela sua localização próxima, podem ser distinguidos como partes diferentes e que tipicamente envelhecem e mudam a ritmos diferentes, que resultam da durabilidade dos diferentes materiais envolvidos (Brand, 1994). A noção de sistema em edifícios,

é entendida como o conjunto de elementos que desempenham as mesmas funções gerais, tendo cada componente a sua função específica.

O conceito de subsistema de um edifício pode ser entendido como parte de um edifício preenchendo uma ou diversas das funções necessárias para satisfazer as necessidades dos utilizadores (ISO 6241, 1984). Se a um sistema construtivo se faz corresponder a estrutura de um edifício, por exemplo, ao nível de particularização de um subsistema, corresponde a superestrutura e as fundações.

Como componente de um edifício entende-se o produto manufaturado encarado como unidade distinta a servir uma ou diversas funções específicas. Por subcomponente entende-se o produto fabricado que integra um componente (ISO 15686-1, 2011).

A norma ISO 6241, publicada em 1984, propõe a subdivisão dos edifícios em sistemas em três subsistemas, nomeadamente a estrutura, o envelope exterior e as divisões espaciais.

Na metodologia MAEP-RB é proposto uma hierarquização da divisão das “camadas” com base na terminologia que tem sido habitualmente utilizada. O edifício é subdividido em, sistemas, subsistemas, elementos, componentes e subcomponentes, conforme representado na tabela 4.1. Cada subcomponente será desagregada nos recursos que o constituem, necessários a sua produção, através da criação de uma ficha de rendimento integrada numa base de dados.

De igual modo a metodologia MAEP-RB propõe uma hierarquização da divisão das “camadas” com base na terminologia que tem sido habitualmente utilizada dos arranjos exteriores. Os arranjos exterior são subdivididos igualmente em, sistemas, subsistemas, elementos, componentes e subcomponentes, conforme representado na tabela 4.2. Sendo subcomponente será desagregada nos recursos que o constituem, necessários a sua produção, através da criação de uma ficha de rendimento integrada numa base de dados.

Todos os custos associados à construção de um edifício (edifício + arranjos exteriores), desde a ideia de construir, compra do terreno, realização de projetos, construção e pagamento de taxas, estão dentro da fronteira da etapa anterior à utilização, e tem que ser alocados no módulo em que ocorrem. Para tal ser possível, desenvolveu-se um modelo de custos estruturado integrado numa descrição completa das características técnicas e físicas do edifício.

A fronteira do período de tempo em avaliação inclui a totalidade das fases do ciclo de um edifício novo ou reabilitado. Num edifício novo, a metodologia considera todas as fases do ciclo de vida, desde a extração das matérias-primas necessárias à produção dos materiais e produtos de construção até ao final da vida útil do edifício, incluindo o transporte dos resíduos até ao local de tratamento/deposição. Na reabilitação de um edifício existente, o período de tempo considerado inicia no momento da extração das matérias-primas necessárias à produção dos materiais e produtos utilizados na intervenção e termina no final da vida útil do edifício. Quando o projeto não especificar a duração estimada para o edifício, a MAEP-RB considera por defeito um período de 50 anos. Como a metodologia de avaliação MAEP-RB neste trabalho inclui a *fase anterior à utilização* ciclo de vida do edifício, trata-se de um período pequeno 2/3 anos, mas de grande importância para as etapas seguintes, muito em especial a etapa de utilização.

Tabela 4.1

Hierarquização da divisão das camadas dos edifícios

SISTEMA	SUBSISTEMA	Cód.	ELEMENTO	Cód.	COMPONENTE	Cód.	SUBCOMPONENTE	Cód.
Edifício	Fundações	FUND	Contenção periférica	CP	Cortina de estacas	CE	Betão	BET
					Muros de suporte	MS	Cofragem	COF
					Muros de Berlim	MB	Armadura	ARM
					Paredes moldadas (...)	PM	(...)	
			Fundações diretas	FD	Ensoleiramento Geral	EG	Betão ensoleiramento geral	BET
					Sapatas	SA	Betão em sapatas	BET
					Vigas de fundação	VF	Betão em vigas de fundação	BET
					(...)		Betão ciclópico em fundações	BCI
							Pedra irregular em fundações	PIR
							Cofragem em sapatas	COF
							Cofragem vigas de fundação	COF
							Armadura em sapatas	ARM
							Armaduras em vigas fundação	ARM
							Armaduras ensoleiramentos (...)	ARM
							(...)	
Fundações indiretas	FI	Estacas moldadas	EM	Perfuração	PER			
		Estacas entubadas	EE	Armadura	ARM			
		Estacas cravadas	EC	Cofragem	COF			
		Poços	PO	Betão	BET			
		Maciços de encabeçamento (...)	ME	Betão ciclópico (...)	BCI			
Superestrutura	SUPE	Elementos verticais	EV	Paredes resistentes betão	PR	Betão em paredes	BET	
				Pilares em betão	PB	Betão em pilares	BET	
				Pilares em madeira	PM	Cofragem em paredes	COF	
				Pilares metálicos	PA	Cofragem em pilares	COF	
				Pilares em pedra	PP	Armaduras em paredes	ARM	
				(...)		Armaduras em pilares	ARM	
						Aço em pilares	ACO	
						Madeira em pilares	MAD	
						Pedra em pilares	PED	
						(...)		
		Elementos horizontais	EH	Vigas em betão	VB	Betão em vigas	BET	
				Vigas em madeira	VM	Betão em lajes maciças	BET	
				Vigas metálicas	VA	Betão em lajes aligeiradas	BET	
				Lajes maciças	LM	Betão pronto	BPR	
				Lajes aligeiradas	LA	Cofragem em vigas	COF	
				(...)		Cofragem em lajes maciças	COF	
						Cofragem em lajes aligeiradas	COF	
						Armadura em vigas	ARM	
						Armaduras em lajes maciças	ARM	
						Aço em vigas	ACO	
		Madeira em vigas (...)	MAD					
Envelope	ENVE	Fachada	FA	Paredes ext.- Suporte	PS	Alvenaria de tijolo cerâmico	TJU	
				Paredes ext - Revestimento	PR	Alvenaria bl. betão	BBN	
				Paredes ext - Isol. térmico	PI	Alvenaria bl. argila expandida	BAE	
				Zonas envidraçadas	ZE	Alvenaria bl. betão celular	BBC	
				(...)		Alvenaria de pedra	PED	
						Revestimento pedra natural	PNT	
						Revestimento cerâmico	CER	
						Rev. argamassa lig. hidráulicos	ALH	
						Rev. ladrillos cerâmicas	CER	
						(...)		
		Cobertura	CO	Estrutura de suporte	CS	Estrutura em madeira	ESM	
				Cama de forma	CF	Estrutura metálica	ESA	
				Isolamento térmico	CI	Estrutura laje maciça	ELM	
				Impermeabilização	CP	Estrutura laje aligeirada	ELA	
				Revestimento	CR	Telas de PVC	TPV	
		(...)		Telas asfálticas	TAS			
				Telha cerâmica	TCE			
				(...)				
Interior	INTE	Compartimentação	CP	Parede int.- Suporte	PS	Alvenaria tijolo cerâmico	TJU	
				Parede int.- Revestimento	PR	Alvenaria bl. de betão	BBN	
				Zonas envidraçadas	ZE	Alvenaria bl. argila expandida	BAE	
				(...)		Gesso cartonado	GCA	
	Acessos	AC	Escada - Suporte	ES	Betão	BET		
			Escada - Revestimento	ER	Madeira	MAD		
			(...)		Metálica	ACO		
					Cerâmico	CER		
					(...)			
Instalações	INST	Redes de distribuição	RD	Rede de abast. de água	RA	Tubagens em cobre	COB	
				Rede de residuais	RR	Tubagens em aço	ACO	
				Rede de pluviais	RP	Tubagem em multicamada	MUL	
				Rede de gás	RG	Tubagem em PPR	PPR	
				Rede de telecomunicações	RT	Tubagem em PEAD	PEA	
				Rede elétrica	RE	Tubagem em PVC	PVC	
				(...)		(...)		
						(...)		

Nota: Listagem completa do sistema, subsistemas e elementos e exemplos de componentes e subcomponentes

Tabela 4.2

Hierarquização da divisão dos níveis dos arranjos exteriores

SISTEMA	SUBSISTEMA	Cód.	ELEMENTO	Cód.	COMPONENTE	Cód.	SUBCOMPONENTE	Cód.			
Arranjos exteriores	Estruturas de suporte e de vedação	ESAE	Muros de suporte	MS	Muro betão armado	MB	Betão	BET			
					Muro betão ciclópico	MC	Cofragem	COF			
					Muro alvenaria pedra	MP	Betão ciclópico	BET			
					Muro de gabiões	MG	Pedra de mão	PED			
					(...)		Cofragem	COF			
							Armadura	ARM			
							(...)				
					Muros de vedação	MV	Muro betão armado	MA	Betão	BET	
							Muro alvenaria tijolo	MT	Alvenaria de tijolo	TIJ	
							Muro de blocos	MB	Alvenaria blocos de betão	BLO	
Muro alvenaria pedra	PE	Alvenaria de pedra	PED								
(...)		(...)									
Vedações	VD	Vedações metálicas	VM	Redes metálicas	RDM						
		Vedações madeira	VM	Grades metálicas	GMT						
		Vedações plásticas	VP	Redes plásticas	RPL						
		Vedações vegetais	VV	Grades plásticas	GPL						
		(...)		Arbustos	ARB						
		(...)									
Infraestruturas hidráulicas, g, eletricidade, e telecomunicações	IEAE	Água	AG	Rede de abastecimento de água. Rede de rega. (...)	RA	Tubagens em PVC	PVC				
						Tubagem em PEAD	PEA				
						Tubagem em PPR	PPR				
						Acessório	ACS				
						Equipamento	EQP				
						(...)					
						Residuais	EG	Rede de drenagem d águas residua domésticas. (...)	RE	Tubagens em PVC	PVC
										Caixas de visita	CXV
										Acessórios	ACS
								(...)			
Pluviais	PL	Rede de drenagem d águas pluviais. (...)	RE	Tubagens em PVC	PVC						
				Caixas de visita	CXV						
		(...)		Acessórios	ACS						
		(...)									
Gás	GS	Rede de distribuição de gás. (...)	RG	Tubagens em cobre	COB						
				Tubagem em PEAD	PEA						
				Caixas de visita	CXV						
				Acessórios	ACS						
		(...)									
Eletricidade	EL	Rede de distribuição de energia elétrica. (...)	RE	Tubagens	TUB						
				Cablagens	CAB						
				Caixas de visita	CXV						
				Acessórios	ACS						
		(...)									
Pavimentações	PVAE	Arruamentos	FA	Pavimento em pedra Pavimento betuminoso Terra batida (...)	PC BT TB	Cubos de granito (10x10cm)	CG1				
						Cubos de granito (5 x 5 cm)	CG2				
						Calçada portuguesa	CPT				
						Lajedo de granito (5 cm)	GL5				
						Lajedo de granito (10 cm)	GL1				
						Solo-cimento	SCM				
						Betuminoso	BTU				
						(...)					
						Zonas pedonais	ZP	Pavimento em pedra Pavimento betuminoso Terra batida (...)	PC	Cubos de granito (10x10cm)	CG1
										Cubos de granito (5 x 5 cm)	CG2
Lajedo de granito (3 cm)	GL3										
Lajedo de granito (5 cm)	GL5										
Deck madeira	DKM										
Deck compósito	DKC										
Solo-cimento	SCM										
Betuminoso	BTU										
		(...)									
Equipamento lazer	EQAE	Equipamentos	EQ	Banco de jardim	BJ						
				Parque infantil	PI						
				(...)							
				Banco de granito	BGR						
				Banco de ferro	BFR						
				Banco de madeira	MAD						
				Baloioço	BAL						
				(...)							
Plantações sementeiras	PSAE	Plantações	PL	Arvores	AV						
				Arbustos	AB						
				(...)							
				Hacer	HAC						
				Magnólia	MGN						
				Cerejeiras	CER						
		Carvalhos	CAR								
		(...)									
Sementeiras	SE	Sementeiras	RV	Relvado	REL						
				(...)							
				Relva	REL						
				(...)							

Nota: Listagem completa do sistema, subsistemas e elementos e exemplos de componentes e subcomponentes

4.7 FICHAS DE RENDIMENTO DE CADA SUBCOMPONENTE

Na metodologia MAEP-RB cada ficha de rendimento desenvolvida é referenciada por um código (por exemplo *FUND_FD_SA_BET_004*) que faz a correspondência com a hierarquização da divisão das camadas dos edifícios (ver tabela 4.1) e com a hierarquização da divisão dos níveis dos arranjos exteriores (ver tabela 4.2). Cada ficha de rendimento descreve a tarefa a realizar para cada subcomponente e quantifica os recursos necessários à sua materialização por unidade de medida (m³, m², kg e etc.). São elaboradas com auxílio do software “*Criação de Fichas de Rendimento*” desenvolvido e integrado na ferramenta apoio à metodologia MAEP-RB e no conjunto constituem a base dados geral da metodologia. É uma base de dados evolutiva, sendo grande número delas, adaptadas das fichas de rendimento publicadas pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (Manso, et al., 2013). Apresenta-se um exemplo de uma ficha de rendimento pertencente à base de dados da metodologia MAEP-RB correspondente ao código “*FUND_FD_SA_BET_010*” (ver tabela 4.3 e 4.4).

Onde:

<i>FUND_</i>	Identifica o subsistema do edifício (Fundações)
<i>FD_</i>	Identifica o elemento do subsistema (Fundações diretas)
<i>SA_</i>	Identifica o componente do elemento (Sapatas)
<i>BET_</i>	Identifica o subcomponente do componente (Betão)
<i>010</i>	Numeração ficha de rendimento de <i>FUND_FD_SA_BET_</i>

Tabela 4.3

Exemplo de ficha rendimento metodologia MAEP-RB

Código	Descrição da Tarefa	Subcódigo	Unidades
FUND_FD_SA_BET	Aplicação de betão em fundações diretas, com dosagem de 200 kg de cimento Portland normal por m ³ (LNEC-IC-207)	FUND_FD_SA_BET_010	m ³

Tabela 4.4

Exemplo de ficha rendimento da metodologia MAEP-RB

FICHA DE RENDIMENTO - FUND_FD_SA_BET_010					
Recurso	Material	Quant.	Unidades	Custo unitário	Custo (€)
Água	Água	0,131	m ³	0,140	0,189
Combustível	Gasóleo	0,600	L	1,180	0,708
Mão-de-obra	Servente	3,210	h	7,630	24,492
Mão-de-obra	Manobrador de equipamentos	0,400	h	9,810	3,924
Equipamento	Betoneira de 250l a gasóleo	0,400	h	6,500	2,600
Equipamento	Vibrador de agulha 0.75 kW	0,430	h	3,200	1,376
Agregados	Areia	0,419	m ³	12,000	5,028
Agregados	Meio cascalho	0,725	m ³	9,230	6,692
Agregados	Granito n.º2	0,419	m ³	8,780	3,679
Ligantes	Cimento Portland Normal Classe 30	200	kg	0,110	22,000

A ficha de rendimento de cada subcomponente caracteriza os recursos, as quantidades e os custos para a materialização de uma unidade (m³, m², un. Kg) cada subcomponente. Como já referido anteriormente, em cada ficha de rendimento, para cada recurso/material poderá ser acrescentada outras informações relativas aos aspetos ambientais e sociais. A mesma base de dados conteria toda a informação necessária à avaliação das três dimensões da sustentabilidade.

A figura 4.3 ilustra a introdução de dados no software “*Criação de Fichas de Rendimento*” para criar e gravar na base de dados geral da metodologia a ficha de rendimento com o código “*FUND_FD_SA_BET_010*” apresentada com exemplo e descrita nas tabelas 4.3 e 4.4.

4.8 PROCESSO DE AVALIAÇÃO

O processo de avaliação e apresentação dos resultados do desempenho económico de edifícios residenciais através da metodologia MAEP-RB desenvolve-se sequencialmente em oito passos (ver figura 4.4) que a seguir descrevem-se:

- 1º Passo: Introdução de dados fornecidos pelo Dono de Obra e as quantidades de projeto constantes no mapa de medições (designação dos trabalhos e quantidades);
- 2º Passo: Registo na “*Ficha Edifício*” das informações do Dono de Obra e construção da base de dados do edifício em avaliação.
- 3º Passo: Quantificação do desempenho económico ao nível de cada parâmetro (P1 a P65);
- 4º Passo: Quantificação do desempenho económico ao nível de cada indicador por agregação dos respetivos parâmetros;
- 5º Passo: Quantificação do desempenho económico ao nível de cada módulo de informação do ciclo de vida (A0, A1, A2, A3, A4 e A5) por agregação dos respetivos indicadores;
- 6º Passo: Quantificação do desempenho económico ao nível de cada etapa, pré-construção, produto e construção, por agregação dos respetivos módulos;
- 7º Passo: Quantificação do desempenho económico do edifício na *fase anterior à utilização* por agregação das etapas (pré-construção, produto e construção);
- 8º Passo: Comunicação dos resultados relativamente a cada indicador, módulo, etapa e a fase anterior à utilização expressos em unidades monetárias.

A Metodologia MAEP-RB avalia em simultâneo o desempenho e a sustentabilidade económica do edifício. Na figura 4.4 representa só os passos do processo de avaliação do desempenho económico e não os da avaliação da sustentabilidade económica, dado que acrescentar mais informação à figura 4.4 a tornaria imperceptível.

Como a avaliação do desempenho e da sustentabilidade económica ocorrem em simultâneo, o processo de avaliação é semelhante, modificado em alguns pontos. Para uma melhor compreensão do processo de avaliação da sustentabilidade económica, apresentam-se os oito passos e acrescentam-se passos intermédios relativos exclusivamente à avaliação da sustentabilidade económica.

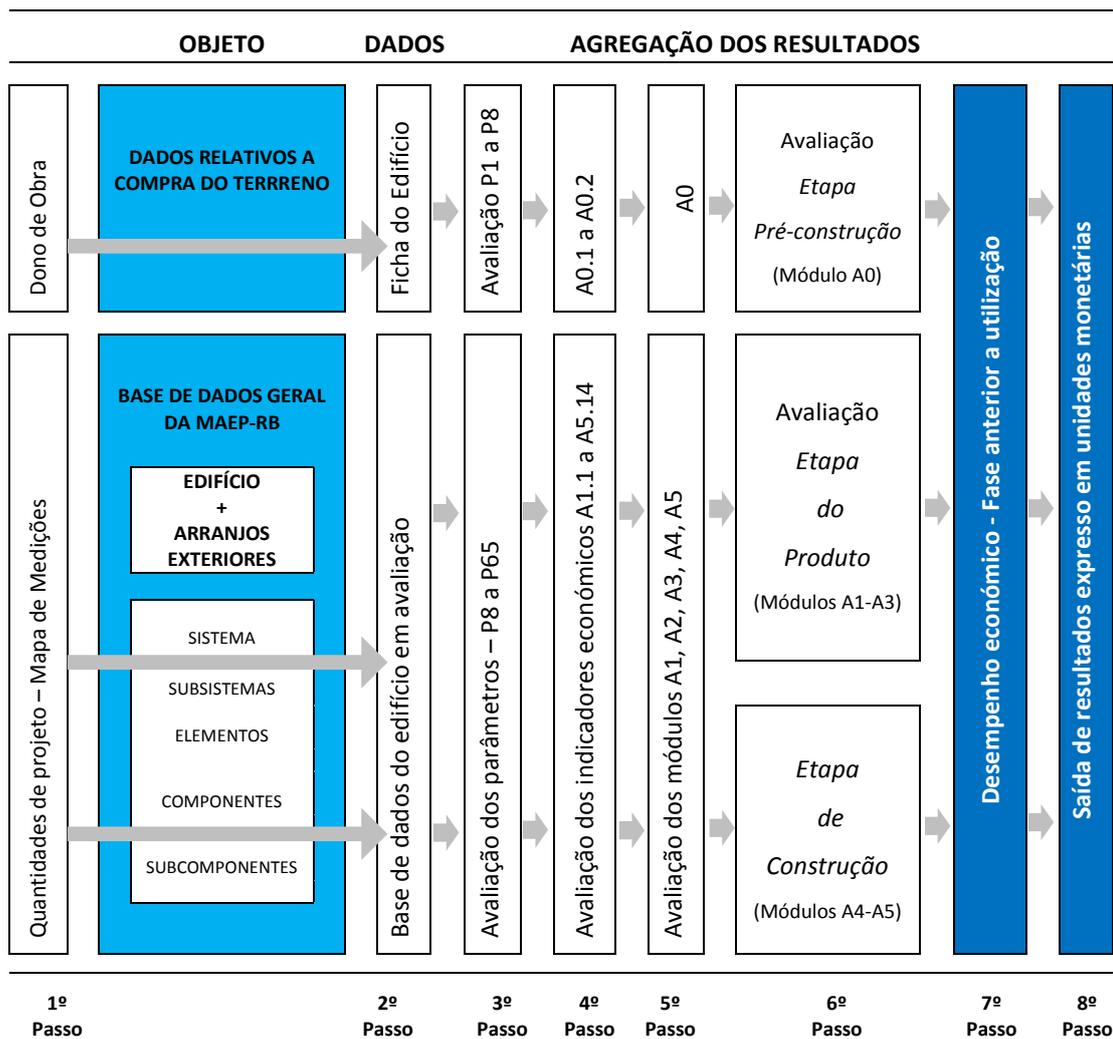


Figura 4.4: Processo de avaliação do desempenho económico da MAEP-RB

Os passos e os passos intermédios são os seguintes;

1º Passo: Introdução de dados fornecidos pelo Dono de Obra e as quantidades de projeto constantes no mapa de medições (designação dos trabalhos e quantidades);

2º Passo: Registo na “Ficha do Edifício” das informações do Dono de Obra e construção da base de dados do edifício em avaliação.

3º Passo: Quantificação do desempenho económico ao nível de cada parâmetro (P1 a P65);

Passo intermédio 3.1: Normalização de todos os parâmetros.

Passo intermédio 3.2: Aplicação das ponderações ao nível dos parâmetros constantes no sistema de pesos da metodologia.

4º Passo: Quantificação do desempenho económico ao nível de cada indicador por agregação ponderada dos respetivos parâmetros;

Passo intermédio 4.1: Aplicação das ponderações ao nível dos indicadores constantes no sistema de pesos da metodologia.

5º Passo: Quantificação do desempenho económico ao nível de cada módulo de informação do ciclo de vida (A0, A1, A2, A3, A4 e A5) por agregação ponderada dos respetivos indicadores;

Passo intermédio 5.1: *Aplicação das ponderações ao nível dos módulos constantes no sistema de pesos da metodologia.*

6º Passo: Quantificação do desempenho económico ao nível de cada etapa, pré-construção, produto e construção, por agregação ponderada dos respetivos módulos;

Passo intermédio 6.1: *Aplicação das ponderações ao nível das etapas constantes no sistema de pesos da metodologia.*

7º Passo: Quantificação do desempenho económico do edifício na fase anterior à utilização por agregação ponderada das etapas (pré-construção, produto e construção);

8º Passo: Comunicação dos resultados relativamente a cada indicador, módulo, etapa e a fase anterior à utilização através de índices de sustentabilidade (A⁺, A, B, C, D, E)

Os passos do processo de avaliação do desempenho e da sustentabilidade são semelhantes (ver figura 4.5). A introdução de dados é única e os processos iniciam-se na mesma base de dados do edifício em avaliação. No caso do processo de avaliação da sustentabilidade económica é necessário ao nível dos parâmetros proceder a normalização de todos os parâmetros com recurso aos valores de referência e aplicar as ponderações definidas no sistema de pesos da metodologia MAEP-RB. Nos restantes níveis da estrutura hierárquica da metodologia. Na avaliação do desempenho económico não são efetuadas ponderações em qualquer nível da estrutura hierárquica.

No passo 8º, a apresentação dos resultados da avaliação do desempenho e da sustentabilidade económica é simultânea, ambas avaliam os indicadores, os módulos, as etapas e a fase anterior à utilização e expressam respetivamente por unidades monetárias (Euros) e por índices de sustentabilidade (A⁺, A, B, C, D, E).

4.8.1 Entrada de dados

Os dados necessários para a aplicação da metodologia MAEP-RB estão presentes na “Ficha do edifício” e no mapa de medições do edifício. As “Ficha do edifício” contem dados importantes para a avaliação do desempenho e determinação do índice de sustentabilidade económica do edifício em estudo, não quantificáveis através dos recursos utilizados na construção do edifício, mas sim, transmitidas pelo Dono de Obra, tais como: o valor da transação do terreno; custos referentes à mediação imobiliária; custos referentes a estudos de viabilidade; custos de acessória jurídica; custos de emolumentos de notário; custos de emolumentos do registo predial (ver figura 4.6).

Com base na designação dos trabalhos e das quantidades medidas no objeto de avaliação (edifício + arranjos exteriores) e com utilização do *software* integrado na metodologia MAEP-RB designado por “Entrada de dados” facilmente são introduzidos os dados necessários à avaliação. Na “Entrada de dados” a seleção da tarefa é sequencial e por escolha múltipla em lista do “Código” e

da “*Descrição da tarefa*”, sendo o “*subcódigo*” e “*un.*” de preenchimento automático, sendo assim, necessário introduzir somente as quantidades de cada subcomponente medidas em projeto (ver tabela 4.5).

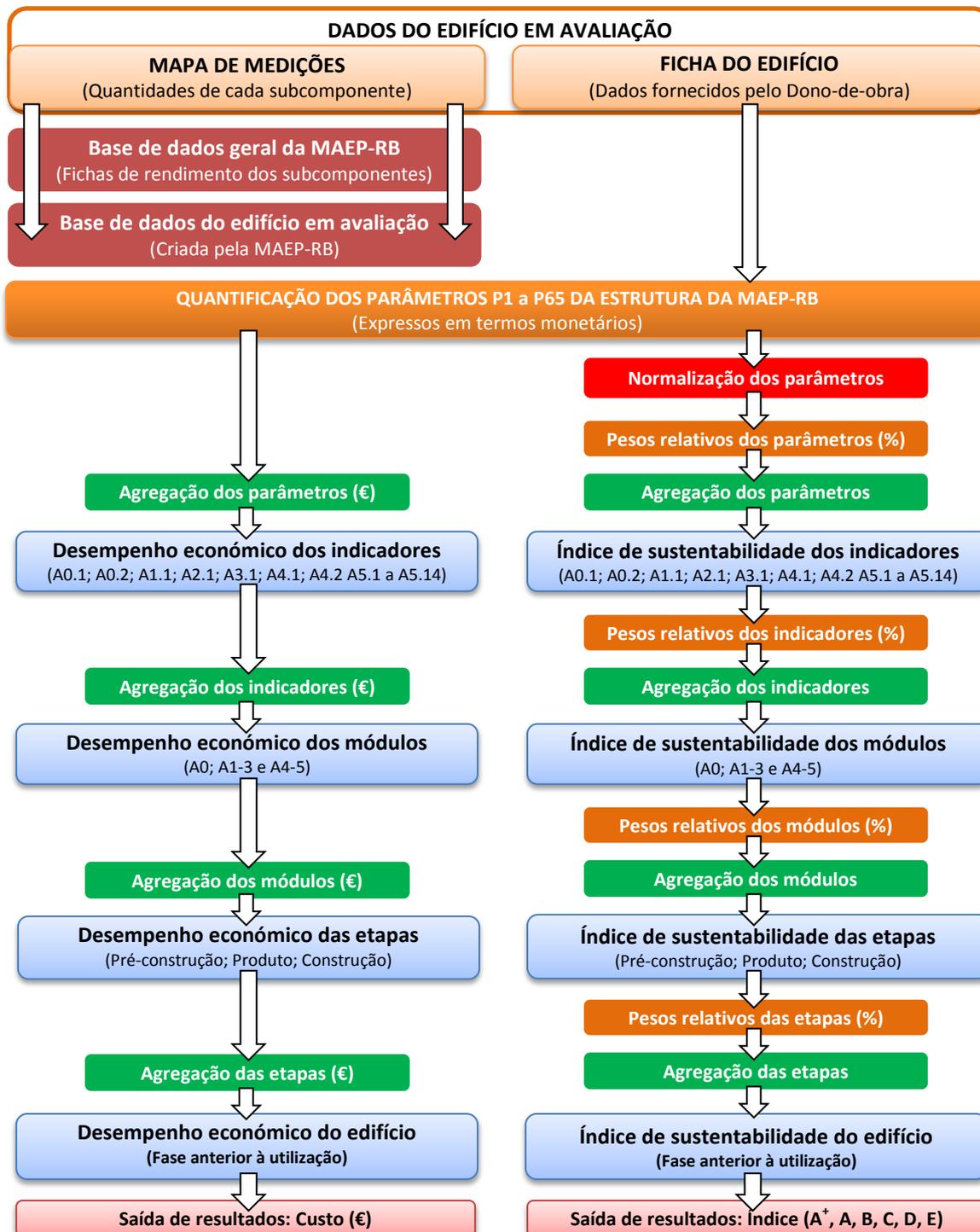


Figura 4.5: Procedimento de aplicação da metodologia MAEP-RB

FICHA DO EDIFÍCIO

1. IDENTIFICAÇÃO DO REQUERENTE			
Nome/Empresa:	_____	Contribuinte n.º	_____
Morada/Sede:	_____	Freguesia:	_____
Código postal:	_____	Distrito:	_____
Concelho:	_____		
2. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL DA OBRA			
Designação do edifício:	_____	Tipo de Edifício	_____
Morada/Sede:	_____	Coordenadas GPS :	_____
Código postal:	_____	Freguesia:	_____
Concelho:	_____	Distrito	_____
3. SITUAÇÃO DO EDIFÍCIO			
Registo predial sob o N.º	_____	Artigo Matricial N.º	_____
4. CARATERÍSTICAS DO EDIFÍCIO			
Tipo de estrutura do edifício:	_____	Área de construção:	_____ m ²
N.º de pisos:	_____		
5. CUSTOS RELATIVOS A COMPRA DO TERRENO			
Valor de compra do terreno	_____ €	Comissão imobiliária	_____ (%)
Acessoria técnica	_____ €	Emolumento de notário	_____ €
Acessoria jurídica	_____ €	Emolumentos de registo	_____ €
6. HONORÁRIOS DE PROFISSIONAIS			
Equipa de projeto	_____ €	Diretor técnico da obra	_____ €
Equipa de fiscalização	_____ €	Equipa de SHST	_____ €
7. CUSTOS DE RAMAIS DE LIGAÇÃO			
Ramal de saneamento de águas residuais domésticas	_____		€
Ramal de saneamento de águas residuais pluviais	_____		€
Ramal de abastecimento de água	_____		€
Ramal de eletricidade	_____		€
Ramal de abastecimento de gás	_____		€
Ramal de telecomunicações	_____		€
8. TAXAS			
Licenciamento dos projetos	_____ €	Certificação dos SM	_____ €
Licença de construção	_____ €	Certificação da rede de gás	_____ €
Certificação do projeto de gás	_____ €	Certificação energética	_____ €
Certificação do projeto térmico	_____ €	Certificação da rede elétrica	_____ €
Certificação do projeto elétrico	_____ €	Certificação da ITED	_____ €
Certificação do proj. telecomunicações	_____ €	Vistoria da SNS	_____ €
Certificação do projeto no SNS	_____ €	Vistoria da ANPC	_____ €
Certificação do projeto de SCIE	_____ €		

Figura 4.6: Ficha do edifício da MAEP-RB

Após a introdução de cada tarefa e da respectiva quantidade a “Entrada de dados” gera automaticamente uma base de dados do edifício em avaliação, integrada na metodologia MAEP-RB, contendo a quantificação individualmente de todos os recursos utilizados em cada subcomponente. Esta informação será posteriormente utilizada por *software* de suporte à metodologia apresentada, no cálculo dos 65 parâmetros contemplados na metodologia MAEP-RB.

O *software* integrado na metodologia “Entrada de dados” permite a seleção sequencial por escolha múltipla em lista do “Código” e da “Descrição da tarefa”, sendo o “Subcódigo” e “un.” de preenchimento automático sendo necessário introduzir apenas as quantidades medidas em projeto, conforme exemplo apresentado na tabela 4.5.

Tabela 4.5

Entrada de dados na metodologia MAEP-RB

Código	Subcódigo	Descrição das tarefas	Quant.	Un.
FUNDAÇÃO_FD_SA_BET	FUND_FD_SA_BET_004	Aplicação de betão em fundações diretas, com dosagem de 200 kg de cimento Portland normal por m3 (LNEC-IC-207)	250	m ³

4.8.2 Quantificação dos parâmetros e normalização

Um parâmetro é uma propriedade mensurável ou observável que fornece informação acerca de um fenómeno/área/custo. Como se pode observar na figura 4.2, na estrutura hierárquica da metodologia MAEP-RB estão previstos 65 parâmetros. Na tabela 4.7 são descritos o conjunto dos parâmetros, indicadores económicos, módulos e de etapas do ciclo de vida que constituem a estrutura hierárquica da metodologia MAEP-RB relativa à *fase anterior à utilização*.

A informação codificada gerada automaticamente na base de dados do edifício em avaliação pela “*entrada de dados*” em conjunto com a informação fornecida pelo Dono de Obra contida na “*Ficha do edifício*” é utilizada pelo *software* de suporte à metodologia MAEP-RB na quantificação dos 65 parâmetros da metodologia. O parâmetro ou o conjunto de parâmetros que avaliam um determinado indicador económico, são determinados pelo *software* denominado “*IND_A*_**” que referencia o indicador económico que os parâmetros avaliam (ver figura 4.3). Nesta figura observa-se também que os indicadores encontram-se agrupados dentro das etapas a que pertencem, nomeadamente a *etapa de pré-construção, produto e de construção*.

A normalização dos parâmetros tem como objetivos: fixar um valor adimensional que exprima o desempenho económico do edifício em avaliação em relação aos desempenhos de referência (benchmarks); resolver o problema de alguns parâmetros serem do tipo “quanto maior é melhor” e outros do tipo “quanto maior é pior”; e evitar os efeitos de escala na agregação de indicadores.

No processo de normalização é utilizada a equação de Diaz-Balteiro (2004) – Equação 4.1.

$$\text{Custo normalizado} \quad CnP_i = \frac{CP_{is} - CP_{ic}}{CP_{im} - CP_{ic}}, \quad \forall i \quad (4.1)$$

Em que:

$CnPi$ = Resultado da normalização do parâmetro Pi

CPi_s = Custo da solução de projeto (€/m² de área de construção)

CPi_m = Custo da melhor prática (€/m² de área de construção)

CPi_c = Custo da prática convencional (€/m² de área de construção)

Na equação 4.1, CPi_m e CPi_c são os valores de referência (benchmarks) do parâmetro i , representando respetivamente os níveis de melhor prática e prática convencional.

A utilização da Equação 4.1 converte o valor dos parâmetros numa escala adimensional, em que onde o valor 0 corresponde ao nível de prática convencional e o valor 1 ao nível de melhor prática. Caso o desempenho num parâmetro seja superior ao da melhor prática ou inferior à prática convencional, o valor normalizado do parâmetro assumirá, respetivamente, um valor superior a 1 e inferior a 0. Em todo o caso, de forma a se evitarem distorções na agregação dos parâmetros/indicadores, os valores normalizados não poderão ser inferiores a -0,2 e superiores a 1,2.

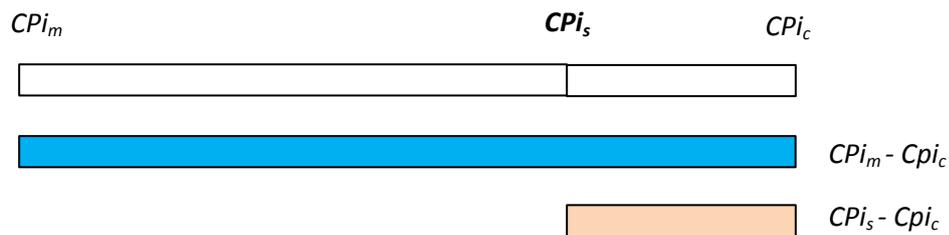


Figura 4.7: Representação gráfica da normalização

Conforme se pode observar na figura 4.7 a normalização de um parâmetro não é mais do que determinar uma percentagem entre duas “distâncias”, ou seja, entre a “distância” que separa o custo da solução do custo da Prática convencional ($CPi_s - CPi_c$) e a “distância” que separa o custo da melhor prática e custo da prática convencional ($CPi_m - CPi_c$), ou seja a distância entre os benchmarks do parâmetro Pi .

Na definição dos benchmarks consideram-se os seguintes critérios:

- Prática convencional** – Valor correspondente ao custo da construção de edifícios residenciais, com recurso a materiais, tecnologias e processos construtivos convencionais baseados, no cumprimento dos regulamentos e normas da construção de edifícios de habitação no contexto português;
- Melhor prática** – Valor correspondente aos custos de construção de edifícios residenciais com recurso a materiais, tecnologias e processos construtivos que promovam uma redução dos custos relativamente a prática convencional, no cumprimento dos regulamentos e normas da construção de edifícios de habitação no contexto português;

Para facilitar a compreensão dos resultados obtidos, os valores normalizados são convertidos numa escala qualitativa, graduada entre “E” (menor sustentabilidade económica) e “A⁺” (Maior sustentabilidade económica), utilizando as equivalências apresentadas na Tabela 4.6. Na escala qualitativa apresentada, o índice “D” corresponde à prática convencional e o “A” à melhor prática.

A escala de conversão dos valores normalizados utilizada na metodologia MAEP-RB apresentada na tabela 4.6 foi adotada do sistema SBTool^{PT} apresentado no capítulo 2. Os valores normalizados de cada parâmetro são convertidos numa escala graduada delimitada entre “E” (Menor sustentabilidade económica, ou seja, custos superiores a prática convencional) e “A⁺” (Maior sustentabilidade económica, ou seja, custos inferiores a melhor prática). Nesta escala graduada o índice “D” é equivalente a prática convencional e o índice “A” à melhor prática. A escala assume assim uma evolução linear no desempenho do edifício entre o índice “D” e “A”. Esta metodologia considera que um edifício com performance até 10% superior que a prática convencional tem um desempenho económico semelhante a um convencional.

Tabela 4.6

Conversão do valor normalizado numa escala de avaliação qualitativa (SBTool, 2009)

Escala qualitativa	Valor normalizado
A ⁺	$P > 1,00$
A (Melhor prática)	$0,70 < P \leq 1,00$
B	$0,40 < P \leq 0,70$
C	$0,10 < P \leq 0,40$
D (Prática convencional)	$0,00 \leq P \leq 0,10$
E	$P < 0,00$

No capítulo 5 é apresentado o desenvolvimento de cálculo e de normalização de cada parâmetro, contextualizando cada parâmetro. São também definidos os valores de referência “benchmarks” considerados nesta metodologia tendo em atenção o contexto português.

4.8.3 Desempenho económico e sustentabilidade ao nível dos indicadores

Um indicador é um parâmetro (propriedade medida ou observada) ou valor derivado de parâmetros que fornece informação sobre um determinado fenómeno (OECD, 1993). Um indicador possui significados sintético e é desenvolvido para um objetivo específico. Estas duas características fazem com que o seu significado transcenda as propriedades diretamente associadas ao valor do parâmetro, e apontam as principais virtudes do uso de indicadores, que são (Silva, 2003):

- a) Reduzir o número de medidas e parâmetros necessários para descrever uma determinada situação. Consequentemente, o número de indicadores e o nível de detalhe têm de ser limitados. Por um lado, um índice único ou um número demasiado pequeno de indicadores podem ser insuficientes para prover a informação necessária ou podem incorrer em dificuldades metodológicas que crescem com o nível de agregação de informações. Por outro lado, um número excessivo de indicadores tende a distorcer a visão geral que o conjunto supostamente deveria fornecer;

- b) Simplificar o processo de informação através do qual os resultados destas medidas chegam ao usuário final.

A principal função dos indicadores é a caracterização e quantificação de critérios que permitem selecionar a melhor solução para um projeto de construção. Um indicador pode ser definido como uma marca ou sinal que revela uma mensagem complexa, proveniente das mais diversas fontes, de uma forma simples e útil. Em suma, os indicadores têm como função a simplificação, quantificação e comunicação de determinadas características dos edifícios. Um indicador é um valor que deriva de um parâmetro ou da combinação de vários parâmetros. Um parâmetro é uma propriedade mensurável ou observável que fornece informação acerca de um fenómeno/ambiente/área.

Os indicadores capturam tendências para informar os agentes de decisão, orientar o desenvolvimento a monitorização de políticas e estratégias, e facilitar o relato das medidas adotadas para implementação do desenvolvimento sustentável. Para ser útil, um indicador deve permitir uma explicação das razões das mudanças do seu valor ao longo do tempo, ser suficiente simples na maneira em que descreve problemas frequentemente complexos, e usar definições comuns de componentes chave e normalização para permitir comparações (Cole, 2002).

A lista dos 21 indicadores económicos contemplados na metodologia MAEP-RB (A0.1, A0.2, A1.1, A2.1, A3.1, A4.1, A4.2, A5.1 até A5.14) está em conformidade com o definido pela EN 16627:2015.

A avaliação do desempenho económico ao nível dos *indicadores* é obtida por agregação dos resultados obtidos na quantificação dos parâmetros, sem a consideração de ponderações entre os níveis hierárquicos.

A avaliação do índice de sustentabilidade de cada indicador económico é realizada por agregação, tendo por base a importância (peso relativo) que cada parâmetro, apresenta no cumprimento de determinados objetivos da sustentabilidade económica. A apresentação do sistema de pesos relativos e globais, assim com a metodologia de cálculo utilizada encontra-se desenvolvida no capítulo 6.

4.8.4 Desempenho económico e sustentabilidade ao nível dos módulos

Cada módulo de informações do ciclo de vida (A0, A1, A2, A3, A4 e A5) resume um conjunto de indicadores económicos relativos a uma determinada situação, tornando mais fácil a sua compreensão (ver tabela 4.7). Cada módulo de informação do ciclo de vida (A0, A1, A2, A3, A4 e A5) é avaliado por agregação de um ou mais indicadores económicos sem a consideração de ponderações entre os níveis hierárquicos.

A avaliação do índice de sustentabilidade de cada módulo do ciclo de vida económico é realizada por agregação, tendo por base a importância (peso relativo) que cada indicador, apresenta no cumprimento de determinados objetivos da sustentabilidade económica.

4.8.5 Desempenho económico e sustentabilidade ao nível das etapas

As etapas do ciclo de vida (*pré-construção, de produto e de processos de construção e instalação*) resumem por sua vez a informação de um ou mais módulos do ciclo de vida (ver tabela 4.1). Cada

etapa do ciclo de vida (A0, A1, A2, A3, A4 e A5) será avaliada por agregação de um ou mais módulos sem a consideração de ponderações entre os níveis hierárquicos.

A avaliação do índice de sustentabilidade de cada etapa do ciclo de vida económico é realizada por agregação, tendo por base a importância (peso relativo) que cada indicador, apresenta no cumprimento de determinados objetivos da sustentabilidade económica.

4.8.6 Desempenho económico e sustentabilidade da fase anterior à utilização

A avaliação do desempenho económico da fase anterior à utilização é obtida por agregação dos resultados obtidos na avaliação do desempenho económico em cada uma das etapas do ciclo de vida do edifício, nomeadamente da *etapa de pré-construção*, da *etapa do produto* e da *etapa de construção* sem a consideração de ponderações entre os níveis hierárquicos.

A avaliação do índice de sustentabilidade da *fase anterior à utilização* do ciclo de vida é realizada por agregação, tendo por base a importância (peso relativo) que cada etapa do ciclo de vida, apresenta no cumprimento de determinados objetivos da sustentabilidade económica.

Tabela 4.7

Indicadores, módulos e parâmetros da Metodologia MAEP-RB (Ribas, et al., 2014)

Nível 1 Etapas	Nível 2 Módulos	Nível 3 Indicadores	Nível 4 Parâmetros
Etapa Pré-construção	A0:Terrenos, taxas associadas e aconselhamento	A0.1:Custo de Compra / aluguer de terreno/edifício existente, taxas e impostos associados	P1: Valor do terreno P2: IMT - Imposto municipal sobre as transmissões onerosas de imóveis P3: IS – Imposto de selo
		A0.2:Honorários de profissionais relacionados com aquisição do terreno	P4: Custos referentes à mediação imobiliária P5: Custos de estudos e viabilidade P6: Custos com acessória jurídica P7: Custos de emolumentos do notário P8: Custos de registo predial
Etapa do Produto	A1:Fornecimento de matérias-primas	A1.1: Custo das matérias-primas	P9: Percentagem em custo de cada tipo de material utilizado
	A2:Transporte da matérias-primas	A2.1: Custo do transporte das matérias-primas	P10: Percentagem em custo de cada tipo de material utilizado
	A3:Produção do produto	A3.1: Custo de transformação das matérias-primas	P11: Percentagem em custo de cada tipo de material utilizado
Etapa da Construção	A4:Transporte	A4.1: Custo de transporte de materiais e produtos da fábrica até ao estaleiro	P12: Percentagem em custo de cada tipo de material utilizado
		A4.2: Custo do transporte de equipamento de e para o estaleiro da obra	P13: Percentagem sobre o custo de estaleiro
	A5:Processo de construção e instalação	A5.1:Custo com arranjos exteriores e obras de paisagismo	P14: Custo do movimento de terras P15: Custo de estruturas e vedação P16: Custo das pavimentações P17: Custo das redes hidráulicas P18: Custo da iluminação exterior P19: Custo de equipamentos de lazer P20: Custo de sementeiras e plantações
		A5.2: Custo de armazenamento dos produtos	P21: Percentagem em custo por cada tipo de material utilizado
		A5.3: Custo de transporte dos materiais dentro do estaleiro	P22: Custo dos equipamentos relacionados com a realização dos subcomponentes
A5.4: Custo de trabalhos temporários necessários a implantação da obra, incluindo fora do estaleiro	P23: Custo de estaleiro, percentual do valor global dos custos diretos		

A5.5: Custo de produção e transformação de um produto dentro do estaleiro	P24: Custo da mão-de-obra. P25: Custo do equipamento P26: Custo do combustível P27: Custo da água
A5.6: Custo de aquecimento, arrefecimento, ventilação e controle de humidade no processo de construção	P28: Custo do equipamento P29: Custo da eletricidade
A5.7: Custo de instalação de produtos dentro da edificação	P30: Custo da mão-de-obra P31: Custo de equipamento P32: Custo de materiais auxiliares
A5.8: Custo da água para refrigeração e limpeza de máquinas no estaleiro	P33: Custo da água de refrigeração e limpeza
A5.9: Custo de gestão dos resíduos RCD	P34: Custo da triagem dos RCD P35: Custo de acondicionamento dos RCD P36: Valor das taxas
A5.10: Custo de transporte de resíduos RCD	P37: Custo de transporte dos RCD
A5.11: Custos inerentes à dotar o edifício de condições de entrega, pronto a utilizar	P38: Custo do ramal de saneamento de águas residuais domésticas P39: Custo do ramal de saneamento de águas residuais pluviais P40: Custo do ramal de abastecimento de água. P41: Custo do ramal de eletricidade P42: Custo do ramal de abastecimento de gás P43: Custo do ramal de telecomunicações P44: Custo de limpeza
A5.12: Custos relativos a honorários de profissionais relacionados com a construção	P45: Honorários da equipa de projeto P46: Honorários de fiscalização P47: Honorários do diretor técnico P48: Honorários da equipa de segurança e saúde no trabalho
A5.13: Custos relativos a impostos, taxas, licenças de construção e inspeções	P49: Taxa de licenciamento P50: Taxa licença de construção P51: Taxa de certificações do projeto de gás P52: Taxa de certificação do projeto térmico P53: Taxa de certificação do projeto elétrico P54: Taxa de verificação do projeto de segurança contra incêndios P55: Taxa de certificação do projeto de telecomunicações P56: Taxa de certificação do projeto de SNS P57: Taxa de certificação da rede de gás P58: Taxa de certificação energética P59: Taxa de certificação rede elétrica P60: Taxa de certificação rede de telecomunicações P61: Taxa de vistoria dos Serviços Municipalizados P62: Taxa de vistoria dos ANPC P63: Taxa de vistoria do SNS P64: Taxa do IVA
A5.14: Incentivos ou subsídios	P65: Valor do incentivo

4.8.7 Comunicação dos resultados

De acordo com os princípios gerais da sustentabilidade na construção de edifícios, descritos na ISO 15392:2008 (Sustainability in building construction – General principles), as três dimensões da

sustentabilidade dos edifícios (ambiental, social e económica) são elementos necessários numa abordagem sistemática na avaliação da sustentabilidade. As declarações de desempenho e da sustentabilidade de um edifício devem contemplar as três dimensões. Isto implica que quando se trata da avaliação da sustentabilidade de um edifício as três dimensões da sustentabilidade devem ser incluídas na avaliação do edifício. Contudo, a avaliação individual das dimensões da sustentabilidade poderá ser feita separadamente, dependendo do objetivo da avaliação. Neste caso, as declarações devem ser feitas apenas para as avaliações separadas - ambiental, social, económica – realmente realizadas (IPQ, 2014).

Os indicadores económicos, custo e valor financeiro contemplados em NP EN 15643-4:2013 são utilizados para descrever o desempenho económico de edifícios ao longo do seu ciclo de vida. Na metodologia MAEP-RB foi considerado o indicador económico custo ao longo do ciclo de vida. Neste conceito, o edifício com "menor custo de ciclo de vida" ao longo do seu ciclo de vida é o edifício mais económico. Isto implica que as variantes do edifício não diferem no que diz respeito à sua funcionalidade nem no que diz respeito a quaisquer rendimentos produzidos pelo edifício. Este conceito de desempenho económico não inclui os desenvolvimentos no mercado imobiliário, apenas o custo relacionado com o edifício ao longo do ciclo de vida. Portanto, para este tipo de avaliação económica, somente precisam ser reunidos os dados relativos a custos.

A EN 16627:2015 prevê que a comunicação dos resultados da avaliação do desempenho económico pode ser simplificada de acordo com as seguintes regras:

- a) A comunicação pode ser limitada a uma seleção de indicadores;
- b) Os resultados devem ser apresentados separadamente para todas as fases do ciclo de vida do edifício e para o módulo D;
- c) Se os valores não foram determinados para todos os módulos de um etapa do ciclo de vida, os resultados devem ser apresentados separadamente para cada módulo dessa fase, e os módulos para os quais não estão determinados os valores devem ser apresentadas como Módulo não avaliado (MNA).

É do conhecimento geral que os diversos decisores preferem que a comunicação da sustentabilidade seja realizada através de uma escala graduada que represente não só o desempenho do edifício, mas também o seu nível de desempenho em relação aos benchmarks. Essa escala deverá ser desenvolvida de modo a que, por um lado, seja possível a sua interpretação e compreensão por parte dos utilizadores dos edifícios e, por outro, seja prática para os avaliadores. Adicionalmente, a comunicação da sustentabilidade usando apenas um índice/valor é muitas vezes insuficiente, não só devido à possível compensação entre indicadores nos processos de agregação, como também devido ao facto de certos decisores pretenderem medir, interpretar e comparar o desempenho do edifício ao nível de uma determinada categoria de sustentabilidade (Mateus, 2009).

Na metodologia MAEP-RB, a comunicação dos resultados da avaliação do desempenho económico e do índice de sustentabilidade da fase anterior à utilização conterá a seguinte informação:

- a) Identificação do edifício;

- b) Comunicação dos resultados da avaliação do desempenho económico por indicador económico, por módulo (A0, A1-A3, A4 e A5), por etapa (Pré-construção, Etapa de produto e Etapa de Construção).
- c) Comunicação dos resultados do índice de sustentabilidade económica por indicador económico, por módulo (A0, A1-A3, A4 e A5), por etapa (Pré-construção, Etapa de produto e Etapa de Construção);
- d) Agregação dos custos aos vários níveis do ciclo de vida em duas categorias: custos recorrentes (€/ano) não recorrentes (€/ocorrência);
- e) Os resultados da avaliação do desempenho económico e da sustentabilidade económica do edifício são apresentados num certificado com duas páginas; na primeira página do certificado consta a identificação geral do edifício e a avaliação do desempenho económico e sustentabilidade das três dimensões, na segunda página são apresentados os resultados relativos a *fase anterior à utilização*;

Nas figuras 4.8 e 4.9 são apresentadas respetivamente a primeira e segunda página dos resultados de avaliação do desempenho e do índice de sustentabilidade económica de um hipotético edifício. Na primeira página do relatório dos resultados da avaliação são apresentados 3 pontos:

- a) No ponto 1, são apresentados dados relativos à identificação do edifício como, o tipo de edifício, a designação do edifício, localização e situação predial;
- b) No ponto 2, são apresentados os resultados da avaliação do desempenho económico para cada uma das fases do ciclo de vida;

No ponto 3, são apresentados os resultados da avaliação da sustentabilidade económica para cada uma das fases do ciclo de vida.

Na segunda página do relatório dos resultados da avaliação são apresentados 2 pontos (ver figura 4.8):

- a) No ponto 4, são apresentados os resultados da avaliação do desempenho económico (em termos monetários) na fase anterior à utilização, em cada etapa, em cada módulo e para cada indicador económico;
- b) No ponto 5, são apresentados os resultados da avaliação da sustentabilidade económica (em termos de índice de sustentabilidade) na fase anterior à utilização, em cada etapa, em cada módulo e para cada indicador económico.

No seguinte (Capítulo 5) são apresentados e determinados os parâmetros da metodologia MAEP-RB, os correspondentes valores de referência (Benchmarks) Melhor prática e Prática convencional atendendo ao contexto português. Com recurso aos valores obtidos dos parâmetros dos benchmarks procede-se a normalização de todos os parâmetros da metodologia. Tornam-se em valores adimensionais e viabilizam a sua conversão numa escala de avaliação qualitativa, ou seja índices de sustentabilidade económica.

1. IDENTIFICAÇÃO DO EDIFÍCIO

Tipo de edifício:	Área bruta de construção (m ²):
Designação do edifício:	
Localização	Foto do alçado principal
<div style="border: 1px solid black; height: 100px;"></div>	<div style="border: 1px solid black; height: 100px;"></div>
<p>Localização Coordenadas GPS : Rua/Avenida/Praça: Freguesia: Concelho: Distrito: Código Postal:</p> <p>Situação Inscrito na conservatória do registo predial sob o N.º Artigo Matricial N.º</p>	

2. DESEMPENHO ECONÓMICO POR FASES DO CICLO DE VIDA DO EDIFÍCIO

Fases do ciclo de vida	Fase anterior à utilização	Fase de utilização	Fase de fim de vida
	(Euros)	(Euros / Ano)	(Euros)
		Não aplicável	Não aplicável

3. ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE ECONÓMICA POR FASES DO CICLO DE VIDA DO EDIFÍCIO

Índice de sustentabilidade:	Fase anterior à utilização	Fase de utilização	Fase de fim de vida
A*		Não aplicável	Não aplicável
A			
B			
C			
D			
E			

Figura 4.8: Primeira página do relatório de avaliação (MAEP-RB)

4. DESEMPENHO ECONÓMICO NA FASE ANTERIOR À UTILIZAÇÃO DO CICLO DE VIDA DESAGREGADO POR ETAPAS, MÓDULOS E INDICADORES

Fase																					
Anterior à utilização																					
Etapas																					
A0	A1-3					A4-5															
Pré-construção	Etapa do produto					Etapa da construção															
Módulos																					
A0	A1	A2	A3	A4	A5																
Terrenos e taxas	Matérias	Transporte	Transf.	Transporte	Processos de construção e instalação																
Indicadores																					
A0.1	A0.2	A1.1	A2.1	A3.1	A4.1	A4.2	A5.1	A5.2	A5.3	A5.4	A5.5	A5.6	A5.7	A5.8	A5.9	A5.10	A5.11	A5.12	A5.13	A5.14	

5. ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE ECONÓMICA NA FASE ANTERIOR À UTILIZAÇÃO DO CICLO DE VIDA DESAGREGADO POR ETAPAS, MÓDULOS E INDICADORES

Índice de sustentabilidade:	Fase	Etapas			Módulos					Indicadores																									
	Fase Anterior à utilização	A0	A1-3	A4-5	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A0.1	A0.2	A1.1	A2.1	A3.1	A4.1	A4.2	A5.1	A5.2	A5.3	A5.4	A5.5	A5.6	A5.7	A5.8	A5.9	A5.10	A5.11	A5.12	A5.13	A5.14				
A*																																			
A																																			
B																																			
C																																			
D																																			
E																																			

Figura 4.9: Segunda página do relatório de avaliação (MAEP-RB)

CAPÍTULO 5

QUANTIFICAÇÃO E NORMALIZAÇÃO DOS PARÂMETROS

5.1 INTRODUÇÃO

Como já foi referido no capítulo 4 um parâmetro é uma propriedade mensurável ou observável que fornece informação acerca de um fenómeno, por exemplo um custo. A estrutura hierárquica da metodologia MAEP-RB examina 65 parâmetros que depois de quantificados permitem por agregação dos valores obtidos, determinar os valores dos 21 indicadores económicos da estrutura hierárquica da metodologia.

Um indicador possui significado sintético e é desenvolvido para um objetivo específico. O estabelecimento de metodologias de avaliação de sustentabilidade pressupõe a utilização de indicadores de sustentabilidade confiáveis, representativos, comparáveis e rastreáveis. Para ser útil, um indicador deve, portanto, permitir uma explicação das razões das mudanças em seu valor ao longo do tempo, ser suficientemente simples na maneira com que descreve problemas frequentemente complexos, e usar definições comuns de componentes-chave e normalização para permitir comparações (Cole, 2002).

Os vinte e um indicadores de sustentabilidade económica da metodologia MAEP-RB são os previstos na EN 16627:2015, descrevem os impactes económicos de edifícios para os proprietários, usuários dos edifícios e demais partes interessadas da indústria de construção. Atendendo à estrutura hierárquica da metodologia apresentada, constata-se que os valores de cada indicador são obtidos por agregação de um ou um conjunto de valores obtidos para os parâmetros. A agregação dos valores é efetuada sem ponderação para a avaliação do desempenho económico e ponderada pelo sistema de pesos atribuído à estrutura hierárquica da metodologia e definidos no capítulo 6 para a determinação do índice de sustentabilidade.

Os parâmetros são quantificados por dados obtidos diretamente partir da “*Ficha do edifício*” ou da base de dados do edifício em avaliação, gerada pelo software de apoio à metodologia com base na “*base de dados geral*” da MAEP-RB, de acordo com o processo de cálculo apresentado no capítulo anterior. Tendo em atenção importância que a definição dos 65 parâmetros e os respetivos valores têm na avaliação do desempenho e da sustentabilidade do edifício, procurou-se estabelecer uma ligação forte ao edifício em avaliação de modo a fornecer informação precisa aos parâmetros. Para tal, cada edifício em avaliação é subdividido até ao nível dos recursos necessários à sua materialização, sendo os dados inscritos numa base de dados do edifício em avaliação que contem toda a informação necessária à determinação rigorosa dos parâmetros, ou seja as quantidades e custos unitários de cada recurso, como por exemplo a água, o cimento, a areia, os tijolos e etc. A base de dados do edifício em avaliação é construída com utilização do software integrado na metodologia, após a introdução de dados constantes no mapa de medições do edifício em avaliação, conforme descrito no capítulo 4.

A base de dados do edifício e os elementos constantes na “*Ficha do edifício*” contém toda a informação necessária à quantificação de todos os parâmetros. A quantificação individual de cada

parâmetro é efetuada com recurso ao software da metodologia, que considera os princípios de cálculo apresentados nos pontos seguintes deste capítulo.

Os métodos de avaliação ambiental de edifícios disponíveis tipicamente não abordam os aspetos sociais e económicos da sustentabilidade e são dirigidos a edifícios individuais. Já a discussão de indicadores de sustentabilidade (particularmente indicadores sociais e económicos) relaciona-se a medidas mais gerais da sociedade, como redução de pobreza, analfabetismo, PIB, etc., que não são facilmente relacionadas à escala organizacional ou de um edifício (Cole, 2002).

Em Portugal e no âmbito de um Projeto de I&D apoiado pelo Instituto dos Mercados de Obras Publicas e Particulares e do Imobiliário (IMOPPI), organismo antecessor do Instituto da Construção e do Imobiliário, I.P. (InCI), e pela Agencia de Inovação (AdI), a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) desenvolveu entre 2005 e 2007 uma plataforma de análise de benchmarking das empresas da indústria da construção, denominada *icBench*, a qual passou por uma fase de teste-piloto com a participação de 30 empresas do sector. Em 2010 o InCI deu novo impulso ao projeto, o qual se desenvolve agora com o objetivo principal de realizar análises de benchmarking baseadas na informação que o InCI possuía, proveniente dos processos de concessão ou revalidação de alvarás, não necessitando da introdução de informação suplementar por parte das empresas (Costa, 2011).

Foram propostos e analisados 6 indicadores de perfil económico-financeiro, considerados como um benchmarking de primeiro nível, cujos resultados foram enviados por correio eletrónico para todas as empresas registadas. Esta análise foi realizada com base nos dados relativos a todas as empresas com alvará no InCI, dividida pelas suas diversas classes. Os resultados, mesmo tendo em consideração as limitações da informação disponível, permitiram constatar uma dimensão de oferta de serviços de construção fortemente desajustada da procura existente, traduzida pelos baixos níveis de alguns dos indicadores utilizados (Costa, 2011).

Dada a inexistência de valores de referência (benchmarks) relativos a sustentabilidade económica de edifícios, mais difícil seria encontrar valores de referência representativos dos 65 parâmetros da metodologia MAEP-RB, procedeu-se definição dos mesmos, tendo por base os custos reais observados em edifícios já edificados e construídos pelos processos convencionais. Todos os valores de referência dos parâmetros são expressos por €/metro quadrado de construção. Como "*Prática convencional*" considerou-se o valor obtido e como "*Melhor prática*" considerou-se uma melhoria, ou seja uma redução do custo por metro quadrado em 75%. A verificação da aplicabilidade prática da metodologia desenvolvida e o ajustamento dos valores de referência dos parâmetros (benchmarks) ao contexto dos edifícios residenciais portugueses, só se torna possível através da aplicação prática da metodologia a casos reais, obtendo informação necessária para a retroalimentação dos valores de referência.

Determinam-se assim quatro valores relativos a cada parâmetro necessários ao cálculo do valor normalizado de cada parâmetro. Os valores são referenciados a cada parâmetro da seguinte modo:

- a) Custo do parâmetro P_i relativo à Solução de projeto: $CPis$;
- b) Custo do parâmetro P_i relativo à Melhor prática: $CPim$;
- c) Custo do parâmetro P_i relativo à Prática convencional: $CPic$;

d) Custo do parâmetro P_i normalizado: CP_i ;

A normalização dos parâmetros tem como objetivo principal fixar um valor adimensional que exprima o desempenho do edifício avaliado em relação aos desempenhos de referência (benchmarks).

5.2 DEFINIÇÃO DOS VALORES DOS PARÂMETROS

Nos pontos seguintes é efetuada uma contextualização para cada parâmetro e é apresentado o procedimento de cálculo e de normalização. Como foi referido anteriormente existem parâmetros que são calculados diretamente pelos dados constantes na “*Ficha do edifício*” fornecidos pelo dono de Obra, para os quais não será apresentado procedimento de cálculo.

O cálculo de todos os parâmetros é efetuado com recurso a software integrado na metodologia, por exemplo o software “*IND_A0_1*” determina individualmente os valores de todos os parâmetros necessários a avaliação do indicador económico A0.1.

5.2.1 Parâmetros subordinados ao indicador económico A0.1

Pretende-se apresentar e quantificar os parâmetros que permitam proceder a avaliação do indicador económico A0.1 (Custo de compra/aluguer do terreno/edifício existente, taxas e impostos associados). Os parâmetros a quantificar são:

- a) P1 - Custo de aquisição terreno/aluguer do terreno/edifício existente;
- b) P2 - Imposto municipal sobre as transmissões onerosas de imóveis;
- c) P3 - Imposto de selo sobre aquisição onerosa;

Parâmetro P1: Custo de aquisição do terreno

Contexto

Como se compreenderá, existem inúmeras dificuldades em calcular o valor de transação de um imóvel antes dela se realizar, mais precisamente de um terreno para construção. Nessa transação intervém normalmente duas entidades (singulares ou coletivas), uma que compra outra que vende. O valor de transação não está tabelado, é negociado entre as partes e depende essencialmente das expectativas e dos argumentos de cada interveniente. As expectativas dos intervenientes que intervém de transação dos imóveis variam ao longo do tempo, são influenciadas por fatores, de ordem pessoal, local, regional, nacional e mundial. Como exemplo, a crise socio-económico-financeira que atravessamos atualmente, que estagnou o setor da construção civil em Portugal e na Europa, originado uma desvalorização geral do valor do parque imobiliário.

Em sentido contrário nos anos 60 a deslocação das populações para os centros urbanos provocou um desequilíbrio entre a oferta e a procura no setor imobiliário originando um aumento de preços dos terrenos. Surge então, o Decreto-Lei n.º 576/70 de 24 de Novembro que definia a política dos solos tendente a diminuir o custo do terreno para construção, prefaciando a seguinte introdução inicial: “A deslocação para os centros urbanos, em especial para as grandes cidades,

de massas populacionais cada vez maiores constitui um movimento irreversível, que se verifica por todo o mundo e é mesmo expressão ou índice de desenvolvimento económico. Tal movimento ocasiona um aumento contínuo da procura de habitações e impõe um alargamento intenso dos trabalhos de urbanização e das instalações de equipamento social, exigindo, portanto, a ocupação de terrenos em áreas cada vez mais vastas. E esta exigência determina um fácil desequilíbrio entre a oferta e a procura dos terrenos, o que permite uma larga especulação nos respetivos preços e dificulta a sua disponibilidade para a execução dos empreendimentos necessários. Ora, uma tal situação proporciona efeitos perniciosos.” A aplicação desta lei tinha como objetivo introduzir instrumentos que impediam o funcionamento normal da lei da oferta e da procura.

Existem outros aspetos que podem contribuir para um aumento ou diminuição das expectativas de cada entidade interveniente na transação que não estão diretamente relacionadas com flutuações socio-económicas-financeiras, mas sim, fortemente ligadas com as características próprias do imóvel e da sua envolvente, tais como:

- a) A localização é uma variável muito importante e depende do tipo de utilização que está previsto para o imóvel, habitação, comércio, serviços e reserva agrícola, reserva ecológica, etc. Os custos da construção são essencialmente os mesmos independentes do local escolhido enquanto, que o valor atribuído ao imóvel pós construção será diferente;
- b) Enquadramento legal previsto nos instrumentos de ordenamento do território, nomeadamente os planos diretores municipais (PDM), os planos de urbanização, os planos de pormenor (PP) e outros, todos instrumentos que podem contribuir para uma valorização ou desvalorização dos imóveis a curto, médio ou a longo prazo;
- c) As infraestruturas existentes, que por vezes a sua inexistência pode inviabilizar um novo investimento por motivos legais ou financeiros. A existência de infraestruturas tais como, acessibilidade e generalidades das redes públicas (águas, saneamento, gás, eletricidade, telecomunicações, resíduos urbanos), são aspetos a ter em conta na avaliação dos imóveis;
- d) As características do terreno, tem uma influência direta na etapa de construção e poderá agravar os custos na etapa de utilização. Entre as características do terreno as dimensões geométricas, o declive, o desnível, exposição solar e condições geotécnicas do solo de fundação;

A avaliação de bens imobiliários levanta problemas que não existem na avaliação de outros bens económicos. O mercado imobiliário não é de concorrência perfeita pois carece de várias propriedades típicas dos mercados competitivos, como sejam a transparência e a homogeneidade. No mercado imobiliário as características de cada bem são únicas (não existem dois imóveis exatamente iguais), a oferta é limitada (a disponibilidade de solo urbano para edificação está dependente da existência de urbanizações, da liberação do uso dos terrenos e das suas condições geográficas) e os preços não são transparentes (as transações de um mesmo tipo de imóvel não se produzem com continuidade no tempo e os preços e condições de venda normalmente são resultado de negociações bilaterais entre o vendedor e o comprador). A heterogeneidade dos imóveis, a descontinuidade das transações e a subjetividade das motivações

de compra e venda também levantam problemas na elaboração de estatísticas de preços e na sistematização de bancos de dados.

Uma avaliação é o processo e resultado da aferição de um ou mais fatores económicos especificamente definidos em relação a imóveis descritos, com data determinada, tendo como suporte a análise de dados relevantes. A fiabilidade de uma avaliação depende da competência e integridade básicas do avaliador, da disponibilidade de dados pertinentes à mesma e da habilidade com que esses dados forem analisados e informatizados. Apesar de uma avaliação profissional ser uma opinião sustentável, que ultrapassa qualquer sentimento pessoal do avaliador, e reflete a tendência do mercado após a análise apropriada de dados, em conformidade com as normas da prática profissional, esta atividade envolve muita subjetividade (Couto, P, et al., 2006).

O tipo mais frequente de avaliações tem sido a estimação do valor de mercado que corresponde ao preço pago por um comprador desejoso de comprar, mas não forçado, a um vendedor desejoso de vender, mas também não compelido, tendo ambos pleno conhecimento das condições do mercado e da utilidade do imóvel transacionado. A necessidade de uma avaliação do valor de mercado interessa a diversas entidades como empresas imobiliárias, instituições públicas, bancos e seguradoras e pode surgir em cenários tão distintos como transferência de propriedade, financiamento e crédito, justa indemnização em caso de expropriação, estudo do mercado e busca de oportunidades de investimento, registo cadastral como base para impostos, definição de prémios de seguro ou justo valor de arrendamento. (Couto, P, et al., 2006).

Os métodos mais comuns para estimar o valor de mercado incluem o Método de Comparação, o Método do Rendimento e o Método do Custo, dependendo a sua escolha do fim a que se destina a avaliação (alienação, hipoteca, imposto, inventário, expropriação, avaliação de ativo), do tipo de imóvel (habitação, comércio, escritório, armazém, terreno urbano, terreno agrícola, terreno industrial) e da disponibilidade de dados (Couto, P, et al., 2006).

O método de comparação também por vezes designado de método direto, sintético ou empírico – reflete o valor de um bem em mercado livre, sujeito à lei da oferta e da procura e tendo em conta as próprias imperfeições que caracterizam esse mesmo mercado. A determinação do valor é efetuada através da comparação dos valores de transação de imóveis semelhantes e comparáveis, obtidos através do conhecimento do mercado local ou da prospeção efetuada. Este método fundamenta-se no conhecimento do mercado local e do valor pelo qual se transacionam as propriedades análogas à que se pretende avaliar e pressupõe a existência de um mercado imobiliário ativo, uma correta obtenção de informação e a existência de transações semelhantes.

Em muitos países como os Estados Unidos da América e o Reino Unido, o método de comparação é considerado o de maior confiança por ser aquele que traduz o pensamento do mercado imobiliário no momento da avaliação, isto é, o que melhor traduz o valor do bem em mercado livre, sujeito à lei da oferta e da procura, e tendo em conta as diversas imperfeições que caracterizam este mercado.

No método do rendimento o imóvel é visto como um bem ao qual estão associados determinados rendimentos. A avaliação de um bem pressupõe a estimativa dos rendimentos líquidos médios proporcionados pelo imóvel em apreço (deduzidas todas as despesas e encargos que tiverem

lugar numa determinada unidade de tempo) e a fixação da taxa de atualização ou de capitalização adequadas, taxa essa que traduz a relação entre os valores de transação das propriedades mobiliárias e os valores de renda anuais praticados num determinado mercado em propriedades equivalentes. O resultado da avaliação de um imóvel por este método depende obviamente do rigor na estimativa dos rendimentos e do grau de adequação da taxa fixada.

O "Método do Custo", também designado por "Método do Custo de Reprodução" ou "Método do Custo de Substituição" fundamenta-se sobretudo na estimativa do custo de reprodução ou de substituição da propriedade em apreço. O valor do imóvel, na ótica deste método, obtém-se adicionando ao valor de mercado do terreno (obtido com base na utilização do "Método Comparativo") e respetivos encargos com a sua aquisição, o custo da construção eventualmente depreciado em função da obsolescência física e/ou funcional, e/ou ambiental, e/ou económica detetadas, e/ou apreciado em função de singularidades arquitetónicas, históricas ou outras verificadas. A aplicação deste método envolve o cálculo dos valores das seguintes principais rubricas:

- a) Terreno; o valor do terreno constitui uma componente significativa do valor do imóvel e inclui o valor de mercado do terreno (obtido com base na utilização do método de comparação, através da análise e comparação de parcelas de terrenos análogas e recentemente transacionadas) e os encargos de aquisição ou eventual infraestruturização com eles relacionados (imposto de transação, escritura, registos prediais, taxas de mais valias camarárias, infraestruturas como terraplenagens, arruamentos, ajardinamentos, redes de abastecimento de água, rega e incêndio, de drenagem de águas residuais e pluviais, de eletricidade e gás e de telefone e televisão);
- b) Construção; o custo da construção é constituído pelo custo de produção (direto: encargos com estaleiro, materiais, equipamentos e mão-de-obra + indireto: encargos administrativos, financeiros e lucro da empresa construtora) acrescido dos encargos relacionados com a construção (encargos administrativos: projetos, licenças e taxas, gestão do empreendimento e fiscalização + encargos financeiros: têm um valor importante e resultam dos capitais alheios onerados por uma taxa de empréstimo que opera durante os períodos de construção e venda);
- c) Depreciação; podem definir-se quatro tipos diferentes: depreciação física – desgaste dos componentes construtivos resultante do uso e exposição a que foram submetidos ao longo do tempo e da não execução de obras conservação com a periodicidade recomendável; depreciação funcional - singularidades ou deficiências de conceção arquitetónicas dos espaços que impedem ou limitam a otimização da operacionalidade do mesmo; depreciação ambiental – proximidade de causas ambientais desfavoráveis como lixeiras, subestações elétricas ou edificações clandestinas; e depreciação económica - causas económicas desfavoráveis exteriores ao imóvel como as alterações de legislação ou a conjuntura económica nacional;
- d) Apreciação; as características singulares em termos arquitetónicos, históricos ou paisagísticos devem ser consideradas de forma positiva.

Processo de cálculo

Na quantificação deste parâmetro será utilizado o montante indicado pelo proprietário do imóvel na “Ficha do edifício” que foi acordado entre o comprador e o vendedor.

Para efeitos de *benchmarking*, analisou-se o contexto nacional no que respeita aos valores dos terrenos para construção e definiu-se como valor de *melhor prática* ($CP1_m$) o valor patrimonial tributário do terreno (Vt) calculado pelos peritos dos Serviços de Finanças que tem já em atenção a localização geográfica e as características físicas e capacidades construtivas do terreno e o *Prática convencional* ($CP1_p$) é igual ao valor patrimonial (Vt) multiplicado por 1,50 ou seja é superior em 50%.

Benchmarks

Solução: $CP1_s = \text{Valor da transação do terreno}$

Melhor prática: $CP1_m = Vt$

Prática convencional: $CP1_c = Vt \times 1,50$

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP1 = \frac{CP1_s - CP1_c}{CP1_m - CP1_c} = \frac{\text{Valor da transação} - 1,50 \times \text{Valor tributário}}{\text{Valor tributário} - 1,50 \times \text{Valor tributário}} \quad (5.1)$$

Parâmetro P2 - Imposto municipal sobre as transmissões onerosas de imóveis (IMT)

Contexto

O IMT (Imposto municipal sobre as transmissões onerosas de imóveis) é um imposto que tributa as transmissões onerosas do direito de propriedade, ou de figuras parcelares desse direito, sobre bens imóveis, situados no território nacional. Pretende-se apresentar os valores regulamentares a considerar no cálculo do parâmetro IMT, previsto no Código do Imposto Municipal sobre as Transmissões Onerosas de Imóveis (Decreto-Lei 287/2003 de 12 de Novembro). Como podemos constatar o mesmo documento, diferencia o valor da taxa a aplicar se é um prédio urbano ou prédio rústico e se for urbano, o valor da taxa é em função do destino, se for exclusivamente para habitação própria e permanente, se é exclusivamente para habitação própria, ou outras aquisições onerosas.

De acordo com o Artigo 12º do Código do Imposto Municipal sobre as Transmissões Onerosas de Imóveis (CIMT), o IMT incidirá sobre o valor constante do ato ou do contrato ou sobre o valor patrimonial tributário dos imóveis, consoante o que for maior.

Os valores das taxas do IMT, previstas Código do Imposto Municipal sobre as Transmissões Onerosas de Imóveis (CIMT), no artigo 17º, são as seguintes:

- a) Aquisição de prédio urbano ou de fração autónoma de prédio urbano destinado exclusivamente a habitação própria e permanente: (Redação da Lei n.º 55-A/2010, de 31 de Dezembro) (ver tabela 5.1);
- b) Aquisição de prédio urbano ou de fração autónoma de prédio urbano destinado exclusivamente a habitação, não abrangidas pela alínea anterior: (Redação da Lei n.º 55-A/2010, de 31 de Dezembro);

- c) Aquisição de prédios rústicos - 5%;
- d) Aquisição de outros prédios urbanos e outras aquisições onerosas - 6,5%.

Tabela 5.1

Taxa do IMT - Prédio urbano destinado exclusivamente a habitação própria e permanente

Valor sobre que incide o IMT (em Euros)	Taxas percentuais	
	Marginal	Média (*)
Até 92 407	0	0
De mais de 92407 até 126403	2	0,5379
De mais de 126 403 até 172348	5	1,7274
De mais de 172348 até 287213	7	3,8361
De mais de 287213 até 574323	8	
Superior a 574323	6 Taxa única	

(*) No limite superior do escalão

Tabela 5.2

Taxa do IMT - Prédio urbano destinado exclusivamente a habitação própria

Valor sobre que incide o IMT (em Euros)	Taxas percentuais	
	Marginal	Média (*)
Até 92 407	0	1
De mais de 92407 até 126403	2	1,2689
De mais de 126403 até 172348	5	2,2636
De mais de 172348 até 287213	7	4,1578
De mais de 287213 até 550836	8	
Superior a 550836	6 Taxa única	

(*) No limite superior do escalão

Relativamente às aquisições a que se referem as alíneas a) e b) anteriores o valor sobre que incide o imposto for superior a (euro) 92407, é dividido em duas partes, sendo uma igual ao limite do maior dos escalões que nela couber, à qual se aplica a taxa média correspondente a este escalão, e outra, igual ao excedente, a que se aplica a taxa marginal respeitante ao escalão imediatamente superior.

Processo de cálculo

Neste trabalho não pretendemos ser exaustivos na interpretação do Código do Imposto Municipal sobre as Transmissões Onerosas de Imóveis (CIMT, 2014), mas sim extrair do mesmo, valores que permitam a avaliação do parâmetro “IMT”. Em cada avaliação este parâmetro (CP_{2s}) é quantificado tendo em conta o valor da transação indicado pelo proprietário do imóvel na “Ficha do edifício” e os parâmetros e condições impostas pelo (CIMT, 2014) descrito nos parágrafos anteriores.

Para efeitos de *benchmarks*, e dado tratar-se de um imposto obrigatório atualmente sem possibilidades de existir qualquer desconto, definiu-se como valor de *melhor prática* ($CP2_m$) o valor calculado em cada avaliação ($CP2_s$), e não definiu-se valor para *Prática convencional* ($CP2_c$). Como forma de promover e incentivar a construção sustentável, poder-se-ia considerar a hipótese de o valor do IMT pago, ser total o parcialmente devolvido, caso se viesse a comprovar, por intermédio de aplicação de sistemas objetivos de avaliação da sustentabilidade de edifícios, que a avaliação atingia um determinado índice de sustentabilidade.

Benchmarks

Solução: $CP2_s = \text{Valor do IMT calculado}$

Melhor prática: $CP2_m = \text{Valor do IMT calculado}$

Prática convencional: $CP2_c = 0$

Normalização

Valor normalizado: $CnP2 = \frac{CP2_s - CP2_c}{CP2_m - CP2_c} = \frac{\text{Valor do IMT calculado} - 0}{\text{Valor do IMT calculado} - 0} = 1$ (5.2)

Parâmetro P3 - Imposto de selo sobre aquisição onerosa (IS)

Contexto

O imposto do selo é o imposto mais antigo do sistema fiscal português foi criado por alvará de 24 de Dezembro de 1660 e era considerado, até à sua reforma, operada em 2000, um imposto anacrónico.

No ponto n.º 1 do artigo 1.º do Código do Imposto de Selo (CIS) (Lei n.º 83-C/2013 de 31 de Dezembro) está previsto que, o imposto do selo incide sobre todos os atos, contratos, documentos, títulos, papéis e outros factos ou situações jurídicas previstos na Tabela Geral, incluindo as transmissões gratuitas de bens. (Lei n.º 55 - A/2012, de 29 de outubro).

O Artigo 22.º do (CIS) remete para tabela geral do imposto de selo anexa ao documento (CIS), a determinação da taxa do imposto. A aquisição de bens onerosa ou por doação do direito de propriedade ou de figuras parcelares desse direito sobre imóveis, bem como a resolução, invalidade ou extinção, por mútuo consenso, dos respetivos contratos - sobre o valor 0,8%. (Lei n.º 83-C/2013 de 31 de Dezembro).

Pretendemos extrair do (CIS), valores que permitam a avaliação do parâmetro "CIS", contribuindo para a avaliação do indicador económico A0.1 contemplado no método de avaliação desenvolvido.

Processo de cálculo

Constatamos que a taxa do imposto de selo aplica-se a todos os contratos, incluindo os relativos a transação de imóveis, tem atualmente um valor constante de 0.8%, sendo susceptíveis de ser alterados em futuros orçamentos do estado. O valor do imposto de selo resultante de cada avaliação ($CP3_s$) é obtido pela multiplicação do valor de transação do terreno pela taxa fixada para o imposto. Como incentivo à implementação e desenvolvimento da construção sustentável e de

forma idêntica ao sugerido já para o parâmetro P2, dever-se-ia considerar a hipótese de o valor do IS pago, ser total o parcialmente devolvido, caso se viesse a verificar, por intermédio aplicação de sistemas de avaliação da sustentabilidade em edifícios, que a avaliação atingia uma determinada classe de sustentabilidade.

Benchmarks

Solução: $CP3_s = \text{Valor da transação} \times 0,8\%$

Melhor prática: $CP3_m = \text{Valor da transação} \times 0,8\%$

Prática convencional: $CP3_c = 0$

Normalização

Valor normalizado $CnP3 = \frac{CP3_s - CP3_c}{CP3_m - CP3_c} = \frac{0,0080 * \text{Valor da transação} - 0}{0,0080 * \text{Valor da transação} - 0} = 1$ (5.3)

5.2.2 Parâmetros subordinados ao indicador económico A0.2

Pretende-se apresentar e quantificar os parâmetros que permitam proceder a avaliação do indicador económico A0.2 (Honorários de profissionais relacionados com a compra do terreno). Os parâmetros a quantificar são:

- a) P4 - Honorários de mediadores imobiliários;
- b) P5 - Assessoria técnica em estudos de viabilidade;
- c) P6 - Assessoria jurídica;
- d) P7 - Emolumentos Notariais (Portaria n.º 385/2004 de 16 de Abril);
- e) P8 - Emolumentos Registo predial (Portaria n.º 385/2004 de 16 de Abril);

Parâmetro P4 - Honorários de mediadores imobiliários

Contexto

Lei n.º 15/2013 de 8 de fevereiro estabelece o regime jurídico a que fica sujeita a atividade de mediação imobiliária, conformando o com a disciplina constante do Decreto -Lei n.º 92/2010, de 26 de julho, que transpôs para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2006/123/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 12 de dezembro de 2006, relativa aos serviços no mercado interno.

A atividade de mediação imobiliária consiste na procura, por parte das empresas, em nome dos seus clientes, de destinatários para a realização de negócios que visem a constituição ou aquisição de direitos reais sobre bens imóveis, bem como a permuta, o trespasse ou o arrendamento dos mesmos ou a cessão de posições em contratos que tenham por objeto bens imóveis.

A atividade de mediação imobiliária consubstancia-se também no desenvolvimento das seguintes ações:

- a) Prospeção e recolha de informações que visem encontrar, os bens imóveis pretendidos pelos clientes;

- b) Promoção dos bens imóveis sobre os quais os clientes pretendam realizar negócios jurídicos, designadamente através da sua divulgação ou publicitação, ou da realização de leilões.

O Instituto da Construção e do Imobiliário, I. P., doravante designado por InCI, é a autoridade competente, nos termos da presente lei e da sua Lei Orgânica aprovada pelo Decreto-Lei n.º 158/2012, de 23 de julho, para regular, supervisionar e fiscalizar a atividade de mediação imobiliária em território nacional.

O contrato de mediação imobiliária é obrigatoriamente reduzido a escrito onde deverão constar, obrigatoriamente, os seguintes elementos:

- a) A identificação das características do bem imóvel que constitui objeto material do contrato, com especificação de todos os ónus e encargos que sobre ele recaiam;
- b) A identificação do negócio visado pelo exercício de mediação;
- c) As condições de remuneração da empresa, em termos fixos ou percentuais, bem como a forma de pagamento, com indicação da taxa de IVA aplicável;
- d) A identificação do seguro de responsabilidade civil ou da garantia financeira ou instrumento equivalente, com indicação da apólice e entidade seguradora ou, quando aplicável, do capital garantido;
- e) A identificação do angariador imobiliário que, eventualmente, tenha colaborado na preparação do contrato;
- f) A identificação discriminada de eventuais serviços acessórios a prestar pela empresa;
- g) A referência ao regime de exclusividade, quando acordado, com especificação dos efeitos que do mesmo decorrem, quer para a empresa quer para o cliente.

Processo de cálculo

As comissões pagas às imobiliárias previstas no contrato de mediação variam normalmente entre 3% e 6% (acresce o IVA a taxa legal em vigor) sobre o valor da transação. O valor da comissão deverá ser acordado entre a empresa imobiliária e o cliente (proprietário do imóvel) antes da assinatura do contrato de mediação imobiliária.

Na quantificação parâmetro P4 será utilizada a percentagem indicada pelo proprietário do imóvel e registada na “*Ficha do edifício*”, que poderá estar compreendida entre 0% a 10% ou superior. O valor da comissão imobiliária é obtido pelo produto do valor da transação pela taxa da comissão imobiliária.

Para efeitos de *benchmarking*, analisou-se o contexto nacional no que respeita aos valores das percentagens das comissões imobiliárias e definiu-se como valor de *melhor prática* ($CP4_m$) igual 1% e o da *Prática convencional* ($CP4_p$) igual a 6%. Quando não existir a intervenção imobiliária assume-se que a taxa da comissão imobiliária é 0%.

Benchmarks

Solução: $CP4_s = \text{Valor da transação} \times \text{valor percentual acordado com a imobiliária.}$

Melhor prática: $CP4_m = 1\% \times \text{Valor da transação}$

Prática convencional: $CP4_c = 6\% \times \text{Valor da transação}$

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP4 = \frac{CP4s - CP4c}{CP4m - CP4c} = \frac{CP4s - 0,06 * \text{Valor da transação}}{0,01 * \text{Valor da transação} - 0,06 * \text{Valor da transação}} \quad (5.4)$$

Parâmetro P5 - Assessoria técnica em estudos de viabilidade de construção

Contexto

É da extrema importância a realização de estudos de viabilidade de construção para um determinado local, de preferência, antes da concretização da compra do imóvel. De igual modo é importante que estes estudos sejam realizados por uma equipa constituída por arquitetos e engenheiros com grande experiência.

As características intrínsecas próprias de cada terreno, tais como, topografia, parâmetros geotécnicos, condições de vizinhança, acessibilidades, infraestruturas existentes (redes de abastecimento de água, de drenagem de águas residuais e pluviais, de eletricidade, telecomunicações, gás), exposição solar e as condicionantes impostas pelos instrumentos de ordenamento do território, condicionam o valor do terreno, podendo no limite inviabilizar economicamente qualquer tipo de construção.

Decreto-Lei n.º 26/2010 de 30 de Março no artigo 14º prevê que qualquer interessado possa pedir à câmara municipal, a título prévio, informação sobre a viabilidade de realizar determinada operação urbanística ou conjunto de operações urbanísticas diretamente relacionadas, bem como sobre os respetivos condicionamentos legais ou regulamentares, nomeadamente relativos a infra-estruturas, servidões administrativas e restrições de utilidade pública, índices urbanísticos, cêrceas, afastamentos e demais condicionantes aplicáveis à pretensão.

Quando o pedido respeite a operação de loteamento, em área não abrangida por plano de pormenor, ou a obra de construção, ampliação ou alteração em área não abrangida por plano de pormenor ou operação de loteamento, o interessado pode requerer que a informação prévia contemple especificamente os seguintes aspetos, em função da informação pretendida e dos elementos apresentados:

- a) A volumetria, alinhamento, cêrcea e implantação da edificação e dos muros de vedação;
- b) Condicionantes para um adequado relacionamento formal e funcional com a envolvente;
- c) Programa de utilização das edificações, incluindo a área bruta de construção a afetar aos diversos usos e o número de fogos e outras unidades de utilização;
- d) Infraestruturas locais e ligação às infraestruturas gerais;
- e) Estimativa de encargos urbanísticos devidos;
- f) Áreas de cedência destinadas à implantação de espaços verdes, equipamentos de utilização coletiva e infraestruturas viárias.

Processo de cálculo

Na quantificação custo da acessória técnica (CP5_s) do parâmetro P5 será utilizado o montante indicado pelo proprietário do imóvel que foi negociado entre o proprietário e a equipa técnica registado na “Ficha do edifício” dado não ser possível fixar um valor por para os honorários dos estudos de viabilidade.

Para efeitos de *benchmarking*, para cada projeto em avaliação, é efetuado uma estimativa orçamental do custo da obra multiplicando a área prevista de construção pelo custo médio de construção para efeitos de IMI publicado pela Portaria n.º 280/2014 de 30 de Dezembro (Valor publicado e atualizado todos os anos). Definiu-se que os honorários para o desenvolvimento do estudo de viabilidade a melhor prática (CP5_m) = (20% x 1%) do valor estimado para a construção e a Prática convencional (CP5_c) = (20% x 6%) do valor estimado para a construção. Em que 1% e 6% correspondem a percentagem para o cálculo de honorários do projeto global e os 20% correspondem à fase de estudo prévio necessários aos estudos de viabilidade.

Benchmarks

Solução: CP5_s = Custos de assessoria técnica (Dono de Obra)

Melhor prática: CP5_m = 0,2% x Valor da construção

Prática convencional: CP5_c = 1.2% x Valor da construção

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP5 = \frac{CP5_s - CP5_c}{CP5_m - CP5_c} = \frac{CP5_s - 0,012 * \text{Valor da const.}}{0,002 * \text{Valor da const.} - 0,012 * \text{Valor da const.}} \quad (5.5)$$

Parâmetro P6 - Assessoria jurídica

Contexto

Assessoria jurídica é uma área do direito também conhecida como advocacia preventiva para empresas e quando administrada de modo adequado, evita problemas judiciais futuros e facilita as situações cotidianas dentro de um empreendimento. Está presente em todos os processos que contenham implicações jurídicas, como a formulação de contratos, acompanhamento do cliente ao cartório (no caso de necessitar efetuar algum registro público), elabora termos judiciais, verificação documental, redigir correspondências, ou seja, tudo que envolva atos concretos da advocacia e tenham implicações jurídicas.

Processo de cálculo

Os honorários assessoria jurídica relativos a aconselhamento e verificação documental no contexto português variam normalmente entre 1% e 3% (acresce o IVA a taxa legal em vigor) sobre o valor da transação, podendo ser acordados outros valores entre e o cliente (proprietário do imóvel) e os profissionais (advogados/solicitadores), por estas razões, o valor de CP6_s é o valor indicado pelo proprietário do imóvel, que foi negociado entre o proprietário e a equipa de acessória.

Para efeitos de *benchmarking*, definiu-se que os honorários de acessória jurídica que correspondem à melhor prática (CP6_m) = 1% do valor da transação do terreno e à Prática convencional (CP6_c) = 3%.

Benchmarks

Solução: $CP6_s =$ Custos de acessória jurídica (Dono de Obra)

Melhor prática: $CP6_m = 1\% \times$ Valor da transação

Prática convencional: $CP6_c = 3\% \times$ Valor da transação

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP6 = \frac{CP6_s - CP6_c}{CP6_m - CP6_c} = \frac{CP6_s - 0,03 * \text{Valor da transação}}{0,01 * \text{Valor da transação} - 0,03 * \text{Valor da transação}} \quad (5.6)$$

Parâmetro P7 - Emolumentos notariais

Contexto

A tabela aprovada pela Portaria n.º 385/2004, de 16 de Abril teve como preocupação de obedecer a princípios fundamentais do notariado latino. Tanto o consumidor como a segurança jurídica são grandemente favorecidos pelo contributo do jurista imparcial e independente que é o notário, com a condição de que ele seja acessível a todos, graças a uma tabela oficial de custos obrigatórios, como consequência do carácter público da sua função.

São ainda objetivos da presente tabela a solvabilidade do sistema e que os novos preços obtidos permaneçam proporcionalmente relacionados com o seu custo económico. Pretende-se ainda repor o princípio da proporcionalidade. Este princípio tem de aferir-se não só pelo serviço prestado mas também e sobretudo pela responsabilidade que acarreta. E por isso ele impõe que o mais valioso deverá pagar mais e o menos valioso deverá pagar menos.

A tabela baseada no valor do ato garante que o serviço notarial qualificado está ao alcance de todos, mesmo quando se trate de atos de valor económico diminuto. Assim, o notário deverá auferir honorários baixos nos atos de valor económico reduzido, mesmo quando a sua outorga não é rentável sob o ponto de vista económico.

Se se tivesse em conta a estrita cobertura dos custos notariais, a atividade do notário quase nunca poderia ser suportada pelos economicamente débeis. Estaria, de facto, a ser-lhes recusado o acesso à justiça. É esta mesma preocupação que justifica e impõe a existência de notários, necessariamente deficitários, em regiões do País economicamente mais desfavorecidas, mas que têm um papel socialmente imprescindível. Por outro lado, tratando-se de atos que envolvem bens economicamente valiosos, pode razoavelmente pedir-se aos interessados o pagamento de honorários que, por via da regra, estão relacionados com o interesse económico pertinente ao ato outorgado. Com efeito, não são apenas os direitos, taxas e impostos devidos ao Estado que são calculados com base no valor da operação. Os profissionais liberais recebem honorários em função do valor do serviço prestado.

Pelos atos praticados pelos notários são cobrados os honorários e encargos constantes da tabela aprovada pela Portaria n.º 385/2004, de 16 de Abril, alterada pela Portaria n.º 574/2008, de 4 de Julho, acrescidos do imposto sobre o valor acrescentado, do valor do emolumento do respetivo registo, e do imposto do selo, nos termos legais.

Os honorários constituem a retribuição dos atos praticados e são calculados com base no custo efetivo do serviço prestado, tendo em consideração a natureza dos atos e a sua complexidade.

Através da Recomendação n.º 1/2007, a Autoridade da Concorrência apresentou ao Governo um conjunto de «Medidas de Reforma do Quadro Legal do Notariado», propondo a sua adoção de forma gradual e faseada.

Uma dessas medidas é a liberalização dos preços dos serviços prestados por notários privados. Segundo a Autoridade da Concorrência, a aprovação desta medida «[...] é nos mercados competitivos um fator essencial para o seu funcionamento eficiente. Com efeito, a concorrência pelos preços induz à melhoria da eficiência produtiva e beneficia os consumidores que, por via daquela, poderão beneficiar de preços menos elevados».

Ainda segundo esta Autoridade, a adoção da liberalização dos preços dos atos notariais passaria por dois aspetos. Por um lado, pela generalização do regime de preços livres aos atos praticados por notários privados relativamente aos quais se registre uma substancial diversificação da oferta e, nessa medida, a concorrência de outros profissionais. Por outro, pela substituição do regime de preços fixos por um regime de preços máximos, relativamente aos atos cuja prática permaneça no âmbito da competência exclusiva dos notários.

Tendo em vista a concretização da medida proposta pela Autoridade da Concorrência, a presente alteração à Portaria n.º 385/2004, de 16 de Abril, que aprova a tabela de honorários e encargos da atividade notarial exercida ao abrigo do Estatuto do Notariado, passa a estabelecer que os honorários devidos ao notário são de dois tipos: nuns casos preços máximos, noutros preços livres.

O regime dos preços máximos passa a aplicar -se aos atos previstos expressamente na tabela, que são aqueles cuja prática permanece no âmbito da competência exclusiva dos notários. Assim, nestes casos, o preço dos atos notariais deixa de ser fixo. Não poderá exceder um valor máximo, mas os notários serão livres de praticar preços inferiores a esse valor.

O regime dos preços livres passa a valer como regra para todos os atos que não se encontram previstos na tabela e que sejam praticados por notários privados. Para o efeito, procedeu-se à eliminação da tabela de honorários e encargos notariais, aprovada pela Portaria n.º 385/2004, de 16 de Abril, dos atos relativamente aos quais passou a existir concorrência de outros profissionais, que assim passam a estar sujeitos ao regime dos preços livres. Assim, também nestes casos o preço do ato notarial deixará de ser fixo, cabendo ao notário a definição do preço dos atos notariais sujeitos a este regime de preços livres. A título de exemplo, passam a estar sujeitos ao regime dos preços livres os atos relativos à compra e venda de imóveis e à constituição de sociedades de capital social mínimo, para além dos reconhecimentos, termos de autenticação e tradução, cujos preços já tinham sido liberalizados com a alteração introduzida pela Portaria n.º 1416 -A/2008, de 19 de Dezembro.

Processo de cálculo

Conforme previsto Artigo 11.º da Portaria n.º 385/2004, de 16 de Abril, alterada pela Portaria n.º 574/2008, de 4 de Julho, os valores máximos dos honorários notariais a aplicar na compra e venda de imóveis são os seguintes:

- a) Para os atos de valor até €25 000 — €117,65;
- b) Para os atos de valor superior a €25 000 e até €125 000 — €132,35;
- c) Para os atos de valor superior a €125 000 e até €200 000 — €147,06;
- d) Para os atos com valor superior a €200 000 — € 195,59.

Na quantificação deste parâmetro será utilizado o valor máximo previsto na tabela em função do valor do ato. Valores inferiores aos previstos na tabela são possíveis mas impossíveis de serem estimados. Pelo registo na Conservatória dos Registos Centrais de cada escritura, testamento público, testamento internacional, instrumento de aprovação, de depósito e abertura de testamento cerrado, o notário cobra às partes – €9.

Os honorários dos emolumentos notariais efetivamente pagos ($CP7_s$) em cada projeto em avaliação são indicados pelo Dono de Obra. Para efeitos de *benchmarking*, definiu-se que os emolumentos notariais que correspondem à melhor prática ($CP7_m$) = 70% do valor do máximo dos honorários previsto na lei e à Prática convencional correspondem ($CP7_c$) = Valor máximo dos honorários previstos na lei.

Benchmarks

Solução: $CP7_s$ = Emolumentos notariais (Dono de Obra)

Melhor prática: $CP7_m$ = 0,70 * Máximo valor dos emolumentos previsto na lei

Prática convencional: $CP7_c$ = Máximo valor do emolumento previsto na lei

Normalização

$$\text{Valor normalizado} \quad CnP7 = \frac{CP7_s - CP7_c}{CP7_m - CP7_c} = \frac{\text{Emol. notariais} - \text{Emol. máximos}}{0,70 * \text{Emol. máximos} - \text{Emol. máximos}} \quad (5.7)$$

Parâmetro P8 - Emolumentos de registo predial

Contexto

O registo predial destina-se essencialmente a dar publicidade à situação jurídica dos prédios, tendo em vista a segurança do comércio jurídico imobiliário. Por outras palavras, é através da informação disponibilizada pelo registo, com interesse designadamente para quem vai comprar casa, que poderá ficar a saber qual a composição de determinado prédio, a quem pertence e que tipo de encargos, hipotecas, penhoras, etc. que sobre ele incidem.

Estão sujeitos a registo, os factos mencionados no artigo 2º do Código do Registo Predial e as ações, decisões, procedimentos e providências mencionadas no artigo 3º do Código do Registo Predial. De entre estas salientam-se, pela sua importância, os factos jurídicos que determinem a constituição, o reconhecimento, a aquisição ou a modificação dos direitos de propriedade, usufruto, uso e habitação, superfície ou servidão, por exemplo, a aquisição de um imóvel por compra.

Processo de cálculo

Estabelecimento de uma norma de proporcionalidade, sendo a função notarial e registral assente numa base prestacional, constitui elemento essencial na construção de todo o edifício tributário o

estabelecimento de uma regra de proporcionalidade. Nestes termos, a tributação emolumentar constituirá a retribuição dos atos praticados e será calculada com base no custo efetivo do serviço prestado, tendo em consideração a natureza dos atos, a sua complexidade e o valor da sua utilidade económico-social (Decreto - Lei n.º 322-A/2001, de 14 de Dezembro).

Os honorários dos emolumentos notariais efetivamente pagos ($CP8_s$) em cada projeto em avaliação são indicados pelo Dono de Obra. Para efeitos de *benchmarking*, definiu-se que os emolumentos notariais que correspondem à melhor prática ($CP8_m$) = 80% do valor do máximo dos honorários previsto na lei e à Prática convencional correspondem ($CP8_c$) = Valor máximo dos honorários previstos na lei.

Benchmarks

Solução: $CP8_s$ = Custo do registo (dono de obra)

Melhor prática: $CP8_m$ = 0,80 x Custo do registo

Prática convencional: $CP8_c$ = 250 Euros

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP8 = \frac{CP8_s - CP8_c}{CP8_m - CP8_c} = \frac{\text{Custo do registo} - 250}{0,80 * 250 - 250} \quad (5.8)$$

5.2.3 Parâmetros subordinados aos indicadores económicos A1.1:Custo das matérias-primas; A2.1:Custo do transporte da matérias-primas; A3.1:Custo da transformação das matérias-primas; A4.1:Custo do transporte dos materiais e produtos do portão da fábrica até ao portão do estaleiro

Pretende-se quantificar os parâmetros que permitam proceder a avaliação do indicador económico A1.1 (Custo das matérias primas), A2.1 (Custo do transporte das matérias primas) e A3.1 (Custo da transformação das matérias primas) pertencentes à etapa de produto. A4.1 (Custo do transporte dos materiais e produtos do portão da fábrica até ao portão do estaleiro) pertencente à etapa de construção. Estes quatro indicadores, neste trabalho serão desenvolvidos e quantificados em simultâneo devido a sua interdependência e às dificuldades em obter custos desagregados de matéria-prima, transporte da matéria-prima e de transformação, junto, dos vários setores de atividades fabricantes de materiais de construção. Os parâmetros P9, P10, P11 e P12 serão calculados considerando uma percentagem em custo de cada tipo de material utilizado no projeto/edifício em avaliação.

Contexto

Na composição do custo dos materiais no portão do estaleiro, existem outras componentes que entram e que devem ser consideradas, nomeadamente a margem de lucro do fabricante e o custo relativo ao transporte dos materiais, do portão da fábrica até ao portão do estaleiro da obra.

A componente relativa a à margem de lucro de cada fabricante em cada material, é normalmente um indicador confidencial de cada fabricante, não sendo publicitado. O custo relativo ao transporte do material até ao portão do estaleiro, varia normalmente em função da distância percorrida e o peso dos materiais a transportar, e está incluído no preço de venda do material.

Portanto, podemos considerar que o custo do material no portão do estaleiro é composto pelo custo das matérias-primas, do transporte das matérias-primas, custo de transformação das matérias-primas e pelo preço do transporte do portão da fábrica até ao portão do estaleiro, enquanto, a margem de lucro do fabricante está refletido nas primeiras três componentes da composição do preço de cada material.

Como foi referido no capítulo 4 para o desenvolvimento da metodologia de avaliação MAEP-RB foi desenvolvida uma subdivisão das partes constituintes dos edifícios. A subdivisão edifício é efetuada desde o nível “edifício” até nível dos “recursos”, com a seguinte partes:

- a) Sistema: ao nível do edifício + arranjos exteriores;
- b) Subsistema: ao nível das partes do edifício, nomeadamente as fundações, a superestrutura, o envelope, interior e instalações;
- c) Elementos: ao nível dos elementos que constituem cada subsistema por exemplo, o sistema superestrutura está dividido em elementos resistentes verticais e elementos resistentes horizontais;
- d) Componentes: são as partes que constituem cada elemento do edifício, dando como exemplo, os componentes que constituem o elemento “elementos resistentes verticais” são; os pilares em betão, os pilares metálicos, pilares em pedra, pilares em madeira e as paredes resistentes em betão armado;
- e) Subcomponentes: ao nível dos materiais e dos processos que materializam cada componente, por exemplo, o componentes “ pilar em betão” é constituído por três subcomponentes, betão em pilares, cofragem em pilares, e armadura em pilares. Para cada subcomponente destes foram identificadas fichas de rendimento, através das quais são retiradas informações sobre todos os recursos necessários à sua construção, os materiais, o equipamento, a mão-de-obra, o combustível e água.

Com a subdivisão do edifício efetuada de forma estruturada até ao nível dos subcomponentes (recursos), torna-se possível a quantificação individualizada das quantidades (un. m, m², m³, kg, etc.) e a valorização (€) de cada tipo de recurso aplicado em obra. Como por exemplo, o método permite determinar a quantidade de água, de combustível, de materiais cerâmicos, de inertes, etc. Neste estudo, os custos dos materiais utilizados nas fichas de rendimento, são referentes aos custos dos materiais no portão do estaleiro da obra.

Com o conhecimento da quantidade e valor de cada tipo e material aplicado em obra, e com a adoção de uma matriz pesos (%), torna-se possível a desagregação do custo das matérias-primas, do transporte das matérias-primas, custo de transformação das matérias-primas e pelo preço do transporte do portão da fábrica até ao portão do estaleiro. Tratando-se de diferentes materiais e com matérias-primas, processos de transformação e transporte distintos, os valores percentuais de cada peso ser distintos, sendo o seu somatório igual a unidade.

Processo de cálculo

Neste trabalho adotou-se uma matriz de pesos que está integrado na base de dados da metodologia MAEP-RB. Na tabela 5.3, encontra-se representada a matriz de pesos (%) atribuída para cada um dos parâmetros, custo das matérias-primas, do transporte das matérias-primas,

custo de transformação das matérias-primas e pelo preço do transporte do portão da fábrica até ao portão do estaleiro para cada tipo de material.

Tabela 5.3

Matriz de pesos relativos dos materiais

Tipo de material	A1.1 Custo da matéria-prima / Custo do material (%)	A2.1 Custo do transporte da matéria-prima / Custo do material (%)	A3.1 Custo de transformação da matéria-prima / Custo do material (%)	A4.1 Custo de transporte dos materiais do portão da fábrica ate ao portão do estaleiro / Custo do material (%)
Água	-	-	-	-
Combustível	10	20	40	30
Mão-de-obra	-	-	-	-
Equipamento	-	-	-	-
Agregados	10	20	40	30
Cerâmicos	10	20	40	30
Ligantes	10	20	40	30
Madeira	10	20	40	30
Metálicos	10	20	40	30
Pedra natural	10	20	50	20
Pedra artificial	10	20	50	20
Blocos leves	10	20	50	20
Blocos de betão	10	20	50	20
Tintas e vernizes	10	20	50	20
Elementos pré-fabricados	10	20	50	20
Materiais auxiliares	10	20	50	20
Produtos prontos	10	20	50	20

Processo de cálculo

A determinação do valor global de cada recurso aplicado no edifício em avaliação é efetuada internamente pelo software integrado metodologia MAEP-RB, tendo em conta a base de dados do edifício em avaliação, gerada a partir do mapa de medições do edifício. Com o produto do valor global de cada recurso pelas percentagens representadas na matriz de pesos (%), relativos às matérias-primas, transporte das matérias-primas, transformação das matérias-primas e transporte do portão da fábrica até ao portão do estaleiro, obtemos os valores da solução do edifício em avaliação ($CP9_s$, $CP10_s$, $CP11_s$, $CP12_s$).

Para efeitos de *benchmarking*, analisou-se o contexto nacional no que respeita aos valores do custo construção por metro quadrado, tendo em atenção os materiais, o equipamento e a mão-de-obra definiram-se como valores de *melhor prática* ($CP9_m$, $CP10_m$, $CP11_m$, $CP12_m$) e os de *Prática convencional* ($CP9_c$, $CP10_c$, $CP11_c$, $CP12_c$) que a seguir se indicam:

Parâmetro P9 – Custo das matérias-primas

Benchmarks

Solução: CP9s = Custo das matérias-primas (calculado) €/m² de construção

Melhor prática: CP9m = 15,25 €/m² de construção

Prática convencional: CP9c = 61,00 €/m² de construção

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP9 = \frac{CP9s-CP9c}{CP9m-CP9c} = \frac{\text{Custo das matérias primas}-61,00}{15,25-61,00} \quad (5.9)$$

Parâmetro P10 – Custo do transporte das matérias-primas

Benchmarks

Solução: CP10s = Custo o transporte das matérias-primas (€/m² de construção)

Melhor prática: CP10m = 20,75 €/m² de construção

Prática convencional: CP10c = 83,00 €/m² de construção

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP10 = \frac{CP10s-CP10c}{CP10m-CP10c} = \frac{\text{Custo de transp. das matérias primas}-83,00}{20,75-83,00} \quad (5.10)$$

Parâmetro P11 – Custo de transformação das matérias-primas

Benchmarks

Solução: CP11s = Custo de transformação (calculado) (€/m² de construção)

Melhor prática: CP11m = 41,34 €/m² de construção

Prática convencional: CP11c = 165,36 €/m² de construção

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP11 = \frac{CP11s-CP11c}{CP11m-CP11c} = \frac{\text{Custo de transformação (calculado)}-165,36}{41,34-165,36} \quad (5.11)$$

Parâmetro P12 - Custo do transporte da fábrica até estaleiro

Benchmarks

Solução: CP12s = Custo do transporte da fábrica até estaleiro (€/m² de construção)

Melhor prática: CP12m = 25,50 €/m² de construção

Prática convencional: CP12c = 102,00 €/m² de construção

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP12 = \frac{CP12s-CP12c}{CP12m-CP12c} = \frac{\text{Custo do transp. da fáb. até estaleiro}-102,00}{25,50-102,00} \quad (5.12)$$

5.2.4 Parâmetros subordinados ao Indicador Económico A4.2

Pretende-se quantificar os parâmetros que permitam proceder a avaliação do indicador económico A4.2 (Custo do transporte de equipamento de e para o estaleiro das obras), pertencente à etapa de construção).

Contexto

Os custos relativos ao transporte de equipamento de construção de e para o estaleiro, estão englobados nos custos de estaleiro, desenvolvidos e calculados no indicador económico A5.4 (Custo de trabalhos temporários necessários a implantação da obra, incluindo os trabalhos fora do estaleiro). De modo que não exista dupla contabilização em nenhum dos dois indicadores (A4.2 e A5.4) serão atribuídas percentagens complementares cada uma dos indicadores a aplicar sobre o total dos custos de estaleiro.

Processo de cálculo

Como se compreenderá os custos relativos ao transporte de equipamento corresponderão a uma pequena percentagem (2,50 %) do valor global do custo do estaleiro. Os transportes de maior custo processam-se essencialmente na montagem e desmontagem do estaleiro e são relativos a (gruas, centrais de betão, alojamentos e etc.) e não se repetem ao longos de todo o período de construção. No indicador económico A5.4 encontra-se desenvolvido toda a estrutura de custo que contribui para o custo global do estaleiro e ai compreender-se-á melhor a atribuição de 97.50% para os restantes custos de estaleiro.

O valor de CP13_s, resultado do edifício em avaliação é obtido pela multiplicação dos custos de estaleiro por 2,50%.

Para efeitos de *benchmarking*, analisou-se o contexto nacional no que respeita aos valores do custo do transporte do equipamento de e para o estaleiro e definiu-se como valor de *Melhor prática* (CP13_m) e o de *Prática convencional* (CP13_c) que a seguir se indicam:

Parâmetro P13 - Custo do transporte de equipamento de e para o estaleiro das obras

Benchmarks

Solução: CP13_s = Custo do estaleiro x 2,5% (€/m² de construção)

Melhor prática: CP13_m = 1,24 (€/m² de construção)

Prática convencional: CP13_c = 4,95 (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP13 = \frac{CP13_s - CP13_c}{CP13_m - CP13_c} = \frac{0,025 * \text{Custo do estaleiro} - 4,95}{1,24 - 4,95} \quad (5.13)$$

5.2.5 Parâmetros subordinados aos indicadores económicos A5.1

Pretende-se apresentar e quantificar os parâmetros que permitam proceder a avaliação do indicador económico A5.1. (Custos com arranjos exteriores e obras de paisagismo). Os parâmetros a quantificar são:

- P14 – Custo do movimento de terras;
- P15 – Custo das estruturas de suporte e vedação;
- P16 – Custo das pavimentações exteriores;
- P17 – Custo das redes hidráulicas (pluviais, sistema de rega e lavagem);

- e) P18 – Custo das redes iluminação exterior;
- f) P19 – Custo do equipamento de lazer;
- g) P20 – Custo das obras de paisagismo (sementeiras e plantações).

Contexto

Associado à construção de edifícios estão sempre obras de arranjos exteriores com maior ou menor dimensão, nomeadamente obras de suporte, pavimentações, redes hidráulicas, redes de iluminação, equipamentos de lazer e obra de paisagismo.

As características topográficas e geológicas do terreno de construção e a solução de implantação do edifício definida no projeto de arquitetura, são alguns dos fatores influenciam o tipo e a quantidade dos arranjos exteriores a executar. Em função das quantidades, os custos variam em função dos materiais selecionados.

Processo de cálculo

Os elementos necessários a quantificação dos valores ($CP14_s$, $CP15_s$, $CP16_s$, $CP17_s$, $CP18_s$, $CP19_s$, $CP20_s$) constam na base de dados do edifício em avaliação. Foram gerados pela “Entrada de dados” software da metodologia MAEP-RB, após a introdução dos dados constantes no mapa de medições. O cálculo de cada um destes parâmetros é efetuado pelo software “IND_A5_1” pela leitura da base de dados do edifício em avaliação.

Para efeitos de *benchmarking*, analisou-se o contexto nacional no que respeita aos valores do custo dos arranjos exteriores por metro quadrado de construção e definiram-se como valores de *Melhor prática* ($CP14_m$, $CP15_m$, $CP16_m$, $CP17_m$, $CP18_m$, $CP19_m$, $CP20_m$) e os de *Prática convencional* ($CP14_o$, $CP15_o$, $CP16_o$, $CP17_o$, $CP18_o$, $CP19_o$, $CP20_o$) que a seguir se indicam:

P14 – Custo do movimento de terras

Benchmarks

Solução: $CP14_s$ = Custo do movimento de terras (calculado) (€/m² de construção)
 Melhor prática: $CP14_m$ = 3,41 (€/m² de construção)
 Prática convencional: $CP14_c$ = 13,65 (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP14 = \frac{CP14_s - CP14_c}{CP14_m - CP14_c} = \frac{\text{Custo do moviment de terras} - 13,65}{3,41 - 13,65} \quad (5.14)$$

P15 – Custo das estruturas de suporte e vedação

Benchmarks

Solução: $CP15_s$ = Custo estrutura de suporte e vedação (€/m² de construção)
 Melhor prática: $CP15_m$ = 6,99 (€/m² de construção)
 Prática convencional: $CP15_c$ = 27,95 (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado} \quad CnP15 = \frac{CP15s-CP15c}{CP15m-CP15c} = \frac{\text{Custo das estruturas de suporte} - 27,95}{6,99-27,95} \quad (5.15)$$

P16 – Custo das pavimentações exteriores

Benchmarks

Solução: $CP16_s =$ Custo das pavimentações exteriores (€/m² de construção)

Melhor prática: $CP16_m = 6,15$ (€/m² de construção)

Prática convencional: $CP16_c = 24,58$ (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado} \quad CnP16 = \frac{CP16s-CP16c}{CP16m-CP16c} = \frac{\text{Custo das pavimentações exteriores} - 24,58}{6,15-24,58} \quad (5.16)$$

P17 – Custo das redes hidráulicas (pluviais, sistema de rega e lavagem)

Benchmarks

Solução: $CP17_s =$ Custo das redes hidráulicas (€/m² de construção)

Melhor prática: $CP17_m = 2,84$ (€/m² de construção)

Prática convencional: $CP17_c = 11,36$ (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado} \quad CnP17 = \frac{CP17s-CP17c}{CP17m-CP17c} = \frac{\text{Custo das redes hidráulicas} - 11,36}{2,84 - 11,36} \quad (5.17)$$

P18 – Custo das redes iluminação exterior

Benchmarks

Solução: $CP18_s =$ Custo das redes elétricas (€/m² de construção)

Melhor prática: $CP18_m = 2,09$ (€/m² de construção)

Prática convencional: $CP18_c = 8,36$ (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado} \quad CnP18 = \frac{CP18s-CP18c}{CP18m-CP18c} = \frac{\text{Custo das redes elétricas} - 8,36}{2,09 - 8,36} \quad (5.18)$$

P19 – Custo do equipamento de lazer

Benchmarks

Solução: $CP19_s =$ Custo dos equipamentos de lazer (€/m² de construção)

Melhor prática: $CP19_m = 3,14$ (€/m² de construção)

Prática convencional: $CP19_c = 12,54$ (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado} \quad CnP19 = \frac{CP19s-CP19c}{CP19m-CP19c} = \frac{\text{Custo dos equipamentos de lazer} - 12,54}{3,14- 12,54} \quad (5.19)$$

P20 – Custo das obras de paisagismo (sementeiras e plantações).

Benchmarks

Solução: $CP20_s =$ Custo das sementeiras e plantações (€/m² de construção)

Melhor prática: $CP20_m = 2,71$ (€/m² de construção)

Prática convencional: $CP20_c = 10,85$ (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP20 = \frac{CP20_s - CP20_c}{CP20_m - CP20_c} = \frac{\text{Custo das sementeiras e plantações} - 10,85}{2,71 - 10,85} \quad (5.20)$$

5.2.6 Parâmetros subordinados aos indicadores económicos A5.2

Pretende-se quantificar os parâmetros que permitam proceder a avaliação do indicador económico A5.2. (Custo de armazenamento dos materiais e produtos), pertencente à etapa de construção. O parâmetro a quantificar é o P21 – Custo do armazenamento dos materiais e produtos.

Contexto

Normalmente, para o sector comercial de venda a retalho de materiais ou produtos, pode-se definir a missão de armazenamento como o compromisso entre os custos e a melhor solução para as empresas. Na prática isto só é possível se tiver em conta todos os fatores que influenciam os custos de armazenamento, bem como a importância relativa dos mesmos. O armazenamento é constituído por um conjunto de funções de receção, descarga, carregamento, arrumação e conservação dos materiais, produtos acabados ou semiacabados. É um subsistema responsável pela gestão física dos stocks compreendendo as atividades de guarda, preservação, embalagem, receção e expedição de material, segundo determinadas normas e métodos de armazenamento, como por exemplo; rotatividade de materiais; volume e peso; ordem de entrada/saída; valor e acondicionamento e embalagem. Os produtos têm como destino final serem transacionados.

Numa obra, os materiais ou produtos de construção chegam ao estaleiro de forma programada e não são transacionados mas, sim, transformados ou aplicados na obra. No setor da construção civil existe um longo período de tempo, em que decorre o processo de construção, onde os materiais e os produtos são transformados em partes constituintes do edifício. Neste setor de atividade não se transaciona materiais ou produtos, mas sim um “complexo material compósito”, que é um edifício de habitação.

Não se espera que os materiais e produtos que chegam ao estaleiro da obra tenham um grande período de repouso no mesmo. O planeamento e a gestão do aprovisionamento dos materiais são efetuados de forma continua, em função das necessidades para a realização de cada tarefa, garantindo a quantidade mínima de materiais. A grande variação do tipo de material (cimento, inertes, aço, cerâmico, madeira, etc.) necessário em cada “instante” da etapa do processo de construção é outro aspeto que diferencia este sector dos restantes.

Os estaleiros temporários ou móveis, geralmente designados simplesmente por "estaleiros", são definidos como os locais onde se efetuam trabalhos de construção de edifícios, assim como as

atividades de apoio direto aos mesmos trabalhos. O Decreto-Lei n.º 273/2003, de 29 de Outubro, procede à revisão da regulamentação das condições de segurança e de saúde no trabalho em estaleiros temporários ou móveis. No artigo 8º prevê como obrigações dos empregadores do seguinte (Decreto-Lei n.º 273/2003, de 29 de Outubro);

- a) Manter o estaleiro em boa ordem e em estado de salubridade adequado;
- b) Garantir as condições de acesso, deslocação e circulação necessárias à segurança de todos os postos de trabalho no estaleiro;
- c) Garantir a correta movimentação dos materiais;
- d) Efetuar a manutenção e o controlo das instalações e dos equipamentos antes da sua entrada em funcionamento e com intervalos regulares durante a laboração;
- e) Delimitar e organizar as zonas de armazenagem de materiais, em especial de substâncias perigosas;
- f) Recolher, em condições de segurança, os materiais perigosos utilizados;
- g) Armazenar, eliminar ou evacuar resíduos e escombros;
- h) Determinar e adaptar, em função da evolução do estaleiro, o tempo efetivo a consagrar aos diferentes tipos de trabalho ou fases do trabalho;
- i) Cooperar na articulação dos trabalhos por si desenvolvidos com outras atividades desenvolvidas no local ou no meio envolvente.

Como foi referido anteriormente, são muitos tipos os materiais que são aplicados em cada momento do processo de construtivo. Poderíamos classificar os materiais, pelo custo, pelas quantidades consumidas em obra, pelo tempo de existência no estaleiro, pela densidade, pelo volume, pela possibilidade de obsolescência, etc. Existem materiais, em que o tempo de existência e permanência no estaleiro é transversal desde a fase das fundações até a fase de acabamentos, como por exemplo os inertes e o cimento, enquanto outros permanecem curtos espaços de tempo e são imediatamente aplicados em obra em função do sistema construtivo utilizado, convencional ou industrializado.

Outro fator importante que condiciona a existência e o respetivo tempo de permanência no estaleiro de obra é tipo de estrutura do edifício. Poderá ser uma estrutura de betão armado, metálica, madeira ou em alvenaria. Cada tipo de estrutura exige fluxos de materiais diferentes ao longo do processo de construção.

Processo de cálculo

O custo de armazenamento dos materiais num estaleiro de obra (C_{armaz}) será estimado por aplicação de uma percentagem (T_{armaz}) sobre o custo global (quantidades x custo unitário) de cada tipo de material utilizado (C_{tm_i}), corrigido, por coeficientes de tempo de permanência que cada tipo de material coexiste em obra (C_{pe_i}), e de condições de armazenamento exigidas por cada tipo de material (C_{ca_i}).

Calculado pela equação:

$$C_{armaz} = T_{armaz} * (\sum_i^n C_{tm_i} * C_{pe_i} * C_{ca_i}) \quad (5.21)$$

Sendo: n – número de materiais; C_{armaz} – Custos de armazenamento (€); T_{armaz} – Taxa de armazenamento = 5%; Ctm_i – Custo global de cada tipo de material (€); Cpe_i – Coeficiente de permanência no estaleiro para cada tipo de material; Cca_i – Coeficiente de condições de armazenamento de cada tipo de material.

Como já foi referido anteriormente, a subdivisão do edifício efetuada de forma estruturada até ao nível dos subcomponentes, tornou possível a quantificação dos custos de cada tipo de material ou produto aplicado em obra, obtendo assim o valor (Ctm_i).

O valor do coeficiente de permanência do estaleiro para cada tipo de material (Cpe_i) varia conforme o tipo de estrutura resistente do edifício se é de betão armado, madeira, metálica ou de alvenaria. Para cada tipo de estrutura foi idealizado uma programação de utilização de cada tipo de material em cada uma das partes do edifício consideradas no desenvolvimento da metodologia MAEP-RB, nomeadamente nas fundações, superestrutura, envelope, e no interior e instalações.

Nos quadros seguintes apresentam-se as distribuições da permanência temporal de cada tipo de material em estaleiro para uma estrutura em betão armado tabela 5.4, madeira tabela 5.5, metálica tabela 5.6 ou de alvenaria tabela 5.7. O coeficiente Cpe_i é obtido pelo cociente do somatório de cada linha correspondente a cada material pelo valor 20. Por exemplo a água é um material com permanência contínua em estaleiro e por isso o Cpe_i é igual a unidade.

Na determinação dos valores do parâmetro P21 é utilizado o software “IND_A5_2” que utiliza a base de dados do edifício avaliado e os coeficientes necessários a aplicação da equação (5.21).

Tabela 5.4

Estimativa do coeficiente de permanência Cpe_i em edifícios com estrutura de betão

Tempo (Meses)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Cpe_i	
% Temporal	10%		20%				25%					45%										
% Por mês	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
Partes edifício	Fund.		Superestrutura				Envelope					Interior e instalações										
Água	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00	
Combustível	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00	
Agregados	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				0,85	
Cerâmico			1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1				0,65	
Ligantes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				0,85	
Madeira	1	1	1	1	1	1													1	1	1	0,45
Metálicos	1	1	1	1	1	1	1												1	1		0,50
Pedra natural								1	1	1							1	1	1	1		0,35
Pedra artificial								1	1	1							1	1	1	1		0,35
Blocos leves							1	1	1	1	1	1	1	1	1							0,50
Blocos betão			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							0,70
Tintas/Vernizes	1	1	1	1								1	1	1	1	1	1	1	1	1		0,85
Pré-fabricados			1	1	1	1	1										1	1	1	1		1,00
Prod. auxiliares	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1,00
Prod. prontos																1	1	1	1	1		0,25

Tabela 5.5

Estimativa do coeficiente de permanência C_{pe} , em edifícios com estrutura de madeira

Tempo (Meses)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	C_{pe}	
% Temporal	10%		20%				25%				45%											
% Por mês	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
Partes edifício	Fund.	Superestrutura					Envelope					Interior e instalações										
Água	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00
Combustível	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00
Agregados	1	1	1									1	1			1	1					0,35
Cerâmico		1	1												1	1	1					0,25
Ligantes	1	1	1											1	1	1	1					0,35
Madeira		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,95
Metálicos	1	1	1															1	1	1		0,30
Pedra natural								1	1	1								1	1	1	1	0,35
Pedra artificial								1	1	1								1	1	1	1	0,35
Blocos leves												1	1	1	1	1						0,25
Blocos betão	1	1												1	1	1						0,25
Tintas/Vernizes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00
Pré-fabricados			1	1	1	1	1										1	1	1	1		0,45
Prod. auxiliares	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00
Prod. prontos							1	1	1							1	1	1	1	1		0,40

Tabela 5.6

Estimativa do coeficiente de permanência C_{pe} , em edifícios com estrutura metálica

Tempo (Meses)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	C_{pe}	
% Temporal	10%		20%				25%				45%											
% Por mês	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
Partes edifício	Fund.	Superestrutura					Envelope					Interior e instalações										
Água	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00
Combustível	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00
Agregados	1	1	1									1	1			1	1					0,35
Cerâmico		1	1												1	1	1					0,25
Ligantes	1	1	1											1	1	1	1					0,35
Madeira	1	1								1	1					1	1	1	1	1		0,35
Metálicos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	0,90
Pedra natural								1	1	1								1	1	1	1	0,35
Pedra artificial								1	1	1								1	1	1	1	0,35
Blocos leves												1	1	1	1	1						0,25
Blocos betão	1	1												1	1	1						0,25
Tintas/Vernizes	1	1									1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,60
Pré-fabricados			1	1	1	1	1										1	1	1	1		0,45
Prod. auxiliares	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00
Prod. prontos							1	1	1							1	1	1	1	1		0,40

As tabelas 5.4, 5.5, 5.6 e 5.7 apresentadas não são exaustivas quanto aos recursos utilizados na construção de edifícios. Outros materiais podem ser incluídos. Seguindo a metodologia de cálculo apresentado, os valores do coeficiente C_{pe} de um novo material pode ser determinado.

Tabela 5.7Estimativa do coeficiente de permanência C_{pe} , em edifícios com estrutura em alvenaria

Tempo (Meses)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	C_{pe}	
% Temporal	10%		20%				25%					45%										
% Por mês	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
Partes edifício	Fund.	Superestrutura					Envelope					Interior e instalações										
Água	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00	
Combustível	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00	
Agregados	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				0,85	
Cerâmico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				0,85	
Ligantes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				0,85	
Madeira	1	1	1	1	1											1	1	1	1	1	0,50	
Metálicos	1	1																		1	1	0,20
Pedra natural								1	1	1								1	1	1	1	0,35
Pedra artificial								1	1	1								1	1	1	1	0,35
Blocos leves												1	1	1	1	1						0,25
Blocos betão	1	1												1	1	1						0,25
Tintas/Vernizes	1	1									1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,60
Pré-fabricados						1	1											1	1	1	1	0,30
Prod. auxiliares	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00
Prod. prontos							1	1	1							1	1	1	1	1	1	0,40

Cada tipo de material ou produto exige condições próprias de armazenamento e consequentemente desigualdade nos custos de armazenamento. Para o cálculo do coeficiente (C_{ca_i}), considerou-se 5 classes de condições de armazenamento, sendo a classe 1 a que comporta menos custos e a classe 5 a que comporta mais custos de armazenamento. As classes consideradas por ordem crescente são; exterior, exterior-base plana, cubas-jerricans, silos e armazém. Os resultados obtidos para edifícios com estrutura de betão encontram-se representados na tabela 5.8.

Tabela 5.8Estimativa C_{ca_i} para cada tipo de armazenamento

Tipo de armazenamento	Tipo de custo	C_{ca_i}
Exterior	1	0,616
Exterior base plana	2	0,856
Cuba	3	0,936
Silos	4	0,976
Armazém	5	1,000

Com base nos resultados de " C_{ca_i} " apresentados na tabela 5.8 e atendendo ao tipo de materiais, definiram-se os respetivos coeficientes " C_{ca_i} " (ver tabela 5.9).

No âmbito deste trabalho, estes foram os valores possíveis de obter tendo em conta a indisponibilidade de dados existentes e de tempo. Com um maior histórico de dados sobre custos de armazenagem observados em estaleiros de obras e com análises de um número suficientemente grande de "cronogramas de trabalhos" de obras com vários tipos de estruturas

seria possível estimar com maior fiabilidade os coeficiente “ C_{pe_i} ” e “ C_{ca_i} ”, assim como o valor da “ T_{armaz} ”, de valor constante e igual a 5% do valor de cada tipo de material e portanto independente do tipo de estrutura resistente utilizada no edifício.

Tabela 5.9

Estimativa C_{ca_i} para cada tipo de material

Material	Tipo de armazenamento	Tipo de custo	C_{ca_i}
Água	Cuba	3	0,936
Combustível	Cuba	3	0,936
Agregados	Silos	4	0,976
Cerâmico	Exterior base plana	2	0,856
Ligantes	Armazém	5	1,000
Madeira	Armazém	5	1,000
Metálicos	Exterior	1	0,616
Pedra natural	Exterior base plana	2	0,856
Pedra artificial	Exterior base plana	2	0,856
Blocos leves	Exterior base plana	2	0,856
Blocos betão	Exterior base plana	2	0,856
Tintas/Vernizes	Armazém	5	1,000
Pré-fabricados	Exterior base plana	2	0,856
Produtos auxiliares	Armazém	5	1,000
Produtos prontos	Exterior base plana	2	0,856

O valor de $CP21_s$ relativo ao custo armazenamento dos materiais/produtos do edifício em avaliação é calculado utilizando a equação 5.21 integrada no software “IND_A5_2” da metodologia MAEP-RB, com leitura da base de dados do edifício em avaliação.

Para efeitos de *benchmarks*, definiu-se como valor de *Melhor prática* ($CP21_m$) e o de *Prática convencional* ($CP21_c$) que a seguir se indicam:

P21 – Custo do armazenamento dos materiais e produtos

Benchmarks

Solução: $CP21_s$ = Custo de armazenamento (€/m² de construção)

Melhor prática: $CP21_m$ = 1,01 (€/m² de construção)

Prática convencional: $CP21_c$ = 4,05 (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP21 = \frac{CP21_s - CP21_c}{CP21_m - CP21_c} = \frac{\text{Custo de armazenamento (calculado)} - 4,05}{1,01 - 4,05} \quad (5.22)$$

5.2.7 Parâmetros subordinados aos indicadores económicos A5.3

Pretende-se quantificar os parâmetros que permitam proceder a avaliação do indicador económico A5.3. (Custo do transporte dos materiais dentro do estaleiro), pertencente à etapa de construção. O parâmetro a quantificar é o P22 – Custo do equipamento relacionados com a realização dos subcomponentes.

Contexto

Os diversos materiais ou produtos armazenados no estaleiro da obra podem ser movimentados dentro do mesmo por vários tipos de equipamentos, função do material (peso, volume e fragilidade) e do tipo translação a efetuar, horizontal (distância a percorrer) ou vertical (altura de elevação).

Os Materiais destinados à transformação e produção de outros produtos, por exemplo agregados e ligantes, são movimentados antes e depois de serem transformados, enquanto, os produtos que chegam ao estaleiro prontos ou semi-prontos geralmente são deslocados para o local de aplicação.

As estruturas de custos na construção civil é a forma de organizar os custos das empresas de construção para que os orçamentos possam refletir esses custos com maior rigor. Sendo habitualmente diferenciados em três tipos de custos (Faria, 2014):

- a) Custos diretos, tudo o que é diretamente imputável às obras e em particular às respectivas tarefas (tijolos, pedreiro, carpinteiro, equipamentos, etc.);
- b) Custos indiretos, são os custos associados à vida da empresa e que não são diretamente imputáveis às obras (salários de pessoal do escritório, administração, custos com a sede, etc.);
- c) Custos de estaleiro, são os custos imputáveis a uma dada obra particular mas que não podem ser imputadas às tarefas do orçamento (eletricidade, água, aluguer de edifícios de apoio, salários de pessoal de chefia, vedações, vias de comunicação provisórias, equipamentos não imputados aos custos diretos, etc.).

Os custos relativos ao equipamento disponível num estaleiro e numa determinada obra podem ser atribuídos aos custos diretos, indiretos ou aos dois em simultâneo se conforme se verificarem as seguintes condições (Faria, 2014):

- a) Se os equipamentos realizam trabalhos bem definidos ou se os custos variáveis são os mais significativos deve fazer-se a atribuição de custos aos custos diretos. Possível, desde que o equipamento esteja exclusiva e diretamente associado à execução de trabalhos específicos mas, tem como inconveniente a necessidade de calcular os custos médios por unidade de tempo para cada trabalho em que o equipamento intervém;
- b) Se os custos fixos são dominantes ou os encargos com o equipamento são de valor pequeno em relação ao custo total do trabalho a realizar, deve atribuir-se o custo do equipamento aos custos de estaleiro. Em geral em Portugal as empresas atribuem os custos de equipamentos que realizam mais de uma tarefa do orçamento sempre ao estaleiro (gruas, centrais de betão, oficinas de cofragem e armaduras, elevadores de obra, andaimes, plataformas elevatórias, ...), tendo como inconveniente a difícil comparação de custos entre métodos de produção com equipamentos alternativos, mas a vantagem de permitir calcular com facilidade a influência do custo dos equipamentos no custo total da obra;
- c) Se os custos fixos e os variáveis são da mesma ordem de grandeza ou o equipamento contribuir para a execução simultânea de trabalhos de natureza muito diferente, devem atribuir-se os respetivos custos fixos aos custos de estaleiro e os variáveis aos custos

diretos. Dificulta a realização imediata de estudos técnico-económicos comparativos mas é prático e mais preciso do que os anteriores.

Processo de cálculo

Neste trabalho os custos com equipamento em geral são atribuídos aos custos de estaleiro que serão desenvolvidos no indicador económico A5.4 (Custos de trabalhos temporários necessários à implantação da obra, incluindo os trabalhos fora do estaleiro). No indicador económico A5.3 (Custo do transporte de materiais dentro do estaleiro), serão atribuídos os custos de transporte dentro do estaleiro relacionados com realização dos subcomponentes do edifício e quantificados nas fichas de rendimentos das tarefas que materializam cada componente do edifício, como por exemplo o “dumper”. A informação relativa ao equipamento utilizado na construção do edifício em avaliação, encontra-se na base de dados do edifício. Com a utilização do software “IND_A5_3” é determinado o valor ($CP22_s$) que corresponde ao custo do equipamento necessário à realização das tarefas necessárias a construção. Para efeitos de *benchmarking*, definiu-se como valor de *melhor prática* ($CP22_m$) e o de *Prática convencional* ($CP22_c$) que a seguir se indicam:

Benchmarks

Solução: $CP22_s$ = Custo do equipamento dentro do estaleiro (€/m² de construção)
Melhor prática: $CP22_m$ = 1,46 (€/m² de construção)
Prática convencional: $CP22_c$ = 5,82 (€/m² de construção)

Normalização

Valor normalizado $CnP22 = \frac{CP22_s - CP22_c}{CP22_m - CP22_c} = \frac{\text{Custo do equipamento de transporte} - 5,82}{1,46 - 5,82}$ (5.23)

5.2.8 Parâmetros subordinados aos indicadores económicos A5.4

Pretende-se quantificar os parâmetros que permitam proceder à avaliação do indicador económico A5.4. (Custo dos trabalhos temporários necessários à implantação da obra incluindo os trabalhos fora do estaleiro), pertencente à etapa de construção. O parâmetro a quantificar é o P23 – Custo do estaleiro.

Contexto

Conforme já de referiu na descrição dos custos do indicador económico A5.3, os custos nas empresas de construção civil são organizados por estruturas de custos, sendo habitualmente diferenciados por custos diretos, indiretos e de estaleiro.

Os custos de estaleiro são as despesas que não são imputáveis separadamente a determinadas atividades ou tarefas específicas, e contribuem para a montagem, manutenção ou desmontagem do estaleiro da obra e os encargos relacionados com a equipa de obra. Na construção de edifícios, os custos de estaleiro podem, em geral ser discriminados da seguinte forma:

- a) Custos de Montagem de estaleiro:
 - Plataformas, acessos e vedação (abertura ou melhoramento de acessos à obra, criação de plataformas de trabalho e vedação da obra);
 - Infraestruturas provisórias (despesas com o estabelecimento de redes de água, esgotos, eletricidade ou telefone, para o funcionamento e serviço do estaleiro);

- Montagem de instalações de estaleiro (portaria, escritório, ferramentarias, dormitórios, refeitórios, instalações sanitárias, oficinas, telheiros para recolha de materiais, etc.) incluindo transportes para a obra;
 - Montagem de equipamento (gruas, centrais de betão, britadora, etc.) incluindo transportes para a obra;
 - Manutenção do estaleiro.
- b) Custo da Mão-de-obra:
- Pessoal técnico e administrativo (diretor de obra, controladores, preparadores de obra, apontador, etc.);
 - Chefia (encarregados, capatazes);
 - Ferramenteiros;
 - Manobreadores (do equipamento não direto como gruas, centrais, betoneiras, dumpers, etc., e cujo custo não esteja incluído no respetivo aluguer);
 - Mecânicos e eletricitas;
 - Pessoal específico para cargas, descargas, arrumações e limpezas do estaleiro;
 - Cozinheiros e ajudantes;
 - Guardas do estaleiro;
 - Enfermeiros, etc.;
- c) Custo do aluguer de equipamento;
- Aluguer de instalações quando desmontáveis, como pré – fabricados, módulos, etc.;
 - Aluguer de equipamento produtivo como gruas, britadores, centrais de betão, geradores, dumpers, guinchos, etc.;
 - Aluguer de equipamento ligeiro como vibradores, bombas, escadas, carros-de-mão, baldes, etc.;
 - Aluguer de mobiliário de escritório, camas, mesas, cadeiras, fogões, frigoríficos, etc.;
 - Aluguer de viaturas;
- d) Despesas gerais do estaleiro;
- Consumos de água, eletricidade e combustível do equipamento não direto;
 - Despesas com telecomunicações;
 - Seguros, taxas, impostos;
 - Outras despesas correntes.
- e) Custo da desmontagem do estaleiro;
- Desmontagem do equipamento e instalações do estaleiro;
 - Arranjo final da zona dos trabalhos.

Compreender-se-á que quantificação das medições e dos custos de estaleiro são muito subjetivas, dependendo de uma grande quantidade de trabalhos a realizar de difícil quantificação. Os elementos base de medição para a obtenção dos custos de estaleiro dependem pois da empresa construtora, dos processos de construção, do equipamento disponível e do seu prazo de

utilização, etc. Por este motivo, apenas depois de executado o plano de estaleiro bem como a programação da obra, se podem calcular com maior rigor os custos do estaleiro.

Em situações correntes de estaleiros de construção de edifícios, a percentagem de custos de estaleiro varia entre 5% e 25% dos custos diretos (Miranda & Guterres, 2012) e em (Rodrigues, 2013) 12,5%. Esta percentagem varia essencialmente com quatro fatores:

O primeiro fator é a distância entre a obra e o estaleiro central da empresa, que quanto maior for:

- a) Maior número de pessoal deslocado e portanto mais instalações sociais (dormitórios ou estadias, instalações sanitárias, cozinha, refeitório);
- b) Maior quantidade de equipamento em obra por impossibilidade de deslocação rápida;
- c) Recurso a aluguer local de equipamento corrente, em detrimento de equipamento da própria empresa.

O segundo fator é a fase do processo construtivo:

- a) Obras de execução de contenções periféricas e de estruturas necessitam de equipamento pesado e como tal apresentam um custo mais avultado;
- b) Obras de acabamentos não necessitam de equipamento pesado.

O terceiro fator depende do tipo de estrutura do edifício;

- a) Estrutura em betão armado, metálica, madeira ou alvenaria;
- b) Índice de pré-fabricação dos elementos e componentes do edifício.

O quarto fator depende do local da obra;

- a) Acessibilidades;
- b) Espaço disponível.

Processo de cálculo

Como já foi referido a metodologia MAEP-RB para cada edifício em avaliação constrói uma base de dados estruturada baseada na subdivisão do edifício até ao nível dos subcomponentes. Torna assim possível a valorização (€) de cada tipo de material ou produto aplicado em obra (Ctm_i), obtendo assim o somatório dos custos de todos os materiais m_i . O somatório de todos os custos de cada tipo de material ou produto (Ctm_i) dar-nos-á o valor dos custos diretos.

Como foi referido anteriormente, são muitos os fatores que dificultam a quantificação dos custos de estaleiro. Correntemente de modo a ultrapassar estas dificuldades, considera-se uma percentagem que 5% a 25% dos valor dos custos diretos que são calculados com exatidão. Para além da dependência dos custos diretos, existem outros fatores que também são responsáveis pela formação do custo de estaleiro, nomeadamente o tipo de estrutura do edifício (betão armado, metálico, madeira ou alvenaria) e o grau de industrialização dos elementos e componentes que constituem as partes do edifício.

Neste trabalho o custo de estaleiro (*Cestaleiro*) foi determinado por aplicação de uma percentagem (*Testaleiro*) sobre o somatório dos custos diretos ($Ctmi$) corrigido, por um coeficiente de industrialização dos elementos, componentes e/ou subcomponentes dos edifícios (*Cind*). Calculado pela seguinte equação (5.24):

$$Cestaleiro = K * Testaleiro * (\sum_i^n Ctmi) * Cind \quad (5.24)$$

Sendo:

Cestaleiro: Custo do estaleiro (€);

K= 0,91: Taxa de redução devido a percentagens do custo do estaleiro já contemplados em outros parâmetros (no P13 foi atribuído 2.5%, no P28 foi atribuído 5% e no P29 foi atribuído 1.5%);

Ctmi: Custo direto de cada tipo de material/produto (€);

Testaleiro: Taxa de estaleiro considerada = 12,50 %;

Cind: Coeficiente e industrialização dos elementos componentes e subcomponentes dos edifícios.

Sabbatini (1989) classifica os processos construtivos e atribui um índice de produtividade I_p (homem/hora por metro quadrado de construção) a cada um da seguinte forma:

- a) Tradicionais ($I_p \geq 40$ HH/m²), processos baseados na produção artesanal, com uso predominantemente de mão-de-obra do homem, ou seja, baixa mecanização (produção essencialmente manual), com elevados desperdícios de mão-de-obra, material e tempo, dispersão e subjetividade nas decisões, descontinuidade e fragmentação da obra;
- b) Racionalizados (20 HH/m² $\leq I_p < 40$ HH/m²), processos nos quais as técnicas organizacionais utilizadas nas indústrias são utilizadas na construção, sem que resultem mudanças radicais nos métodos de produção em uso, ou seja, utilização de processos que congregam princípios de planeamento e controle tendo como objetivo principal eliminar desperdícios de mão-de-obra e materiais, aumentar a produtividade, planear o fluxo de produção e centralizar e programar as decisões;
- c) Industrializados ($I_p < 20$ HH/m²), processos baseados no uso intensivo de componentes e elementos produzidos em instalações fixas e acoplados no estaleiro. Utilizam preponderantemente as técnicas industriais de produção, transporte e montagem. Para a integração do todo submete-se aos princípios organizacionais da indústria estacionária.

O grau de industrialização dos elementos e componentes do edifício está diretamente relacionado com os processos construtivos utilizados e conseqüentemente relacionados com o respetivo índice de produtividade.

O índice de produtividade (I_p) é obtido pelo cociente entre o número de horas de homem necessárias à construção e a área total de construção. Como a metodologia MAEP_RB subdivide o edifício até ao nível dos recursos, possibilita quantificar o número de horas homem necessárias para a construção de cada edifício em avaliação. Conhecido o número de horas total, determina-se o índice de produtividade I_p (HH/m²) do edifício em avaliação.

Conhecido o valor de (I_p), o valor do coeficiente de correção "*Cind*" foi calculado tendo em conta a classificação proposta por Sabbatini (1989) que relaciona o índice de produtividade I_p com grau de industrialização. Seria igual a 1 para o processo construtivo convencional e para processo construtivo racionalizado (semi-industrializado) e industrializado foi obtido de forma percentual,

respetivamente (35/45) e (20/45). Os valores de “Cind” encontram-se representados na tabela 5.10

Tabela 5.10

Coeficientes de industrialização (Cind)

Processo Construtivo	Índice de Produtividade Ip (HH/m ²)	Ip adotado (HH/m ²)	Coeficiente de industrialização (Cind)
Tradicional	Ip ≥ 40	45	1
Racionalizado	20 ≤ Ip < 40	35	0,78
Industrializado	Ip < 20	20	0,44

P23 – Custo do estaleiro.

Benchmarks

Solução: CP23_s = Cestaleiro (calculado) (€/m² de construção)

Melhor prática: CP23_m = 17,59 (€/m² de construção)

Prática convencional: CP23_c = 70,34 (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP23 = \frac{CP23_s - CP23_p}{CP23_m - CP23_p} = \frac{\text{Cestaleiro (calculado)} - 70,34}{17,59 - 70,34} \quad (5.25)$$

5.2.9 Parâmetros subordinados aos indicadores económicos A5.5

Pretende-se quantificar os parâmetros que permitam proceder a avaliação do indicador económico A5.5. (Produção e transformação de um produto dentro do estaleiro), pertencente à etapa de construção. Os parâmetros a quantificar são:

- a) P24 – Custo da mão-de-obra;
- b) P25 – Custo de equipamento;
- c) P26 – Custo de combustível;
- d) P27 – Custo da água;

Os parâmetros considerados na avaliação deste indicador são essencialmente, os custos com água, com combustível, com equipamento e com a mão-de-obra necessários à produção e à transformação dos materiais em obra.

Contexto

Os materiais ou produtos quando chegados ao portão do estaleiro da obra, são já portadores de uma história de custos, já identificados nos requisitos económicos A1.1, A2.1, A3.1 e A4.1. Estes mesmos materiais/produtos, poderão passar por mais um processo de produção/transformação ou pela simples aplicação em obra, designados neste trabalho por “prontos a aplicar” e quantificados em A5.7. Para a produção e transformação destes materiais/produtos em estaleiro são necessários, mão-de-obra, equipamento, combustível e água. Os custos energia elétrica no processo de produção e transformação de materiais/produtos no estaleiro de obra deveria ser

mais um parâmetro a considerar no cálculo do requisito económico A5.5. Dado que as fichas de rendimento (LNEC) (Manso, et al., 2013) que serviram de base à construção da base de dados geral da metodologia MAEP-RB, contemplam apenas como energia os combustíveis (gasolina e gasóleo) utilizados nos equipamentos de produção e transformação dos materiais, não individualizando o consumo de energia elétrica. Neste trabalho os custos de energia elétrica necessários à transformação de materiais e a aplicação de produtos estão incluídos nos custos de estaleiro já tratados em A5.4.

Processo de cálculo

A quantificação dos custos $CP24_s$, $CP25_s$, $CP26_s$, $CP27_s$ dos respetivos parâmetros, mão-de-obra, equipamento, água e combustível é efetuada pela quantificação e valorização dos recursos necessários à construção do edifício em avaliação com a utilização do software integrado na metodologia “IND_A5_5”. Não são incluídos os custos da mão-de-obra e do equipamento relativos a aplicação dos “produtos prontos” que serão quantificados respetivamente nos parâmetros P30 e P31 do indicador económico A5.7.

Para efeito de benchmarking, tendo em atenção o contexto português, definiu-se os valores de Melhor prática e Prática convencional que a seguir se indicam:

P24 – Custo da mão-de-obra

Benchmarks

Solução: $CP24_s$ = Custo da mão-de-obra (€/m² de construção)
 Melhor prática: $CP24_m$ = 32,57 (€/m² de construção)
 Prática convencional: $CP24_c$ = 130,26 (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP24 = \frac{CP24_s - CP24_c}{CP24_m - CP24_c} = \frac{\text{Custo da mão de obra} - 130,26}{32,57 - 130,26} \quad (5.26)$$

P25 – Custo de equipamento

Benchmarks

Solução: $CP25_s$ = Custo do equipamento (€/m² de construção)
 Melhor prática: $CP25_m$ = 4,59 (€/m² de construção)
 Prática convencional: $CP25_c$ = 18,35 (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP25 = \frac{CP25_s - CP25_c}{CP25_m - CP25_c} = \frac{\text{Custo do equipamento} - 18,35}{4,59 - 18,35} \quad (5.27)$$

P26 – Custo de combustível

Benchmarks

Solução: $CP26_s$ = Custo do combustível (€/m² de construção)
 Melhor prática: $CP26_m$ = 3,34 (€/m² de construção)

Prática convencional: $CP26_c = 13,35$ (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP26 = \frac{CP26_s - CP26_c}{CP26_m - CP26_c} = \frac{\text{Custo dos combustíveis} - 13,35}{3,34 - 13,35} \quad (5.28)$$

P27 – Custo da água

Benchmarks

Solução: $CP27_s =$ Custo da água (€/m² de construção)

Melhor prática: $CP27_m = 1,58$ (€/m² de construção)

Prática convencional: $CP27_c = 6,30$ (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP27 = \frac{CP27_s - CP27_c}{CP27_m - CP27_c} = \frac{\text{Custo da água} - 6,30}{1,58 - 6,30} \quad (5.29)$$

5.2.10 Parâmetros subordinados aos indicadores económicos A5.6

Pretende-se quantificar os parâmetros que permitam proceder a avaliação do indicador económico A5.6. (Custos de aquecimento, arrefecimento, ventilação e controle de humidade no processo de construção), pertencente à etapa de construção. Os parâmetros a quantificar são:

- a) P28 – Custo do equipamento;
- b) P29 – Custo de eletricidade.

Contexto

Os parâmetros considerados na avaliação deste indicador são, os custos do equipamento e de consumo de energia elétrica, incluídos nas “custos de estaleiro” contabilizados no indicador económico A5.4 (Custo dos trabalhos temporários necessários à implantação da obra, incluindo os trabalhos fora do estaleiro).

Processo de cálculo

Para o cálculo do parâmetro P28 (Custo do equipamento) foi considerado uma percentagem de 5% dos custos de estaleiros. Para o cálculo dos custos da eletricidade consumida pelo equipamento (parâmetro P29), foi considerado que os custos com a eletricidade total correspondem a 2,5% das despesas gerais dos estaleiros e que 60% do consumo de energia elétrica correspondem a consumos de eletricidade de equipamento de aquecimento, arrefecimento, ventilação e controlo de humidade no processo de construção, correspondendo assim à uma percentagem de 1,5% das despesas gerais de estaleiro.

Para efeitos de Benchmarking, definiram-se os seguintes valores:

P28 – Custo do equipamento;

Benchmarks

Solução: $CP28_s = 0,05 * \text{Custo dos estaleiros}$ (€/m² de construção)

Melhor prática: CP28_m = 1,53 (€/m² de construção)

Prática convencional: CP28_c = 6,10 (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP28 = \frac{CP28s - CP28c}{CP28m - CP28c} = \frac{0,05 * \text{Custo do estaleiro} - 6,10}{1,53 - 6,10} \quad (5.30)$$

P29 – Custo de eletricidade.

Benchmarks

Solução: CP29_s = 0,025 * 0,60 * Custo dos estaleiros (€/m² de construção)

Melhor prática: CP29_m = 0,47 (€/m² de construção)

Prática convencional: CP29_c = 1,87 (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP29 = \frac{CP29s - CP29c}{CP29m - CP29c} = \frac{0,025 * 0,60 * \text{Custo do estaleiro} - 1,87}{0,47 - 1,87} \quad (5.31)$$

5.2.11 Parâmetros subordinados aos indicadores económicos A5.7

Pretende-se quantificar os parâmetros que permitam proceder a avaliação do indicador económico A5.7. (Custos da instalação de produtos dentro da edificação), pertencente à etapa de construção. Os parâmetros a quantificar são:

- a) P30 – Custo da mão-de-obra;
- b) P31 – Custo de equipamento;
- c) P32 – Custo de materiais auxiliares.

Contexto

No desenvolvimento desta metodologia definiu-se como materiais/produtos "pronto a aplicar", os que chegam ao estaleiro de obra e não sofrem nenhuma transformação e são aplicados diretamente no edifício, utilizando como recursos a mão-de-obra, o equipamento e os materiais auxiliares.

As quantidades de materiais/produtos "pronto a aplicar" num edifício varia com o índice de industrialização do sistema construtivo utilizado. Se estivermos perante um sistema construtivo industrializado grande parte dos elementos e dos componentes do edifício chegam ao estaleiro prontos a aplicar.

Processo de cálculo

A base de dados do edifício em avaliação gerada pela metodologia MAEP-RB contém toda a informação sobre os recursos necessários à construção do edifício. Nesta base de dados, cada tarefa necessária à construção de uma subcomponente do edifício é subdividida em recursos e é-lhe associado um código que identifica o subcomponente na hierarquia de divisão das camadas do edifício, por exemplo "INSTALACOES_RD_RA_PPA". Neste código as últimas três letras "PPA" referenciam os produtos prontos a aplicar.

Com auxílio do software “IND_A5_7” integrado na metodologia, determinam-se os valores da mão-de-obra ($CP30_s$), o equipamento ($CP31_s$) e os materiais auxiliares ($CP32_s$) relativos à aplicação dos produtos prontos a aplicar não quantificados nos parâmetros do indicador económico A5.5.

Para efeitos de benchmarking definiram-se os seguintes valores:

P30 – Custo da mão-de-obra

Benchmarks

Solução: $CP30_s$ = Custo da mão-de-obra (calculado) (€/m² de construção)

Melhor prática: $CP30_m$ = 5,33 (€/m² de construção)

Prática convencional: $CP30_c$ = 21,30 (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP30 = \frac{CP30_s - CP30_c}{CP30_m - CP30_c} = \frac{\text{Custo da mão de obra} - 21,30}{5,33 - 21,30} \quad (5.32)$$

P31 – Custo de equipamento

Benchmarks

Solução: $CP31_s$ = Custo do equipamento (calculado) (€/m² de construção)

Melhor prática: $CP31_m$ = 0,96 (€/m² de construção)

Prática convencional: $CP31_c$ = 3,85 (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP31 = \frac{CP31_s - CP31_c}{CP31_m - CP31_c} = \frac{\text{Custo do equipamento} - 3,85}{0,96 - 3,85} \quad (5.33)$$

P32 – Custo de materiais auxiliares

Benchmarks

Solução: $CP32_s$ = Custo das materiais auxiliares (calculado) (€/m² de construção)

Melhor prática: $CP32_m$ = 0,26 (€/m² de construção)

Prática convencional: $CP32_c$ = 1,05 (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP32 = \frac{CP32_s - CP32_c}{CP32_m - CP32_c} = \frac{\text{Custo dos materiais auxiliares} - 1,05}{0,26 - 1,05} \quad (5.34)$$

5.2.12 Parâmetros subordinados aos indicadores económicos A5.8

Pretende-se quantificar os parâmetros que permitam proceder a avaliação do indicador económico A5.8. (Custo da água utilizada para refrigeração e limpeza de máquinas no estaleiro) pertencentes à etapa de construção. Avaliação do parâmetro P33 (Custo da água de refrigeração e limpeza).

Contexto

Durante o processo de construção de um edifício existem consumos de água dentro do estaleiro de obra para lavagem dos equipamentos e recintos, arrefecimento de máquinas, higiene consumo dos funcionários, testes e ensaios de redes e reservatórios, procedimentos de cura de superfícies de estruturas de betão armado, etc. A água consumida nestas tarefas é transversal a todos os trabalhos, sendo o seu custo normalmente considerado um custo de estaleiro.

Processo de cálculo

A estrutura da metodologia MAEP-RB, possibilita-nos a quantificação individualizada da água no processo de produção e transformação de todos os materiais e produtos necessários a materialização do edifício/projeto em avaliação. Os custos relativos ao consumo de água utilizada na transformação dos materiais em estaleiro foram já descritos anteriormente no indicador económico A5.5. Nesta dissertação definiu-se que este indicador económico seria avaliado considerando uma percentagem de 18% sobre o valor da água utilizada na produção e transformação de produtos dentro do estaleiro. Procurou-se assim, garantir que o valor determinado fosse dependente do valor global da água consumida em estaleiro na transformação dos materiais e do tempo do processo de construção.

Para efeitos de benchmarking definiram-se os seguintes valores:

P33 - Custo da água de refrigeração e limpeza

Benchmarks

Solução: $CP33_s$ = Custo da água de refrigeração e limpeza (€/m² de construção)
 Melhor prática: $CP33_m$ = 0,68 (€/m² de construção)
 Prática convencional: $CP33_c$ = 2,73 (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP33 = \frac{CP33_s - CP33_c}{CP33_m - CP33_c} = \frac{0.18 * \text{Custo da água util. na produção} - 2,73}{0,68 - 2,73} \quad (5.35)$$

5.2.13 Parâmetros subordinados aos indicadores económicos A5.9

Pretende-se quantificar os parâmetros que permitam proceder a avaliação do indicador económico A.5.9 (Gestão dos resíduos gerados no estaleiro durante o processo de construção) pertencentes à etapa de construção. Os parâmetros a quantificar são:

- a) P34 – Custo da triagem dos RCD (Resíduos da construção e demolição);
- b) P35 – Custo de acondicionamento dos RCD;
- c) P36 – Valor das taxas.

Contexto

O sector da construção civil é responsável por uma parte muito significativa dos resíduos gerados em Portugal, situação comum à generalidade dos demais Estados membros da União Europeia em que se estima uma produção anual global de 100 milhões de toneladas de resíduos de construção e demolição (RCD). Para além das quantidades muito significativas que lhe estão associadas, o fluxo de resíduos apresenta outras particularidades que dificultam a sua gestão, de entre as quais

avulta a sua constituição heterogénea com frações de dimensões variadas e diferentes níveis de perigosidade (Decreto-Lei n.º 46/2008 de 12 de Março).

A indústria da construção constitui um dos maiores e mais ativos setores em toda a Europa, representando 28,5% e 7,0% do emprego, respetivamente, na indústria e em toda a economia europeia (EUROSTAT, 2010). O peso dessa atividade reflete-se também no nível ambiental, pois consome mais matérias-primas e energia do que qualquer outra atividade económica e produz a maioria dos resíduos gerados em todo o espaço comunitário.

Os Resíduos da construção e demolição (RCD) têm uma constituição heterogênea, sendo compostos de frações de diversas dimensões. A fração com maior volume é a dos materiais inertes, variando entre 40% e 85% do volume total de resíduos, quando não são contabilizados os solos de escavação (EUROSTAT, 2010), sendo o betão e os materiais cerâmicos a principal fonte de material inerte. Devido à natureza inerte dos RCD, não lhes é dada tanta importância, apesar de representarem grandes volumes, como acontece no caso dos resíduos sólidos urbanos (Cochran, 2007). No entanto, nos últimos anos, tem sido dada mais atenção a esse fluxo de resíduos, devido ao surgimento de questões relacionadas com eventuais impactos ambientais e com o potencial de reciclagem de componentes dos RCD.

O enquadramento legislativo relativo aos RCD tem vindo a ser progressivamente implementado e aperfeiçoado, primeiro com o Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro, que estabelece o quadro jurídico relativo ao regime geral de gestão de resíduos, e recentemente pelo Decreto-Lei n.º 46/2008 de 12 de Março, específico para o sector da construção, que regula a gestão de resíduos de construção e demolição (RCD). Esta legislação visa criar condições para a implementação de medidas de prevenção e reciclagem de RCD mas carece de instrumentos que acelerem o desenvolvimento de um sector tão tradicional como o da construção.

O diploma, bem como o Código dos Contratos Públicos (CCP), pelo Decreto-Lei n.º 18/2008, de 29 de Janeiro, e o Regime Jurídico da Urbanização e da Edificação (RJUE), pelo Decreto-Lei n.º 26/2010, de 30 de Março, vêm instituir na construção a obrigatoriedade da gestão de resíduos resultantes de obras ou demolições de edifícios ou de derrocadas compreendendo a prevenção, reutilização, operações de recolha, transporte, armazenagem, triagem, tratamento, valorização e eliminação. O CCP, exige a execução de um plano de prevenção e gestão de resíduos de construção e demolição (PPG), para obras públicas. O cumprimento é verificado através de vistoria e é condição da receção da obra (Decreto-Lei 18/2008, de 29 de Janeiro de 2008).

No caso de obras particulares, o RJUE define que o cumprimento legal da gestão de RCD deve ser efetuado em obras de urbanização ou de edificação. A não realização de limpeza e respectiva gestão de resíduos condicionam a emissão do alvará de autorização de utilização ou a receção provisória das obras de urbanização. Este diploma salvaguarda o disposto no Decreto-Lei n.º 46/2008, constitui uma das condições fixadas pela entidade licenciadora, a observar na execução da obra (Decreto-Lei 26/2010 de 30 de Março).

O Decreto-Lei. N.º 46/2008 de 12 de Março vem estabelecer a obrigatoriedade da gestão de resíduos resultantes de obras ou demolições de edifícios ou derrocadas, compreendendo a preservação, operações de recolha, transporte, armazenagem, triagem, tratamento, valorização e eliminação. Reforça a responsabilidade dos intervenientes no ciclo de vida dos resíduos.

A Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março, adota para o normativo nacional a Lista Europeia de Resíduos (LER), em conformidade com a Decisão n.º 2000/532/CE, da Comissão, de 3 de Maio, alterada pelas Decisões n.º 2001/118/CE, da Comissão, de 16 de Janeiro, 2001/119/CE, da Comissão, de 22 de Janeiro, e 2001/573/CE, do Conselho, de 23 de Julho, que assegura a caracterização e classificação de resíduos, provenientes de vários sectores de atividade, ao mesmo tempo enumera as operações de valorização e de eliminação de resíduos.

O material residual designado de RCD tem uma constituição heterogénea, sendo composto por frações de diversas dimensões, que podem apresentar elementos como, por exemplo: betão e argamassas; materiais cerâmicos; madeiras; metais; plásticos diversos; vidros; papel e cartão; tintas e colas; materiais betuminosos; e solos. A composição dos RCD vai variar, entre outros fatores, com o tipo, fase do processo de construção e com os materiais, equipamentos e processos utilizados na construção.

A fração mais importante dos RCD é a dos materiais inertes, representando esta mais de 50% do volume total de resíduos (quando não são contabilizados os solos de escavação e as lamas de dragagem e perfuração, esta fração é geralmente superior a 80%). O betão e os materiais cerâmicos são a principal fonte de material inerte, embora também se possam encontrar pedras, vidros e metais. O betão como resíduo pode aparecer de duas formas – como betão armado em elementos estruturais do edifício, tendo aço incorporado na sua constituição, e como betão simples, em fundações e pavimentos. É na atividade de demolição que os resíduos de betão são mais significativos. Os tijolos, telhas, azulejos e porcelanas são os principais materiais cerâmicos encontrados nos RCD. Estes vêm geralmente partidos e misturados com argamassas à base de cimento e cal. Segundo Pereira (Pereira, 2002), os materiais cerâmicos constituem cerca de 50% do material utilizado na construção de edifícios. A grande porção de vidro encontrada nos edifícios é utilizada em janelas exteriores. Os metais, dos quais se destacam o ferro e o aço, são largamente utilizados na construção, nomeadamente nas estruturas. Enquanto resíduos, os metais são gerados essencialmente durante a demolição, visto que, durante a obra, o material utilizado é pré-fabricado e, portanto, feito com a medida necessária, gerando assim poucos resíduos (Ruivo & Veiga, 2004).

Para além dos materiais inertes, também são correntes na construção a madeira, os plásticos, os materiais betuminosos, o papel e o cartão. A madeira assume maior relevância na fase de construção, servindo essencialmente para a execução de cofragens. Pode-se encontrar também em quantidade razoável em demolições de edifícios antigos com a estrutura em madeira. Elementos como caixilhos de janelas, portas, divisórias e outros acessórios também podem ser encontrados como resíduos. A origem do papel e cartão como RCD está relacionada com as embalagens dos materiais e equipamentos instalados na obra. Como tal, a parte mais significativa do volume destes resíduos provém dos trabalhos de construção, sendo o seu peso, no total dos resíduos de demolição, pouco significativo (Carvalho, 2001). Os principais plásticos utilizados na construção são o polietileno (PE), o cloreto de polivinilo (PVC) e o poliestireno (PS). Estes três tipos de plástico são termoplásticos e têm a vantagem de ser recicláveis. Aparecem na construção como embalagens e películas aderentes, condutas de água e de esgoto, e isolamentos. Os materiais betuminosos mais utilizados na construção são o asfalto, as emulsões betuminosas e as telas betuminosas. A principal utilização do asfalto surge na pavimentação de estradas, onde é

utilizado como material aglutinante para as partículas de agregados, enquanto as emulsões e telas betuminosas são aplicadas em muros de suporte, caves e coberturas como material de impermeabilização, devido às suas características hidrófugas.

Existem diversos materiais na construção que são considerados perigosos, pelo que devem ser processados e transportados com especial cuidado e separados dos restantes RCD. A contaminação dos RCD com estes materiais inviabiliza uma posterior reutilização, passando a totalidade dos resíduos contaminados a ser considerada como resíduos perigosos. Para além dos materiais que já são considerados perigosos só por si, existem aqueles que se obtêm pela reunião de componentes perigosos (colas, revestimentos, selantes) e os que se tornam perigosos pela ação do meio onde permaneceram durante anos (contendo agentes poluentes). No caso de edifícios antigos, existe maior probabilidade da existência de materiais perigosos, tais como o amianto, clorofluorocarbonetos (CFC's) e poli-clorobifenilos (PCB's), do que em novos edifícios, uma vez que o controlo destes materiais tem vindo a intensificar-se. Outros materiais perigosos, ou potencialmente perigosos devido às suas características, que se podem encontrar como resíduos numa obra são: algumas tintas e materiais de revestimento; resinas; aditivos para betão à base de solventes; produtos químicos impermeabilizantes; emulsões à base de alcatrão; chumbo; madeira tratada; placas de gesso cartonado; embalagens contaminadas com restos de materiais perigosos; botijas de gás vazias, utilizadas nas operações de corte e soldadura; e equipamentos elétricos com componentes tóxicos.

Os crescentes problemas, associados à produção de resíduos, levaram a UE à necessidade de repensar toda a sua política de gestão destes. Para tornar essa gestão mais eficaz, considerou-se importante a existência de uma correta caracterização dos resíduos através de critérios de classificação análogos a todos os países membros. A introdução do Catálogo Europeu de Resíduos (CER), e mais tarde da Lista Europeia de Resíduos (LER), veio revelar-se determinante neste aspeto. A LER divide os resíduos em 20 capítulos e, para além de classificar um maior número de resíduos do que o CER, contém os resíduos considerados perigosos devidamente assinalados.

Na LER, os RCD são representados no capítulo 17 que, para além dos resíduos de construção e demolição, inclui os solos escavados de locais contaminados. No entanto, devido à enorme diversidade de materiais utilizados pela indústria de construção, este sector tem de classificar os seus resíduos em vários subcapítulos. A tabela 5.11 apresenta alguns capítulos e subcapítulos em que os vários resíduos produzidos pela atividade de construção podem ser incluídos.

Existem muitas formas de efetuar uma estimativa dos RCD gerados em obra. Por exemplo, na Holanda, (Bossink & Brouwers, 1996) concluíram que a quantidade de material de construção comprado que acaba como resíduo no local de construção varia entre 1% e 10% (por peso), sendo a quantidade média de 9%. No Brasil, a taxa de perda na atividade de construção é de 20% a 30% do peso total de materiais no estaleiro (Pinto & Agopayan, 1994). No Reino Unido, o British Research Establishment (2010) desenvolveu um método de quantificação dos RCD produzidos ao nível da obra, o SMARTWasteTM. Essa ferramenta disponibiliza valores de referência que permitem estimar a quantidade de RCD gerados em projetos de nova construção. Os dados utilizados para produzir essas estimativas são retirados de projetos inseridos no sistema SMARTWasteTM. O método utilizado por Maña (Maña, et al., 2000), na Espanha, permite obter o volume, por unidade de área, de resíduos gerados na atividade de nova construção e demolição

de edifícios. Os resíduos de construção são estimados para três fases construtivas distintas: estrutura, execução de alvenaria e acabamento. Os resíduos de demolição são calculados em função do tipo de construção: edifícios residenciais com estrutura em alvenaria ou betão armado, e edifícios industriais com estrutura em alvenaria. Para produzir esses indicadores, foram acompanhadas várias obras na região da Catalunha.

Tabela 5.11

Lista europeia de resíduos – Resíduos (RCD)

Código LER	
17 01	Betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos:
17 01 01	Betão
17 01 02	Tijolos
17 01 03	Ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos
17 01 06	Misturas ou frações separadas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos contendo substâncias perigosas
17 01 07	Misturas ou frações separadas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos não abrangidos em 17 01 06
17 02	Madeira vidro e plástico:
17 02 01	Madeira
17 02 02	Vidro.
17 02 03	Plástico.
17 02 04	Vidro, plástico e madeira contendo ou contaminado com substâncias perigosas
17 03	Misturas betuminosas, alcatrão e produtos de alcatrão:
17 03 02	Misturas betuminosas.
17 04	Metais (incluindo Ligas):
17 04 07	Mistura de Metais.
17 05	Solos
17 05 03	Solos e rochas contendo substâncias perigosas.
17 05 04	Solos e rochas não abrangidos em 17 05 03.
17 06	Materiais de isolamento e materiais de construção contendo amianto:
17 06 01	Materiais de isolamento contendo amianto.
17 06 03	Outros materiais de isolamento contendo ou constituídos por substâncias perigosas.
17 06 04	Materiais de isolamento não abrangidos em 17 06 01 e 17 06 03
17 06 05	Materiais de construção contendo amianto
17 08	Materiais de construção à base de gesso:
17 08 01	Materiais de construção à base de gesso contaminados com substâncias perigosas
17 08 02	Materiais de construção à base de gesso não abrangidos em 17 08 01
17 09	Outros resíduos de construção e demolição:
17 09 01	Resíduos de construção e demolição contendo mercúrio
17 09 02	Resíduos de construção e demolição contendo PCB
17 09 03	Outros resíduos de construção e demolição (incluindo misturas de resíduos) contendo substâncias perigosas.
17 09 04	Mistura de resíduos de construção e demolição não abrangidos em 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03.

Processo de cálculo

A gestão de resíduos é entendida como o conjunto das atividades de carácter técnico, administrativas e financeiras necessárias à deposição, recolha, transporte, tratamento, valorização e eliminação dos resíduos, incluindo o planeamento e a fiscalização dessas operações, bem como a monitorização dos locais de destino final, depois de se proceder ao seu encerramento. É essencial que estas atividades se processem de forma ambientalmente correta e por agentes devidamente autorizados ou registados para o efeito estando proibidas a realização de operações de tratamento de resíduos não licenciadas.

Segundo a legislação em vigor, Decreto-Lei n.º 46/2008 de 12 de Março, é da responsabilidade da entidade executante garantir a existência de um sistema de acondicionamento adequado que permita a gestão seletiva dos RCD, e executar os pressupostos no Plano de Prevenção e Gestão (PPG) de resíduos de construção e demolição. Deve ainda assegurar a existência de uma metodologia de triagem em obra, ou, nos casos em que tal não seja possível, o seu encaminhamento para operador de gestão licenciado.

Os resíduos devem ser triados, sempre que possível, em diferentes fileiras de materiais, tendo em vista a potencial reutilização ou reciclagem. Identificam-se alguns exemplos de fileiras de resíduos de betão, misturas de betão e tijolo, materiais cerâmicos e ladrilhos, madeira, metais, plástico, papel e cartão, vidro, resíduos perigosos (Godinho, 2011)

A separação dos resíduos deve iniciar na frente de obra, à medida que vão sendo produzidos, através da segregação de vários materiais. Estes serão colocados nas zonas de acondicionamento de resíduos, que deverão estar disponíveis no estaleiro numa zona denominada Parque de Resíduos. Este deverá estar localizado em zonas visíveis e fácil acesso, para possibilitar o seu uso correto. No entanto, sempre que possível, deverão ser colocados contentores, ou outros meios, junto ao local de segregação do resíduo para evitar a mistura de resíduos.

Existem, alguns resíduos que por vezes são acondicionados a granel nas frentes de obra para posterior transporte para o local de armazenamento, como por exemplo, os resíduos de ferro e aço, resíduos inertes (betão, misturas de betão e tijolo, materiais cerâmicos, ladrilhos, etc.).

Os meios de acondicionamento, que podem ser disponibilizados, em obra para segregar e efetuar a triagem dos RCD, variam mediante a natureza de cada fileira de resíduos. Para o acondicionamento de resíduos tais como madeira, inertes, metais, plástico, papel e cartão, pode-se utilizar os contentores metálicos, cujo volume poderá variar consoante a quantidade do resíduo a produzir. Salienta-se que, os resíduos de madeira, inertes, metais, por vezes também são acondicionados a granel. No caso de existir pouca quantidade de resíduos, pode-se utilizar os Eco bag, ou seja uma bateria de big bag's para resíduos sólidos seletivos tendo em conta as suas características, por exemplo para inertes, plástico, papel e cartão, materiais de isolamento, entre outros, o acondicionamento de papel. As cubas de 1000 litros, são utilizados para resíduos de óleos ou águas oleosas em pequena quantidade. Os bidões de 200 litros, podem ser utilizados para acondicionamento de embalagens contaminadas, absorventes contaminados, ou terras contaminadas provenientes de recolha do material absorvente colocado em caso de derrame.

Após a triagem efetuada em obra, procede-se à solicitação de troca de contentores, que permite a expedição dos resíduos da obra para o parque de armazenamento de resíduos do operador de gestão licenciado. Os resíduos são recolhidos e transportados por operador licenciado, autorizado a transportar resíduos, nos termos da alínea b) do nº 1 do Ponto 2º da Portaria n.º 335/97 de 16 de Maio, relativa ao transporte de resíduos. É prática comum no sector da construção civil, contratar operadores de gestão de resíduos que efetuam as operações de recolha e transporte de resíduos para as suas instalações e posteriormente reencaminham para destino final (Godinho, 2011).

O operador de gestão, no prazo máximo de 30 dias após a receção dos RCD, nas suas instalações, procede à emissão e entrega de um certificado de receção, conforme disposto no artigo 16.º do Decreto-Lei n.º 46/2008, de 12 de Março. Deste deve constar, um campo com os dados da entidade que emite o certificado, seguido da identificação do produtor/detentor dos RCD e dos dados do transportador. Deve ainda, incluir a classificação dos RCD de acordo com a Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março (lista europeia de resíduos), quantificação dos RCD e identificação da operação de valorização ou de eliminação destes. Por último a data da emissão do certificado, o período a que se refere e assinatura do emissor do mesmo, conforme Anexo III, do decreto-lei atrás referido.

Processo de cálculo

A metodologia MAEP-RB determina individualmente as quantidades de materiais comprados e necessários para a construção do edifício em avaliação. Diferente fração da quantidade de cada material comprado é transformado em resíduos RCD durante o processo construtivo, sendo necessário proceder à triagem, ao acondicionamento, ao transporte e ao respetivo pagamento de taxas.

Os custos associados aos parâmetros P34, P35 e P36 foram determinados com utilização de software “IND_A5_9” integrado na metodologia MAEP-RB, tendo sido desenvolvido com os seguintes procedimentos de cálculo:

- a) Quantifica os volumes (m^3) de cada tipo de material utilizado na construção do edifício em avaliação;
- b) Atribui-se a cada tipo de material, percentagens indicadoras da fração do material comprado e transformado em resíduos (RCD), durante o processo de construção do edifício;
- c) Atribui-se custos para a triagem de cada material por unidade de volume, tendo em consideração a especificidade de cada material ($€/m^3$);
- d) Atribui-se custos para o acondicionamento de cada material por unidade de volume, tendo em consideração a especificidade de cada material ($€/m^3$);
- e) Atribui-se custos para o transporte de cada material por unidade de volume, tendo em consideração a especificidade de cada material ($€/m^3$);
- f) Atribui-se o valor das taxas de cada material por unidade de volume, tendo em consideração a especificidade de cada material ($€/m^3$).

Os custos globais de triagem, acondicionamento, transporte e das taxas são obtidos individualmente pelo somatório dos custos relacionados com cada material, sendo os valores apresentados em €/m³ de material.

Os valores atribuídos nos cálculos dos custos referidos nas alíneas anteriores encontram-se representados na tabela 5.12. São valores estimados empiricamente, que proporcionam o início do processo iterativo de definição dos mesmos, com base em resultados obtidos da aplicação da metodologia MAEP-RB em casos concretos.

Tabela 5.12

Custos de gestão dos RCD por tipo de material

Material comprado	Material transformado em resíduo (%)	Custo de triagem (€/m ³)	Custo de acondicionamento (€/m ³)	Custo de transporte (€/m ³)	Taxas (€/m ³)
Água	-	-	-	-	-
Combustível	-	-	-	-	-
Equipamento	-	-	-	-	-
Agregados	10	0,80	0,50	10,00	5,00
Cerâmico	10	0,80	0,50	10,00	5,00
Ligantes	5	0,80	0,50	10,00	5,00
Madeira	8	0,50	0,80	10,00	5,00
Metálicos	5	0,50	0,80	10,00	5,00
Pedra natural	10	0,80	0,50	10,00	5,00
Pedra artificial	8	0,70	0,50	10,00	5,00
Blocos leves	10	0,50	0,50	10,00	5,00
Blocos betão	1	0,70	0,50	10,00	5,00
Tintas/Vernizes	0,05	1,00	0,50	10,00	5,00
Pré-fabricados	0,08	0,80	0,50	10,00	5,00
Produtos auxiliares	0,05	1,00	0,50	10,00	5,00
Produtos prontos	0,01	1,00	0,50	10,00	5,00

As entidades gestoras de sistemas de gestão de fluxos específicos de resíduos, individuais ou coletivos, de CIRVER (Centros Integrados de Recuperação, Valorização e Eliminação de Resíduos), de instalações de incineração e co-incineração de resíduos e de aterros sujeitos a licenciamento da Autoridade Nacional dos Resíduos (ANR) ou das Autoridades Regionais de Resíduos (ARR) estão obrigadas ao pagamento de uma taxa de gestão de resíduos visando compensar os custos administrativos de acompanhamento das respectivas atividades e estimular o cumprimento dos objetivos nacionais em matéria de gestão de resíduos. A taxa de gestão de resíduos possui periodicidade anual e incide sobre a quantidade de resíduos geridos pelas entidades referidas no número anterior, revestindo os seguintes valores:

- a) Um euro por tonelada de resíduos geridos pelos CIRVER e instalações de incineração e co-incineração;
- b) Dois euros por tonelada de resíduos urbanos depositados em aterro;

- c) Dois euros por tonelada de resíduos resultantes dos produtos introduzidos em mercado cuja gestão esteja a cargo de sistemas de fluxos específicos de resíduos, individuais ou coletivos, e que através destes sistemas não sejam encaminhados para reutilização, reciclagem ou valorização;
- d) Cinco euros por tonelada de resíduos inertes e resíduos industriais não perigosos depositados em aterro.

Para efeitos de benchmarking definiram-se os seguintes valores:

P34 – Custo da triagem dos RCD (Resíduos da construção e demolição)

Benchmarks

Solução: CP34_s = Custo de triagem dos RCD (calculado) (€/m² de construção)
 Melhor prática: CP34_m = 0,75 (€/m² de construção)
 Prática convencional: CP34_c = 2,98 (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP34 = \frac{CP34_s - CP34_c}{CP34_m - CP34_c} = \frac{\text{Custo da triagem dos RCD} - 2,98}{0,75 - 2,98} \quad (5.36)$$

P35 – Custo de acondicionamento dos RCD

Benchmarks

Solução: CP35_s = Custo de acondicionamento dos RCD (€/m² de construção)
 Melhor prática: CP35_m = 0,27 (€/m² de construção)
 Prática convencional: CP35_c = 1,09 (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP35 = \frac{CP35_s - CP35_c}{CP35_m - CP35_c} = \frac{\text{Custo de acondicionamento dos RCD} - 1,09}{0,27 - 1,09} \quad (5.37)$$

P36 – Valor das taxas

Benchmarks

Solução: CP36_s = Custo das taxas dos RCD (€/m² de construção)
 Melhor prática: CP36_m = 0,14 (€/m² de construção)
 Prática convencional: CP36_c = 0,55 (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP36 = \frac{CP36_s - CP36_c}{CP36_m - CP36_c} = \frac{\text{Custo das taxas RCD} - 0,55}{0,14 - 0,55} \quad (5.38)$$

5.2.14 Parâmetros subordinados aos indicadores económicos A5.10

Pretende-se quantificar os parâmetros que permitam proceder a avaliação do indicador económico A.5.10: (Custo de transporte dos resíduos RCD) pertencentes à etapa de construção. O parâmetro a quantificar é os P37: Custo de transporte

Contexto

Contextualização efetuada no ponto anterior.

Processo de cálculo

Como anteriormente referido a metodologia MAEP-RB permite determinar individualmente as quantidades de materiais utilizados na construção do edifício em avaliação e estimar os resíduos produzidos em cada tipo de material. Com o apoio do software “IND_A5_10” integrado na metodologia determina-se o custo de transporte de cada tipo de resíduo. O custo do transporte por volume (€/m³) considerado para parâmetro P37 foi de 5€ independentemente do material considerado. Como foi referido anteriormente o custo de transporte poderia ser individualizado para cada tipo de material, caso existissem valores de referência publicados. Para efeitos de benchmarking definiram-se os seguintes valores:

P37 - Custo de transporte

Benchmarks

Solução: CP37_s = Custo de transporte dos RCD (€/m² de construção)
Melhor prática: CP37_m = 0,23 (€/m² de construção)
Prática convencional: CP37_c = 0,93 (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP37 = \frac{CP37_s - CP37_c}{CP37_m - CP37_c} = \frac{\text{Custo de transporte dos RCD} - 0,93}{0,23 - 0,93} \quad (5.39)$$

5.2.15 Parâmetros subordinados aos indicadores económicos A5.11

Pretende-se quantificar os parâmetros que permitam proceder a avaliação do indicador económico A.5.11: (Custos inerentes a dotar o edifício de condições de entrega e utilização) pertencentes à etapa de construção. Os parâmetros a quantificar são:

- a) P38 – Custo do ramal de saneamento de drenagem de águas residuais domésticas;
- b) P39 – Custo do ramal de saneamento de drenagem de águas residuais pluviais;
- c) P40 – Custo do ramal de abastecimento de água;
- d) P41 – Custo do ramal de eletricidade;
- e) P42 – Custo do ramal de abastecimento de gás;
- f) P43 – Custo do ramal de telecomunicações;
- g) P44 – Custo de limpeza

Contexto

Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de Agosto, atualizou a legislação existente em matéria de sistemas públicos e prediais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais, aprovando os princípios gerais a que devem obedecer a respectiva conceção, construção e exploração e prevendo que a regulamentação técnica daqueles sistemas, bem como as respectivas normas de higiene e segurança seriam aprovadas por decreto regulamentar.

A ligação física das redes prediais à rede pública efetua-se através do ramal de ligação, o qual se considera ainda parte integrante do sistema público e a sua instalação dos ramais de ligação é da responsabilidade da entidade gestora.

No caso do serviço de abastecimento de água, os ramais de ligação correspondem ao troço de canalização desde a conduta da rede pública até ao limite da propriedade a servir, sendo o limite entre a rede pública e a rede predial estabelecido, em regra, pela válvula de seccionamento colocada na via pública, junto ao limite da propriedade.

No saneamento de águas residuais domésticas e pluviais, os ramais de ligação correspondem ao troço de canalização desde o coletor da rede pública até ao limite da propriedade a servir, sendo instalada uma câmara de ramal de ligação (CRL), em regra, junto a esse limite.

Para utilizar energia elétrica nos edifícios é necessário efetuar a ligação à rede de distribuição. Para tal, deverá requisitar ao operador da rede, uma ligação em baixa tensão a partir da qual será elaborado o correspondente orçamento. Igual procedimento é efetuado para proceder-se a ligação de gás e de telecomunicação às respetivas redes públicas.

Limpeza final de obra em edifícios inclui os trabalhos de limpeza de sujidade e pó acumulado em paramentos e caixilharias, limpeza e desinfeção de casas de banho, limpeza de vidros e caixilharias exteriores, eliminação de manchas e restos de gesso e argamassas agarrados ao pavimento e outros elementos, recolha e remoção de plásticos e cartões, tudo juntamente com os outros restos de fim de obra depositados no contentor de resíduos para transporte a vazadouro autorizado.

Processo de cálculo

Na quantificação do valor dos parâmetros (*CP38_s*, *CP39_s*, *CP40_s*, *CP41_s*, *CP42_s*, *CP43_s*, *CP44_s*) será utilizado o montante indicado pelo proprietário do imóvel e registado na “*Ficha do edifício*”. Trata-se de valores que não são em função das quantidades de recursos utilizados na construção do edifício, mas em função de outros fatores como por exemplo a capacidade disponível nas redes públicas e a distância dos pontos de ligação, estando assim sempre sujeitos a estudos de viabilidade e de orçamentação. No caso das redes hidráulicas de gestão municipal, os custos dos ramais de ligação variam em função do município onde se localiza o edifício.

Para efeitos de benchmarking definiram-se valores para a Melhor prática e para a Prática convencional, tendo em atenção custos reais observados na construção de edifícios.

A leitura e o processamento dos dados constantes na “*Ficha do edifício*”, e normalização de cada parâmetro são efetuados com recurso ao software “*IND_A5_11*” integrado na metodologia MAEP-RB.

P38 – Custo do ramal de saneamento de drenagem de águas residuais domésticas

Benchmarks

Solução: $CP38_s = \text{Custo do ramal de saneamento de drenagem de águas residuais domésticas} / \text{Área de construção (€}/m^2)$

Melhor prática: CP38_m = 0,34 (€/m² de construção)
 Prática convencional: CP38_c = 1,35 (€/m² de construção)

Normalização

Valor normalizado $CnP38 = \frac{CP38s-CP38c}{CP38m-CP38c} = \frac{\text{Custo de ramal de saneamento de ARD}-1,35}{0,34-1,35}$ (5.40)

P39 – Custo do ramal de saneamento de drenagem de águas residuais pluviais

Benchmarks

Solução: CP39_s = Custo do ramal de saneamento de drenagem de águas residuais pluviais / Área de construção (€/m²)
 Melhor prática: CP39_m = 0,33 (€/m² de construção)
 Prática convencional: CP39_c = 1,30 (€/m² de construção)

Normalização

Valor normalizado $CnP39 = \frac{CP39s-CP39c}{CP39m-CP39c} = \frac{\text{Custo de ramal de saneamento de ARP}-1,30}{0,33-1,30}$ (5.41)

P40 – Custo do ramal de abastecimento de água

Benchmarks

Solução: CP40_s = Custo do ramal de abastecimento de água / Área de construção (€/m²)
 Melhor prática: CP40_m = 0,31 (€/m² de construção)
 Prática convencional: CP40_c = 1,23 (€/m² de construção)

Normalização

Valor normalizado $CnP40 = \frac{CP40s-CP40c}{CP40m-CP40c} = \frac{\text{Custo de ramal de abaste de água}-1,23}{0,31-1,23}$ (5.42)

P41 – Custo do ramal de eletricidade

Benchmarks

Solução: CP41_s = Custo do ramal de eletricidade / Área de construção (€/m²)
 Melhor prática: CP41_m = 0,41 (€/m² de construção)
 Prática convencional: CP41_c = 1,64 (€/m² de construção)

Normalização

Valor normalizado $CnP41 = \frac{CP41s-CP41c}{CP41m-CP1c} = \frac{\text{Custo de ramal de eletricidade}-1,64}{0,41-1,64}$ (5.43)

P42 – Custo do ramal de abastecimento de gás

Benchmarks

Solução: CP42_s = Custo do ramal de abastecimento de gás / Área de construção (€/m²)

Melhor prática: CP42_m = 0,31 (€/m² de construção)
Prática convencional: CP42_c = 1,23 (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP42 = \frac{CP42s-CP42c}{CP42m-CP42c} = \frac{\text{Custo de ramal de gás}-1,23}{0,31-1,23} \quad (5.44)$$

P43 – Custo do ramal de telecomunicações

Benchmarks

Solução: CP43_s = Custo do ramal de telecomunicações/ Área de construção (€/m²)
Melhor prática: CP43_m = 0,30 (€/m² de construção)
Prática convencional: CP43_c = 1,18 (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP43 = \frac{CP43s-CP43c}{CP43m-CP43c} = \frac{\text{Custo de ramal de telecomunicações}-1,18}{0,30-1,18} \quad (5.45)$$

P44 – Custo de limpeza

Benchmarks

Solução: CP44_s = Custo de limpeza / Área de construção (€/m²)
Melhor prática: CP44_m = 0,10 (€/m² de construção)
Prática convencional: CP44_c = 0,41 (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP44 = \frac{CP44s-CP44c}{CP44m-CP44c} = \frac{\text{Custo de limpeza}-0,41}{0,10-0,41} \quad (5.46)$$

5.2.16 Parâmetros subordinados aos indicadores económicos A5.12

Pretende-se quantificar os parâmetros que permitam proceder a avaliação do indicador económico A.5.12: (Custo de honorário de profissionais relacionados com a construção) pertencentes à etapa de construção. Os parâmetros a quantificar são:

- a) P45 – Valor dos honorários da equipa de projeto;
- b) P46 – Valor dos honorários da equipa de fiscalização;
- c) P47 – Valor dos honorários do diretor técnico;
- d) P48 – Valor dos honorários da equipa de Segurança e Saúde no Trabalho.

Contexto

Um projeto pode-se definir como um conjunto de atividades, que implicam a utilização de recursos diversos, executadas para levar a cabo um determinado objetivo. Um projeto está normalmente associado a uma produção unitária, de elevado custo relativo e com um desenvolvimento limitado no tempo.

O objetivo associado a um projeto tem normalmente três vertentes: o respeito de um conjunto de especificações de natureza técnica ou legal que o projeto tem que cumprir na sua execução e no seu resultado final: a “qualidade” do projeto; respeito de um conjunto de datas-chave em que parte ou a totalidade das atividades devem estar executados: os “prazos” do projeto; o cumprimento de critérios económicos quanto à execução do projeto ou à operação do seu resultado final: os “custos” do projeto.

Durante o processo de construção de edifício outras atividades importantes para além do projeto são necessárias desenvolver para garantir o cumprimento das especificações do projeto, as condições de segurança higiene e saúde no trabalho e a gestão e o controle de obras.

O Código dos Contratos Públicos (CCP) (Decreto-Lei 18/2008, de 29 de Janeiro de 2008) não privilegia um artigo que englobe todas as funções da fiscalização de forma clara. Essas deverão ser interpretadas noutros artigos dispersos, onde é notada a participação da fiscalização têm um carácter maioritariamente de aprovação do executado pelo empreiteiro, acrescentando à sua atividade, a gestão do planeado. O artigo mais direto sobre a entidade fiscalizadora (Decreto-Lei 18/2008, de 29 de Janeiro de 2008), remete à aplicação da entidade fiscalizadora no contexto de execução do contrato (controlo/fiscalização financeira e jurídica) para avaliação de conformidades, e nos casos necessários (os de não conformidades), a fiscalização deve definir soluções e aplicar as devidas sanções. Além de desempenhar as funções regulamentadas no CCP, o diretor de fiscalização de obra sujeita-se ao cumprimento de outras tarefas que lhe sejam impostas pelo dono de obra.

A entidade fiscalizadora deve concentrar as suas funções em aspetos relacionados com o modo de execução do contrato recorrendo a inspeções aos locais de trabalho, ou averiguar registos informáticos ou contabilísticos (Decreto-Lei 18/2008, de 29 de Janeiro de 2008). Todas as ações ou alterações realizadas pela fiscalização devem ser registadas em autos, relatórios de obra, ou livro próprios (livro de obra), os quais devem ser, posteriormente, aprovados pelo dono de obra.

O cerne do trabalho realizado pela fiscalização é a verificação e controlo da execução do empreendimento com as cláusulas do caderno de encargos e com disposições legais e/ou regulamentares. Deve também, procurar cumprir sempre com o seu principal objetivo, isto é, a garantia de uma correta execução do contrato, correspondendo aos interesses do cliente e evitando os aumentos de prazos e custos.

Processo de cálculo

Na quantificação dos parâmetros (CP45_s, CP46_s, CP47_s, CP48_s) será utilizado o montante indicado pelo Dono de Obra e registado na “Ficha do edifício”. Trata-se de valores negociados e acordados entre o Dono de Obra e as respetivas equipas de profissionais. Todos os valores são apresentados em unidades monetárias (€) por metro quadrado de área de construção do edifício.

Para efeitos de *benchmarking*, a metodologia MAEP-RB com recurso ao software “IND_A5_12” efetua uma estimativa orçamental do custo da construção, multiplicando a área prevista de construção pelo custo médio de construção para efeitos de IMI publicado pela Portaria n.º 280/2014 de 30 de Dezembro (Valor publicado e atualizado todos os anos). Definiram-se valores percentuais que correspondem aos valores de referência de Melhor prática (CP45_m, CP46_m,

CP47_m, CP48_m) e à Prática convencional (CP45_c, CP46_c, CP47_c, CP48_c) depois efetuar o produto pelo valor global estimado para o custo da construção e o cociente pela área total de construção.

P45 – Valor dos honorários da equipa de projeto

Benchmarks

Solução: CP45_s = Honorários de projetos (Dono de Obra) (€/m² de construção)

Melhor prática: CP45_m = (1% * Custo de construção) / Área (€/m² de construção)

Prática convencional: CP45_c = (6% * Custo de construção) / Área (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP45 = \frac{CP45s - CP45c}{CP45m - CP45c} = \frac{(CP45s) - (0,06 * \text{Custo da construção})}{(0,01 * \text{Custo construção} - 0,06 * \text{Custo const.})} \quad (5.47)$$

P46 – Valor dos honorários da equipa de fiscalização

Benchmarks

Solução: CP46_s = Honorários de fiscalização (Dono de Obra) (€/m² de construção)

Melhor prática: CP46_m = (1% * Custo de construção) / Área (€/m² de construção)

Prática convencional: CP46_c = (5% * Custo de construção) / Área (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP46 = \frac{CP46s - CP46c}{CP46m - CP46c} = \frac{(CP46s) - (0,05 * \text{Custo da construção})}{(0,01 * \text{Custo construção} - 0,05 * \text{Custo const.})} \quad (5.48)$$

P47 – Valor dos honorários do diretor técnico

Benchmarks

Solução: CP47_s = Honorários diretor técnico (Dono do Obra) (€/m² de construção)

Melhor prática: CP47_m = (1% * Custo de construção) / Área (€/m² de construção)

Prática convencional: CP47_c = (4% * Custo de construção) / Área (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP47 = \frac{CP47s - CP47c}{CP47m - CP47c} = \frac{(CP47s) - (0,04 * \text{Custo da construção})}{(0,01 * \text{Custo construção} - 0,04 * \text{Custo const.})} \quad (5.49)$$

P48 – Valor dos honorários da equipa de Segurança e Saúde no Trabalho

Benchmarks

Solução: CP48_s = Honorários da equipa SST (Dono do Obra) (€/m² de construção)

Melhor prática: CP48_m = (1% * Custo de construção) / Área (€/m² de construção)

Prática convencional: CP48_c = (4% * Custo de construção) / Área (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP48 = \frac{CP48s - CP48c}{CP48m - CP48c} = \frac{(CP48s) - (0,04 * \text{Custo da construção})}{(0,01 * \text{Custo construção} - 0,04 * \text{Custo const.})} \quad (5.50)$$

5.2.17 Parâmetros subordinados aos indicadores económicos A5.13

Pretende-se quantificar os parâmetros que permitam proceder a avaliação do indicador económico A5.13: Custos relativos a impostos, taxas, licenças de construção e inspeções pertencentes à etapa de construção. Os parâmetros a quantificar são:

- a) P49 – Taxa de licenciamento;
- b) P50 – Taxa de licença de construção;
- c) P51 – Taxa de certificação de projeto de gás;
- d) P52 – Taxa de certificação de projeto térmico;
- e) P53 – Taxa de certificação de projeto elétrico;
- f) P54 – Taxa de certificação de projeto de segurança contra incêndio;
- g) P55 – Taxa de certificação de projeto de telecomunicações;
- h) P56 – Taxa de certificação do projeto pelo Serviço Nacional de Saúde;
- i) P57 – Taxa de certificação da rede de gás;
- j) P58 – Taxa de certificação energética;
- k) P59 – Taxa de certificação da rede elétrica;
- l) P60 – Taxa de certificação da rede de telecomunicações;
- m) P61 – Taxa de certificação das redes hidráulicas;
- n) P62 – Taxa de vistoria da ANPC;
- o) P63 – Taxa de vistoria da SNS;
- p) P64 – Taxa do IVA;

Contexto

O processo de licenciamento da construção de edifícios começa com a aprovação dos projetos de arquitetura e especialidades junto da autarquia a que pertence o local de construção. As taxas de licenciamento são fixadas pelo próprio município. Vários dos projetos de especialidades são certificados previamente pelas entidades competentes antes da entrada para licenciamento. Após a aprovação dos projetos é requerido o alvará de construção e efetuado o pagamento junto do município, podendo assim dar início a construção.

Antes de ser solicitada a licença de utilização são necessárias vistorias e certificações das redes instaladas no edifício, por entidades autorizadas.

Processo de cálculo

Na quantificação destes parâmetros serão utilizados os montantes indicados pelo proprietário do imóvel na “Ficha do edifício”.

P49 – Taxa de licenciamento

Benchmarks

Solução:	$CP49_s = \text{Taxa de licenciamento} / \text{Área de construção} (\text{€/m}^2)$
Melhor prática:	$CP49_m = 1,45 (\text{€/m}^2 \text{ de construção})$
Prática convencional:	$CP49_c = 5,80 (\text{€/m}^2 \text{ de construção})$

Normalização

$$\text{Valor normalizado} \quad CnP49 = \frac{CP49s-CP49c}{CP49m-CP49c} = \frac{\text{Tx de licenciamento}-5,80}{1,45-5,80} \quad (5.51)$$

P50 – Taxa de licença de construção

Benchmarks

Solução: $CP50_s = \text{Taxa de licença de construção} / \text{Área de construção} (\text{€/m}^2)$

Melhor prática: $CP50_m = 8,42 (\text{€/m}^2 \text{ de construção})$

Prática convencional: $CP50_c = 33,68 (\text{€/m}^2 \text{ de construção})$

Normalização

$$\text{Valor normalizado} \quad CnP50 = \frac{CP50s-CP50c}{CP50m-CP50c} = \frac{\text{Tx de licença de construção}-33,68}{8,42-33,68} \quad (5.52)$$

P51 – Taxa de certificação de projeto de gás

Benchmarks

Solução: $CP51_s = \text{Taxa de certificação de projeto de gás} / \text{Área de construção} (\text{€/m}^2)$

Melhor prática: $CP51_m = 1,05 (\text{€/m}^2 \text{ de construção})$

Prática convencional: $CP51_c = 4,20 (\text{€/m}^2 \text{ de construção})$

Normalização

$$\text{Valor normalizado} \quad CnP51 = \frac{CP51s-CP51c}{CP51m-CP51c} = \frac{\text{Tx de certificação do projeto de gás}-4,20}{1,05-4,20} \quad (5.53)$$

P52 – Taxa de certificação de projeto térmico

Benchmarks

Solução: $CP52_s = \text{Taxa de certificação de projeto térmico} / \text{Área de construção} (\text{€/m}^2)$

Melhor prática: $CP52_m = 1,59 (\text{€/m}^2 \text{ de construção})$

Prática convencional: $CP52_c = 6,35 (\text{€/m}^2 \text{ de construção})$

Normalização

$$\text{Valor normalizado} \quad CnP52 = \frac{CP52s-CP52c}{CP52m-CP52c} = \frac{\text{Tx de certificação do projeto térmico}-6,35}{1,59-6,35} \quad (5.54)$$

P53 – Taxa de certificação de projeto elétrico

Benchmarks

Solução: $CP53_s = \text{Taxa de certificação de projeto elétrico} / \text{Área de construção} (\text{€/m}^2)$

Melhor prática: $CP53_m = 1,62 (\text{€/m}^2 \text{ de construção})$

Prática convencional: $CP53_c = 6,46 (\text{€/m}^2 \text{ de construção})$

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP53 = \frac{CP53s-CP53c}{CP53m-CP53c} = \frac{\text{Tx de certificação do projeto elétrico}-6,46}{1,62-6,46} \quad (5.55)$$

P54 – Taxa de certificação de projeto de segurança contra incêndio

Benchmarks

Solução: $CP54_s = \text{Taxa de certificação de projeto de segurança contra incêndio} / \text{Área de construção (€}/m^2)$

Melhor prática: $CP54_m = 1,06 \text{ (€}/m^2 \text{ de construção)}$

Prática convencional: $CP54_c = 4,25 \text{ (€}/m^2 \text{ de construção)}$

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP54 = \frac{CP54s-CP54c}{CP54m-CP54c} = \frac{\text{Tx de certificação do projeto de SCI}-4,25}{1,06-4,25} \quad (5.56)$$

P55 – Taxa de certificação de projeto de telecomunicações

Benchmarks

Solução: $CP55_s = \text{Taxa de certificação de projeto de telecomunicações} / \text{Área de construção (€}/m^2)$

Melhor prática: $CP55_m = 1,56 \text{ (€}/m^2 \text{ de construção)}$

Prática convencional: $CP55_c = 6,25 \text{ (€}/m^2 \text{ de construção)}$

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP55 = \frac{CP55s-CP55c}{CP55m-CP55c} = \frac{\text{Tx de certif. proj. de telecomunicações}-6,25}{1,56-6,25} \quad (5.57)$$

P56 – Taxa de certificação do projeto pelo Serviço Nacional de Saúde

Benchmarks

Solução: $CP56_s = \text{Taxa de certificação do projeto pelo Serviço Nacional de Saúde} / \text{Área de construção (€}/m^2)$

Melhor prática: $CP56_m = 1,60 \text{ (€}/m^2 \text{ de construção)}$

Prática convencional: $CP56_c = 6,38 \text{ (€}/m^2 \text{ de construção)}$

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP56 = \frac{CP56s-CP56c}{CP56m-CP56c} = \frac{\text{Tx de certificação do projeto pelo SNS}-6,38}{1,60-6,38} \quad (5.58)$$

P57 – Taxa de certificação da rede de gás

Benchmarks

Solução: $CP57_s = \text{Taxa de certificação da rede de gás} / \text{Área de construção (€}/m^2)$

Melhor prática: $CP57_m = 2,56 \text{ (€}/m^2 \text{ de construção)}$

Prática convencional: $CP57_c = 10,25 \text{ (€}/m^2 \text{ de construção)}$

Normalização

$$\text{Valor normalizado} \quad CnP57 = \frac{CP57s-CP57c}{CP57m-CP57c} = \frac{\text{Tx de certificação da rede de gás}-10,25}{2,56-10,25} \quad (5.59)$$

P58 – Taxa de certificação energética;

Benchmarks

Solução: CP58_s = Taxa de certificação energética / Área de construção (€/m²)
Melhor prática: CP58_m = 6,42 (€/m² de construção)
Prática convencional: CP58_c = 25,69 (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado} \quad CnP58 = \frac{CP58s-CP58c}{CP58m-CP58c} = \frac{\text{Tx de certificação energética}-25,69}{6,42-25,69} \quad (5.60)$$

P59 – Taxa de certificação da rede elétrica

Benchmarks

Solução: CP59_s = Taxa de certificação da rede elétrica/Área de construção (€/m²)
Melhor prática: CP59_m = 4,72 (€/m² de construção)
Prática convencional: CP59_c = 18,87 (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado} \quad CnP59 = \frac{CP59s-CP59c}{CP59m-CP59c} = \frac{\text{Tx de certificação da rede elétrica}-18,87}{4,72-18,87} \quad (5.61)$$

P60 – Taxa de certificação da rede de telecomunicações

Benchmarks

Solução: CP60_s = Taxa de certificação da rede telecomunicações / Área de construção (€/m²)
Melhor prática: CP60_m = 3,36 (€/m² de construção)
Prática convencional: CP60_c = 13,45 (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado} \quad CnP60 = \frac{CP60s-CP60c}{CP60m-CP60c} = \frac{\text{Tx de certif. rede telecomunicações}-13,45}{3,36-13,45} \quad (5.62)$$

P61 – Taxa de certificação das redes hidráulicas

Benchmarks

Solução: CP61_s = Taxa de certificação das redes hidráulicas / Área de construção (€/m²)
Melhor prática: CP61_m = 2,54 (€/m² de construção)
Prática convencional: CP61_c = 10,15 (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado} \quad CnP61 = \frac{CP61s-CP61c}{CP61m-CP61c} = \frac{\text{Tx de certif. das redes hidráulicas}-10,15}{2,54-10,15} \quad (5.63)$$

P62 – Taxa de vistoria da ANPC

Benchmarks

Solução: CP62_s = Taxa de vistoria da ANPC/Área de construção (€/m²)

Melhor prática: CP62_m = 2,59 (€/m² de construção)

Prática convencional: CP62_c = 10,36 (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado} \quad CnP62 = \frac{CP62s-CP62c}{CP62m-CP62c} = \frac{\text{Tx de vistoria da ANPC}-10,36}{2,59-10,36} \quad (5.64)$$

P63 – Taxa de vistoria da SNS

Benchmarks

Solução: CP63_s = Taxa de vistoria do SNS / Área de construção (€/m²)

Melhor prática: CP63_m = 2,47 (€/m² de construção)

Prática convencional: CP63_c = 9,89 (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado} \quad CnP63 = \frac{CP63s-CP63c}{CP63m-CP63c} = \frac{\text{Tx de vistoria do SNS}-9,89}{2,47-9,89} \quad (5.65)$$

P64 – Taxa do IVA

Benchmarks

Solução: CP64_s = Taxa do IVA / Área de construção (€/m²)

Melhor prática: CP64_m = 8,92 (€/m² de construção)

Prática convencional: CP64_c = 35,68 (€/m² de construção)

Normalização

$$\text{Valor normalizado} \quad CnP64 = \frac{CP64s-CP64c}{CP64m-CP64c} = \frac{\text{Taxa do IVA}-35,68}{8,92-35,68} \quad (5.66)$$

5.2.18 Parâmetros subordinados aos indicadores económicos A5.14

Pretende-se quantificar os parâmetros que permitam proceder a avaliação do indicador económico A5.14: Valor do incentivo, pertencentes à etapa de construção. Os parâmetros a quantificar são:

- a) P65 – Valor do incentivo.

Contexto

A existência de incentivos a construção poderia ser uma forma de encorajar e desenvolver a construção de edifícios sustentáveis. Os incentivos poderiam ser concedidos, se a avaliação do projeto de um edifício, efetuado por um sistema certificado de avaliação da sustentabilidade atingisse uma classificação pré-fixada. O valor do incentivo poderia variar com a classificação obtida.

Tendo em atenção que a metodologia MAEP-RB avalia o desempenho e a sustentabilidade económica de edifício na *fase anterior à utilização*, poder-se-ia considerar a existência de incentivos que compensassem custos ocorridos nesta fase do ciclo de vida e na *etapa de pré-construção*. Ocorridos nesta etapa, porque os incentivos concedidos seriam ainda considerados na avaliação económica do projeto do edifício em avaliação. Como exemplo de incentivo sugeriria-se a devolução total ou parcial do Imposto Municipal sobre as transações onerosas de imóveis. O que significaria nesta metodologia a anulação dos custos determinados no parâmetro P2, com a consequente melhoria do desempenho e do índice de sustentabilidade do edifício.

Processo de cálculo

Na quantificação destes parâmetros serão utilizados os montantes indicados pelo proprietário do imóvel na “*Ficha do edifício*”.

P65 – Valor do incentivo

Benchmarks

Solução: $CP65_s = - \text{Valor do incentivo} / \text{Área de construção} (\text{€/m}^2)$
 Melhor prática: $CP65_m = \text{Valor do IMT calculado em P2} (\text{€/m}^2 \text{ de construção})$
 Prática convencional: $CP65_c = 0,00 (\text{€/m}^2 \text{ de construção})$

Normalização

$$\text{Valor normalizado } CnP65 = \frac{CP65_s - CP65_c}{CP65_m - CP65_c} = \frac{\text{Valor do incentivo} - 0}{\text{Valor do IMT (Calculado em CP2s)} - 0} \quad (5.67)$$

5.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

A metodologia de cálculo utilizada na quantificação individual dos 65 parâmetros da metodologia MAEP-RB é da maior importância para os resultados do desempenho económico e para a definição do índice de sustentabilidade económico do edifício em avaliação.

Existe um conjunto de parâmetros que são determinados a partir da base de dados do edifício em avaliação, gerado pelo software integrado na metodologia MAEP-RB com a informação contida numa base geral da metodologia. Logo, este conjunto de parâmetros traduz as quantidades e os custos exatos dos recursos necessários a materialização do edifício em avaliação. Num outro grupo de parâmetros, a determinação dos seus valores não se processava de forma direta a partir da base de dados do edifício, houve por vezes a necessidade de estimar e adotar empiricamente coeficientes, tendo sempre em conta na sua definição, os fatores do edifício em avaliação com os quais se correlacionavam ou influenciavam. Ainda um último grupo de parâmetros que foram

determinados diretamente a partir de informações dadas pelo Dono de Obra e registadas na “Ficha do edifício”.

A definição valores de referência (benchmarks), Melhor prática (CPI_m) e Prática convencional (CPI_c) relativos aos 65 parâmetros era imprescindível à gênese da metodologia MAEP-RB. Sem uma definição de inicial de valores de referência não seria viável a determinação do índice de sustentabilidade económica do edifício. Por esta razão e pela inexistência de valores de referência adaptados a estrutura hierárquica da metodologia, definiram-se valores de referência para cada um dos parâmetros.

A análise de custos em edifícios já construídos por processos convencionais esteve na origem da definição dos valores de referência dos parâmetros. Adotou-se uma amplitude larga entre a Melhor prática e a Prática convencional, podendo ser ajustada com a aplicação prática da metodologia desenvolvida ao contexto dos edifícios residenciais. Os valores referência definidos, podem-se considerar de “arranque” necessários para o processo de retroalimentação dos valores de referência.

CAPITULO 6

SISTEMA DE PESOS DA ESTRUTURA HIERARQUICA

6.1 INTRODUÇÃO

De acordo com os princípios gerais da sustentabilidade na construção de edifícios, descritos na ISO 15392:2008, Sustainability in building construction – General principles (ISO 15392, 2008), as três dimensões da sustentabilidade dos edifícios, ambiental, social e económica são elementos necessários numa abordagem sistemática na avaliação da sustentabilidade.

As declarações de desempenho da sustentabilidade de um edifício devem contemplar as três dimensões. Isto implica que quando se trata da avaliação da sustentabilidade de um edifício as três dimensões da sustentabilidade devem ser incluídas na avaliação do edifício. Contudo, a avaliação individual das dimensões da sustentabilidade poderá ser feita separadamente, dependendo do objetivo da avaliação (IPQ, 2014).

O conjunto de Normas Europeias elaboradas pelo CEN/TC 350 “Sustainability of construction works”, propõem um sistema para a avaliação da sustentabilidade de edifícios com base na análise do ciclo de vida (ACV). A avaliação da sustentabilidade de edifícios quantifica impactes e aspetos para avaliar o desempenho ambiental, social e económico dos edifícios, utilizando indicadores quantitativos e qualitativos, medidos sem juízo de valores, não estabelecendo valores de referência ou níveis de desempenho.

A metodologia MAEP-RB (Methodology of Assessment of Economic Performance - Residential Buildings) avalia de forma sistemática o desempenho económico de um edifício dentro do conceito sustentabilidade, com base na análise do ciclo de vida (ACV) na fase anterior à utilização, conforme as regras estabelecidas na EN 15643-4:2012 - Sustainability of construction works - Assessment of buildings Part 4: Framework for the assessment of economic performance e na EN 16627:2015 - Sustainability of construction works - Assessment of economic performance of buildings - Calculation method. Contém uma estrutura hierárquica também aplicável às fases de utilização e de fim de vida, após o desenvolvimento dos respetivos indicadores e parâmetros.

O desenvolvimento de um sistema de pesos com base no estudo da importância relativa entre parâmetros, indicadores, módulos e etapas do ciclo de vida que constituem a estrutura hierárquica da metodologia MAEP-RB e a normalização de todos os parâmetros, viabiliza a avaliação do desempenho económico expresso em unidades monetárias e a atribuição de índices de sustentabilidade económica para o edifício avaliado, com possibilidade de integração numa avaliação da sustentabilidade mais global, onde sejam consideradas as dimensões ambiental, social e económica.

A definição de ponderações numa avaliação da sustentabilidade de edifícios centra-se, portanto, na busca de um método de ponderação que ofereça solução para dois problemas distintos: primeiro, comparação entre itens medidos por unidades diferentes (ex.: consumo de recursos x cargas ambientais) e, segundo, comparação entre itens monetários e não monetários (desempenho económico x social x ambiental) (Silva, 2003).

A determinação da importância relativa entre os diferentes aspetos avaliados é um dos pontos mais críticos numa avaliação de edifícios, seja ela em termos ambientais, sociais ou económicos. Aplicar um critério de ponderação é fundamental para que o método de avaliação deixe transparecer as prioridades locais, além de agilizar o entendimento dos perfis de saída da avaliação, pois a pontuação pode ser distribuída dentro de um número limitado de itens a avaliar, organizados segundo uma hierarquia pré-definida (Silva, 2003).

Na metodologia MAEP-RB a avaliação do desempenho económico e o nível de sustentabilidade económica são obtidos por agregação dos valores parâmetros, dos indicadores, dos módulos e das etapas do ciclo de vida. Portanto o peso que se atribui a cada parâmetro da estrutura hierárquica da metodologia condiciona significativamente os resultados obtidos. Apesar de não haver dúvidas que existem alguns parâmetros que são mais importantes para a sustentabilidade económica de que outros, não existe atualmente nenhum método que permita a definição consensual do peso relativo de cada um. O sistema de pesos a adotar depende, entre outros fatores, do contexto e das prioridades locais e das diferentes opiniões dos diversos intervenientes no ciclo de vida dos edifícios.

Perante a ausência de uma base objetiva para ponderação de parâmetros de sustentabilidade, o processo de análise hierárquica (AHP), foi aplicado à estrutura hierárquica da metodologia MAEP-RB para determinação da ponderação relativa entre os parâmetros, indicadores, módulos e etapas do ciclo de vida na *fase anterior à utilização*, que será descrita nos pontos seguintes.

Neste capítulo apresenta-se a formulação e aplicação do processo de análise hierárquica AHP (Analytic Hierarchy Process) e a ferramenta AHP desenvolvida para derivação da ponderação entre os parâmetros, indicadores, módulos e etapas do ciclo de vida pertencentes à estrutura hierárquica da metodologia MAEP-RB para a definição do sistema de pesos relativos e globais para a estrutura hierárquica de atributos da metodologia MAEP-RB.

6.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE ANÁLISE HIERÁRQUICO (AHP)

6.2.1 Bases para o uso AHP

As ferramentas de avaliação de sustentabilidade estão em constante evolução, a fim de ultrapassar as suas várias limitações. O objetivo principal, é desenvolver e implementar metodologias sistemáticas para apoiar um projeto de construção que atinja o equilíbrio mais adequado entre as diferentes dimensões da sustentabilidade, e que seja, ao mesmo tempo, prático, transparente e flexível o suficiente para ser facilmente adaptados a diferentes tipos de edifícios e para a constante evolução da tecnologia (Mateus & Bragança, 2011).

Atualmente, muitos países europeus, bem como os Estados Unidos, Canadá, Austrália, Japão e Hong Kong, possuem um sistema de avaliação e classificação de desempenho ambiental de edifícios, possuindo cada um sistemas de ponderação diferente como a seguir se descreve:

- a) Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM) foi criado no Reino Unido em 1990, sendo as categoriais ponderadas de forma explícita, mas os pesos não são declarados (BREEAM, 2015);

- b) Sustainable Building Tool (SBTool), desenvolvido através do trabalho colaborativo de representantes de 20 países (SBTool PT, 2015). Existe ponderação explícita ao nível dos parâmetros e categorias;
- c) Leadership in Energy and Environmental Design (LEEDTM), desenvolvido nos USA. Não existe ponderação explícita e o resultado é o total de pontos obtidos (Silva, 2003);
- d) Hong Kong Building Environmental Assessment Method (HK-BEAM), desenvolvido em Hong Kong. Não há ponderação explícita. Os pesos estão implícitos na quantidade de créditos possíveis em cada área de avaliação (CET, 1999a);
- e) Building Environmental Performance Assessment Criteria (BEPAC), desenvolvido no Canada, sendo a ponderação efetuada apenas dentro das categorias de impacto, não sendo ponderadas entre si (Cole, et al., 1993);
- f) Green Building Challenge (GBC), do qual resultou o GBTool desenvolvido internacionalmente. Usa pesos explicitamente e sugere uma ponderação “default” a partir de dados canadenses. Esta ponderação pode ser redefinida pelo usuário em qualquer país, região ou contexto (Cole & Larsson, 2000);
- g) Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency (CASBEE) foi desenvolvido no Japão. Os pesos são declarados de forma explícita e não personalizáveis (Silva, 2003);

Em Portugal, foram desenvolvidos dois sistemas de avaliação:

- a) LiderA assenta no conceito de reposicionar o ambiente na construção, na perspetiva da sustentabilidade (Pinheiro, 2008), possui uma ponderação explícita;
- b) Sustainable Building Tool (SBToolPT-H) contempla as três dimensões da sustentabilidade, posicionando-as no mesmo nível hierárquico e atribui uma ponderação explícita (Mateus & Bragança, 2011).

Pela análise do sistema de pesos dos diversos sistemas de avaliação da sustentabilidade de edifícios constata-se que, não existe consenso quanto à metodologia a adotar na sua definição. Esta situação justifica as diferenças encontradas, quando se comparam os pesos atribuídos a um mesmo parâmetro em sistemas de avaliação distintos.

Diante da ausência de uma base objetiva para ponderação de parâmetros de sustentabilidade, o AHP (Analytic Hierarchy Process) é sugerido para determinação da ponderação entre Etapas do ciclo de vida, categorias, indicadores e parâmetros a avaliar, pois:

- a) Tanto o texto de trabalho da ISO AWI 21932 - Indicadores de Sustentabilidade, quanto o Manual do usuário da GBTool recomendam a adoção de técnicas de análise de decisão multi-atributos (Cole & Larsson, 2002);
- b) É um dos cinco métodos MADA (Multiattribute decision analysis) apontados por NORRIS, et al., (Norris & Marchall, 1995) como adequados para a análise de problemas relacionados com edifícios e seus subsistemas;
- c) É reconhecido pela ASTM (American Society for Testing and Materials), através de (1) sua adoção pelos subcomités ASTM E06.05 (Whole-building Performance) e ASTM E06.81 (Building Economics) em trabalho conjunto consolidado sobre decisões relacionadas a atributos de edifícios; (2) da norma ASTM E 1765-95, sobre a aplicação do AHP à análise

de decisão multi-atributos de investimentos relacionados a edifícios e sistemas de edifícios; e (3) do software de apoio à referida norma (Chapman & Marshall, 1998).

O chamado processo de análise hierárquica (AHP - Analytic Hierarchy Process) pertence ao grupo dos métodos aditivos simples, que por sua vez, são uma das classes de técnicas de análise de decisão multi-atributos (MADA - Multiattribute Decision Analysis). As técnicas MADA aplicam-se a problemas em que o agente de decisão precisa ordenar ou escolher um número finito de alternativas, que são mensuradas por dois ou mais atributos relevantes, sejam eles monetários ou não. Descrições dos métodos principais podem ser encontradas na vasta literatura disponível sobre o tema, com destaque para as sínteses feitas por HWANG (Hwang & Yoon, 1981) e CHEN (Chen & Hwang, 1992).

A aplicação do AHP apresenta uma preocupação com a coerência. Ao ser utilizado para um modelo de problema é necessário a construção de uma estrutura hierárquica que represente esse problema e estabeleça relações congruentes entre os níveis (Saaty, 1987). A vantagem decisiva da utilização da ferramenta AHP é tornar o processo de ordenamento e seleção transparente e revelar, em detalhe, o julgamento do agente de decisão. Como os demais métodos aditivos, os julgamentos feitos no AHP são cardinais, em vez de simplesmente ordinais, isto é, para cada par de atributos, o agente de decisão específica não só qual o atributo considera mais importante, como também, quanto ele é mais importante, considerado em relação ao atributo concorrente (BREEAM, 2015). Para tanto define-se uma escala de importância relativa.

Na abordagem clássica de Saaty, comparações pareadas é utilizada uma escala linear 1,2,3,..9, denominada por escala fundamental, proposta por Saaty (1987) para quantificar quanto mais importante é um atributo em relação a outro. Valor 1, por exemplo, significa importância igual, enquanto 9 significa importância muito maior. Caso o atributo seja menos importante que o atributo concorrente, utiliza-se então o inverso das preferências (1,1/2, 1/3,....,1/9).

Tabela 6.1

Escala fundamental de julgamento em grau de importância (Saaty, 1987)

Intensidade	Definição	Explicação
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra. Pode ser demonstrado na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra, com o mais alto grau de certeza.
2,4,6,8	Valores intermédios entre os valores adjacentes	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.
Valores recíprocos	Se a atividade i recebe um valor x quando comparado a atividade j, então j recebe o valor recíproco 1/x quando comparado a i	

6.2.2 Processo de análise hierárquica (AHP)

O método multicritério AHP – Processo Analítico Hierárquico, derivado do inglês Analytical Hierarchy Process, doravante neste trabalho designado por AHP, é um método multiobjectivo de apoio a decisão criado por Saaty na década de 70 nos Estados Unidos (CET, 1999a). Este método foi um dos primeiros a ser desenvolvido no ambiente das decisões multicritério, sendo hoje talvez o mais utilizado no mundo (Gomes, et al., 2004).

A AHP tem como objetivo a seleção de alternativas, em um processo que considera diferentes critérios de avaliação. Este método está baseado em três princípios do pensamento analítico: construção de hierarquias; definição de prioridades e consistência lógica (Costa, 2002).

Um AHP completo é composto por três etapas:

- a) Definição da hierarquia de atributos, compreende a definição do objetivo, a identificação dos atributos importantes, e a identificação de alternativas possíveis;
- b) Determinação da importância relativa (peso) de cada atributo, através de comparação pareada em pares de elementos (atributos ou subatributos) começando pelo nível mais baixo da hierarquia. Compreende a construção das matrizes de comparação que resumam o desempenho relativo entre atributos e desempenho de cada alternativa em relação a cada atributo;
- c) Determinação da pontuação global (contribuição à preferência) de cada alternativa, com base nos pesos nos pesos relativos dos atributos e subatributos.

O problema de decisão no AHP é como comparar a importância relativa dos atributos de modo sistemático e quantitativo. Matematicamente, o objetivo é determinar os pesos não negativos w_i dos atributos a_i para i variando de 1 a n , onde n é o número de atributos. Se o vetor pesos $w = (w_1, \dots, w_n)$ fosse conhecido, a importância relativa do atributo A_i comparado ao atributo A_j , a_{ij} , seria dada pela relação w_i / w_j . Combinando todos os n possíveis vetores-colunas pareados em uma matriz como a mostrada na Equação 6.1 (Haurie, 2001).

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & \dots & a_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ w_3/w_1 & w_3/w_2 & \dots & w_3/w_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{pmatrix} \quad (6.1)$$

A abordagem AHP assume que, por definição, a matriz A de comparação atende a três propriedades especiais:

- a) Identidade: pelo princípio de identidade, todos os todos os elementos na diagonal da matriz são iguais a 1, pois se um atributo é sempre igualmente importante a si mesmo, a comparação de um atributo contra si mesmo fornece relação entre pesos igual a 1 ($w_i/w_i=1, \dots, w_n/w_n=1$). Este princípio reduz a quantidade de respostas necessárias para apenas $n(n-1)/2$, sendo n o número de atributos;
- b) Reciprocidade: se o atributo A é julgado como x vezes tão importante quanto o Atributo B , então o Atributo B é $1/x$ vez tão importante quanto o Atributo A . Por este princípio, cada elemento abaixo da diagonal é igual ao inverso do elemento correspondente acima

da diagonal. Os elementos da matriz A têm, portanto, a seguinte propriedade especial $a_{ij} = 1/a_{ji}$, para todos os i e j .

- c) Consistência (transitividade cardinal perfeita): por consistência entende-se que, para quaisquer três Atributos A, B e C, se A é julgado como x vezes mais importante que B, e B é considerado como y vezes mais importante que C, então A deve ser xy vezes mais importante que C. Em outras palavras, as colunas da matriz de comparação são múltiplos escalares entre si, de forma que as colunas normalizadas (i.e.: onde cada célula é dividida pela soma da coluna) são idênticas, e qualquer uma delas pode ser tomada para representar os valores relativos das alternativas.

Neste caso, pelo teorema de álgebra linear, o vetor dos pesos, w , é o vetor eigen (vetor próprio) da matriz A, com valor eigen (valor próprio) λ , tal que:

$$Aw = \lambda w \tag{6.2}$$

Com este procedimento específico, o AHP formaliza a conversão de um problema de atribuição de pesos a atributos em um problema mais palpável de realizar uma série de comparações entre pares de atributos concorrentes. Esta série de comparações em pares é sumarizada em matrizes de comparação, que são matrizes quadradas contendo as relações entre os elementos comparados (subatributos, atributos ou alternativas), na forma geral mostrada na Tabela 6.2.

Tabela 6.2
Forma geral de matriz de comparação em pares (Silva, 2003)

	Atributo 1	Atributo 2	Atributo 3
Atributo 1	1	Importância do atributo 1 em relação ao atributo 2	Importância do atributo 1 em relação ao atributo 3
Atributo 2	Importância do atributo 2 em relação ao atributo 1	1	Importância do atributo 2 em relação ao atributo 3
Atributo 3	Importância do atributo 3 em relação ao atributo 1	Importância do atributo 3 em relação ao atributo 2	1

No método AHP, criado por Saaty (Saaty, 1980), o vetor das prioridades gerado pela comparação par a par dos elementos é obtido pelo cálculo do vetor próprio direito associado ao valor próprio máximo da matriz e decisão. Entretanto, observa-se que há alguns trabalhos na literatura que calculam o vetor de prioridades dos elementos no AHP com metodologia diferente da abordagem do vetor próprio direito e utilizam o resultado obtido como base para o cálculo do valor próprio a fim de verificar a consistência da matriz de decisão (Oliveira & Belderrain, 2008).

As metodologias para o cálculo do vetor de prioridades podem ser divididas em dois grupos: a) abordagem do valor próprio, e b) método da minimização de distância entre a matriz de decisão e a matriz consistente mais próxima, onde se incluem o método da média dos valores normalizados e o método da média geométrica. (Golony & Kress, 1993).

Neste trabalho foi utilizado o método da média geométrica a obtenção do vetor das prioridades e na verificação da consistência, utilizando as equações, (6.3), (6.4) e (6.5), sendo a normalização dos pesos (prioridades) efetuada pela Equação (6.3)

O cálculo do vetor eigen da matriz A , pode ser realizada utilizando uma abordagem simplificada que calcula a média geométrica de cada linha (ISO AWI 21932, 2002). Neste caso, o peso w_i normalizado correspondente a cada atributo pode ser obtido por:

$$w_i = \frac{\left(\prod_{j=1}^n a_{ij}\right)^{\frac{1}{n}}}{\sum_{i=1}^n \left(\prod_{j=1}^n a_{ij}\right)^{\frac{1}{n}}}, \text{ para } i=1, n. \quad (6.3)$$

Segue-se imediatamente que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1. \quad (6.4)$$

O cálculo do valor próprio máximo ou principal ($\lambda_{\text{máx}}$) associado ao vetor calculado foram calculados de acordo com a equação (6.5). Procedeu-se a divisão da primeira componente do novo vetor coluna (W'_1) pela primeira componente do vetor próprio (W_1), divisão da segunda componente do novo vetor coluna pela segunda componente do vetor próprio e assim sucessivamente para obter um terceiro vetor coluna, cuja soma deve ser dividida pelo número de componentes. O valor resultante é o chamado de valor próprio máximo ou principal ($\lambda_{\text{máx}}$). O processo descrito para obter o ($\lambda_{\text{máx}}$) pode ser expresso pela equação (6.5):

$$\lambda_{\text{máx}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(Aw)_i}{w_i}. \quad (6.5)$$

Conforme foi referido anteriormente a matriz de decisão é uma matriz recíproca, positiva e consistente possui apenas um valor próprio diferente de zero e igual ao número de ordem da matriz. Saaty [833] demonstrou que uma matriz A recíproca e positiva possui um valor próprio máximo $\lambda_{\text{máx}} \geq n$. A igualdade somente é possível quando a matriz A for consistente.

O índice de consistência (IC) foi definido pela equação (6.6):

$$IC = (\lambda_{\text{máx}} - n) / (n-1) \quad (6.6)$$

O índice de consistência (IC) calculado para a matriz de decisão é comparado com o valor de RI (Random Index) para fornecer a Razão de Consistência (RC), de forma que $RC=IC/RI$. Se RC for menor que 0,10, então os julgamentos da matriz de decisão são considerados consistentes, caso contrário, existe alguma inconsistência nos julgamentos e o especialista pode ser solicitado para rever a sua opinião.

A inconsistência de uma matriz de comparação par a par não deve ser ignorada, pois o Método de Análise hierárquica permite revisão dos julgamentos através de várias tentativas sucessivas sobre condições controladas. Por mais consistente que um indivíduo possa ser ao atribuir os pesos nas comparações par a par, não necessariamente o seu julgamento estará condizente e o AHP requer que os resultados se aproximem ao máximo da realidade (Rabbani, 1996) e (Saaty, 1991).

Saaty (Saaty, 1987), (Saaty, 1991) propôs os índices aleatórios, do inglês Random Index (RI), para as matrizes de ordem n apresentados na tabela 6.3. As matrizes de ordem 1 ou 2 são sempre consistentes.

Tabela 6.3Valores de *RI* para matrizes quadradas de ordem *n*

<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>RI</i>	-	-	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49
<i>n</i>	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<i>RI</i>	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59	1,60	1,61	1,62	1,63	1,63

6.3. APLICAÇÃO DA AHP À METODOLOGIA MAEP-RB

6.3.1 Hierarquia de atributos

Estruturar um problema hierarquicamente significa dividi-lo numa série de níveis de atributos, de forma que cada um deles seja membro de um pequeno grupo no mesmo nível, todos eles relacionados a um atributo único no nível imediatamente superior. O problema de decisão pode ser, então, descrito graficamente na forma de uma hierarquia de atributos, em que, de um lado, esteja a decisão a ser tomada e, do outro, as alternativas a classificar ou dentre as quais deve-se eleger uma preferida.

A hierarquia de atributos considerada na aplicação da AHP para definição do sistema de pesos corresponde à estrutura hierárquica desenvolvida para a metodologia MAEP-RB. Na Figura 6.1, está representada a estrutura hierárquica da metodologia MAEP-RB e indicação dos níveis de hierarquia de atributos para aplicação do AHP. É constituída por quatro níveis de atributos; nível 1: etapas, nível 2: módulos, nível 3: indicadores e nível 4: parâmetros.

Existe sempre uma grande dificuldade para atribuir pesos cardinais para uma série de atributos em simultâneo. Torna-se mais fácil efetuar comparações em pares, até que todas as alternativas possíveis sejam consideradas. Por esta razão, a atribuição de pesos é realizada através de comparações par a par sucessivas, que fornecem um conjunto de pesos consistente e normalizado.

Com a série completa de comparações sistemáticas e sucessivas de pares de elementos, com relação ao atributo imediatamente acima deles na hierarquia, deduz-se os pesos relativos de todos os elementos avaliados. Para cada nível da hierarquia de atributos serão construídas matrizes de comparação. Para a definição do sistema de pesos da estrutura hierárquica da metodologia MAEP-RB, foi necessário a construção de 31 matrizes de comparação de várias dimensões ($n \times n$) com os elementos pertencentes aos quatro níveis da hierarquia de atributos, distribuídos da seguinte forma:

- a) Vinte e uma matrizes de comparação par a par posicionadas no nível 4 da hierarquia de atributos, referentes a determinação da importância relativa entre parâmetros subordinados aos respetivos indicadores económicos;
- b) Seis matrizes de comparação par a par posicionadas no nível 3 da hierarquia de atributos, referentes a determinação das importâncias relativas entre indicadores subordinados aos respetivos módulos económicos;
- c) Três matrizes de comparação par a par posicionadas no nível 2 da hierarquia de atributos, referentes a determinação da importância relativa entre módulos subordinados as respetivas etapas;

- d) Uma matriz de comparação par a par posicionadas no nível 1 da hierarquia de atributos, referentes a determinação da importância entre etapas subordinados à fase anterior à utilização.

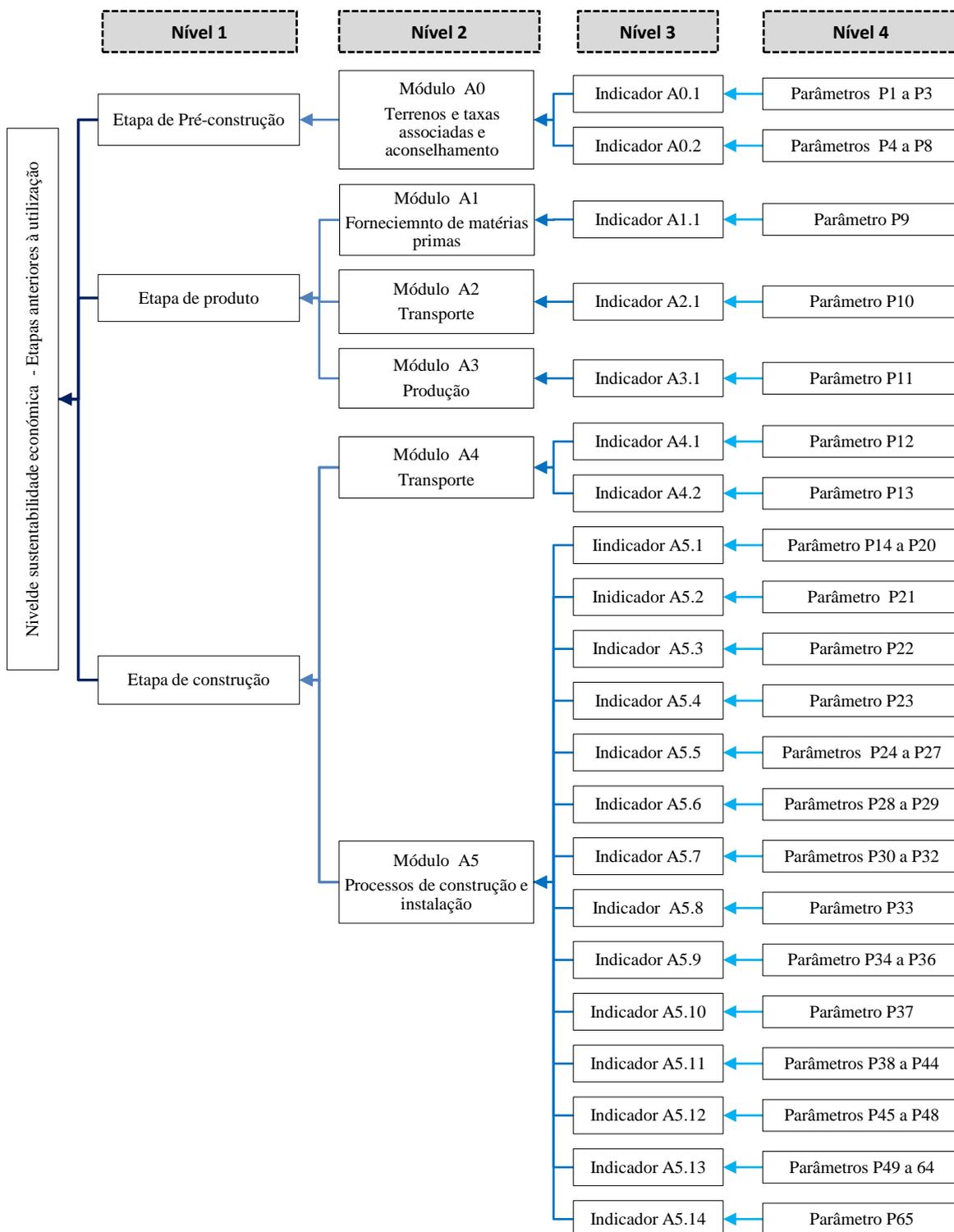


Figura 6.1 - Representação dos níveis de atributos e individualização das matrizes de comparação

Na Tabela 6.4 encontra-se representado de forma resumida informação sobre o número de matrizes de comparação e a ordem da matriz em cada nível hierárquico, assim como os parâmetros, indicadores, módulos e etapas do ciclo de vida a que estão associados.

Tabela 6.4

Número de matrizes de comparação por nível de acordo com a ordem

Ordem Matrizes	(1x1)	(2x2)	(3x3)	(4x4)	(5x5)	(7x7)	(14x14)	(16x16)	
Nível 1	PCS/PS/CIPS								
N.º Matrizes	1								
Nível 2	A0	A1/A2/A3	A4/A5						
N.º Matrizes	1	1	1						
Nível 3	A1.1/A2.1/A3.1	A0.1 a A0.2 A4.1 a A4.2					A5.1aA5.14		
N.º Matrizes	3	2					1		
Nível 4	P9aP13/P21aP23 P33/P37/P65	P28aP29	P1aP3/P30aP32 P34aP36	P24aP27P 45aP48	P4aP8	P14aP20	P38aP44		
N.º Matrizes	11	1	3	2	1	2	1		
Total	15	4	5	2	1	2	1	1	

6.3.2 Definição da escala de importância

Como os demais métodos aditivos, os julgamentos feitos no AHP são cardinais, em vez de simplesmente ordinais, isto é, para cada par de atributos, o agente de decisão específica não só qual o atributo considera mais importante, como também, quanto mais importante é considerado em relação ao atributo concorrente (Norris & Marchall, 1995). Para tanto define-se uma escala de importância relativa.

Para facilitar a assimilação por parte dos usuários, optou-se por reduzir o número de intervalos da escala fundamental originalmente proposta por SAATY (Saaty, 1980) de 9 para 5 pontos. Seguindo a orientação de Haurie (Haurie, 2001), uma escala multiplicativa (1/4, 1/2, 1, 2, 4) foi utilizada em vez de uma escala linear, a fim de evitar problemas de inconsistência que poderiam surgir nos julgamentos de três ou mais atributos (ver tabela 6.5).

Tabela 6.5

Escala usada para a importância relativa entre atributos (Haurie, 2001)

Definição	Muito mais importante	Muito importante	Igualmente importante	Menos importante	Muito menos importante
Intensidade	4	2	1	1/2	1/4

6.3.3 Derivação dos pesos na metodologia MAEP-RB

Para o estabelecimento do sistema de pesos para a metodologia MAEP-RB foi desenvolvida uma ferramenta AHP em ambiente Microsoft Excel, com recursos básicos MS Visual Basic, que permite a aquisição e registo sistemático das entradas de dados.

Esta ferramenta foi utilizada pelo autor, que exprimiu a sua percepção quanto à importância relativa entre os atributos; parâmetros, indicadores, módulos e etapas do ciclo de vida, pertencentes ao respetivo nível de atributos, com base em seu conhecimento. Posteriormente, pretende-se ampliar a amostra para incluir julgamento de outros especialistas da área da construção civil (prof. universitários, engenheiros, arquitetos, construtores e etc.). O procedimento de consulta a painel de especialistas já foi utilizado em experiências semelhantes, como na definição dos pesos atribuídos aos critérios do BREEAM para a obtenção de um índice único de desempenho (Baldwin, 1998).

Foi apresentada aos votantes a estrutura hierárquica de atributos da metodologia MAEP-RB representada na Figura 6.1. Esta mesma hierarquia é repetida e detalhada na construção das folhas de cálculo do Microsoft Excel, onde os atributos são comparados par a par.

De acordo com a estrutura de atributos associada a metodologia MAEP-RB cada especialista faz então a comparação par a par dos atributos, preenchendo sequencialmente as folhas de cálculo previamente desenvolvida para aplicação do AHP, com a seguinte sequência:

- a) Vinte e uma matrizes de comparação par a par posicionadas no nível 4 da hierarquia de atributos, referentes a determinação da importância relativa entre parâmetros subordinados aos respetivos indicadores económicos;
- b) Seis matrizes de comparação par a par posicionadas no nível 3 da hierarquia de atributos, referentes a determinação da importância relativa entre indicadores subordinados aos respetivos módulos económicos;
- c) Três matrizes de comparação par a par posicionadas no nível 2 da hierarquia de atributos, referentes a determinação da importância relativa entre módulos subordinados as respetivas etapas;
- d) Uma matriz de comparação par a par posicionadas no nível 1 da hierarquia de atributos, referentes a determinação da importância entre etapas subordinados à *fase anterior à utilização*.

No final do preenchimento de cada matriz de comparação é calculada automaticamente a Razão de Consistência (RC) e se o valor for menor que 0.10, então os julgamentos da matriz de decisão são considerados consistentes sendo emitida uma mensagem "*<0,10 OK! Passe a folha seguinte!*", caso contrário, verifica-se alguma inconsistência nos julgamentos e é solicitado ao especialista para rever a sua opinião pela mensagem "*> 0,10 Por favor, reveja o julgamento!*".

Como foi referido anteriormente, foram construídas 31 matrizes de comparação de várias ordens para determinar os pesos relativos e a razão de consistência da matriz de comparação. Só 21 das 31 matrizes de comparação que totalizam o sistema de pesos foram apresentadas aos avaliadores, dado que 10 das matrizes serem de ordem 1x1 e conseqüentemente o peso relativo do atributo é igual a 1 (100%) e o valor da razão de consistência ser igual a 0.

As folhas de cálculo foram estruturadas para permitir a análise da importância sempre por comparação de pares de opções (uma linha x uma coluna). Para facilitar a interação com o utilizador e reduzir o tempo de preenchimento, só as células da diagonal superior da matriz de comparação (assinaladas a azul claro) estão acessíveis para preenchimento, por seleção dos valores definidos na escala de importância (4,2,1,1/2,1/4). A diagonal inferior da matriz

(assinhalada a cinza) e a coluna da importância relativa (pesos) são calculadas automaticamente e preenchidas quando do preenchimento da diagonal superior. Na figura 6.2 é apresentada uma matriz de comparação par a par entre os atributos do nível 1: *etapas* subordinados à *fase anterior à utilização*, de ordem 3x3 devidamente preenchida e os resultados obtidos das importâncias relativas e o valor da razão de consistência.

Escala da Importância relativa		Etapa da pré-construção	Etapa do produto	Etapa da construção	Importância relativa
Muito mais importante	4				
Muito importante	2				
Igualmente importante	1				
Menos importante	1/2				
Muito menos importante	1/4				
Etapa da pré-construção		1	2	1/2	0,286
Etapa do produto		1/2	1	1/4	0,143
Etapa da construção		2	4	1	0,571
Consistency Ratio (CR) = 0,000 < 0,10 OK! Passe a folha seguinte!					

Figura 6.2: Matriz de comparação par a par entre *etapas* subordinadas da *fase anterior à utilização*

Nas figuras 6.3, 6.4 e 6.5 são apresentadas três matrizes de comparação par a par entre os atributos do nível 2: *módulos* subordinados às etapas, respectivamente à *etapa de pré-construção*, *etapa de produto* e à *etapa de processos de construção*, devidamente preenchidas e os resultados obtidos das importâncias relativas e os valores da razão de consistência de cada matriz de comparação.

Escala da Importância relativa		A0: Terrenos, taxas associadas e aconselhamento	Importância relativa
Muito mais importante	4		
Muito importante	2		
Igualmente importante	1		
Menos importante	1/2		
Muito menos importante	1/4		
A0: Terrenos, taxas associadas e aconselhamento		1	1,000
Razão de Consistência (RC) = 0,000 < 0,10 OK! Passe a folha seguinte!			

Figura 6.3: Matriz de comparação par a par entre *módulos* subordinadas da *etapa de pré-construção*

Escala da Importância relativa		A1: Fornecimento de matérias-primas	A2: Transporte das matérias-primas	A3: Transformação das matérias-primas	Importância relativa
Muito mais importante	4				
Muito importante	2				
Igualmente importante	1				
Menos importante	1/2				
Muito menos importante	1/4				
		1	2	1/2	0,286
		1/2	1	1/4	0,143
		2	4	1	0,571
Razão de Consistência (RC) = 0,000 < 0,10 OK! Passe a folha seguinte!					

Figura 6.4: Matriz de comparação par a par entre módulos subordinadas da etapa do produto

Escala da Importância relativa		A4: Transporte	A5: Processos de construção e instalação	Importância relativa
Muito mais importante	4			
Muito importante	2			
Igualmente importante	1			
Menos importante	1/2			
Muito menos importante	1/4			
		1	1/4	0,200
		4	1	0,800
Razão de Consistência (RC) = 0,000 < 0,10 OK! Passe a folha seguinte!				

Figura 6.5: Matriz de comparação par a par entre módulos subordinadas da etapa de processos de construção

6.4 RESULTADOS

6.4.1 Pesos relativos

Os pesos relativos entre os atributos dos quatro níveis da estrutura de atributos da metodologia MAEP-RB foram obtidos pela análise AHP das 31 matrizes de comparação par a par estão representados nas tabelas 6.6, 6.7, 6.8 e 6.9 e representam o sistema de pesos da metodologia MAEP-RB.

Tabela 6.6Pesos relativos dos atributos do nível 1: *fase anterior à utilização*

Fase anterior à utilização			
Pesos	0,286	0,143	0,571
Etapas	Pré-construção	Produto	Construção

Tabela 6.7Pesos relativos dos atributos do nível 2: *Etapas*

Etapas	Pré-construção	Produto			Construção		
Pesos	1,000	0,286	0,143	0,571	0,200	0,800	
Módulos	A0	A1	A2	A3	A4	A5	

Tabela 6.8Pesos relativos dos atributos do nível 3: *Módulos* (Indicadores A0.1 a A5.14)

Módulos	A0		A1	A2	A3	A4	
Pesos	0,80	0,20	1,00	1,00	1,00	0,67	0,33
Indicadores	A0.1	A0.2	A1.1	A2.1	A3.1	A4.1	A4.2

Módulos	A5													
Pesos	0,13	0,03	0,04	0,09	0,12	0,03	0,05	0,02	0,03	0,03	0,07	0,07	0,09	0,20
Indicadores	A5.1	A5.2	A5.3	A5.4	A5.5	A5.6	A5.7	A5.8	A5.9	A5.10	A5.11	A5.12	A5.13	A5.14

Tabela 6.9

Pesos relativos dos atributos do nível 4: Indicadores (parâmetros P1 a P65)

Indicadores	A0.1			A0.2						A1.1	A2.1	A3.1	A4.1	A4.2
Pesos	0,66	0,21	0,13	0,48	0,21	0,12	0,12	0,07	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Parâmetros	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	

Indicadores	A5.1								A5.2	A5.3	A5.4	A5.5			
Pesos	0,12	0,25	0,18	0,15	0,10	0,10	0,10	1,00	1,00	1,00	0,56	0,20	0,14	0,10	
Parâmetros	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	

Indicadores	A5.6		A5.7			A5.8	A5.9			A5.10		A5.11					
Pesos	0,67	0,33	0,55	0,35	0,10	1,00	0,49	0,31	0,20	1,00	0,17	0,16	0,17	0,18	0,15	0,09	0,08
Parâmetros	P28	P29	P30	P31	P32	P33	P34	P35	P36	P37	P38	P39	P40	P41	P42	P43	P44

Indicadores	A5.12				A5.13							
Pesos	0,45	0,23	0,13	0,19	0,03	0,16	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	
Parâmetros	P45	P46	P47	P48	P49	P50	P51	P52	P53	P54	P55	

Indicadores	A5.13 (Continua)										A5.14
Pesos	0,03	0,05	0,12	0,09	0,06	0,05	0,05	0,05	0,18	1,00	
Parâmetros	P56	P57	P58	P59	P60	P61	P62	P63	P64	P65	

6.4.2 Valores da Razão de Consistência (RC)

Para que uma matriz de comparação par a par seja aceitável, sua razão de consistência (RC) deve ser inferior a 0,10, afirma Saaty (Saaty, 1987) e (Saaty, 1991). Segundo Rabbani e Rabbani (Rabbani, 1996), a razão de consistência não deve ter um valor igual para todas as matrizes. A razão de consistência com valor inferior ou igual a 0,10 é adequada para comparações par a par de cinco ou mais elementos. Para uma comparação de quatro elementos a razão de consistência deverá ser inferior ou igual a 0,08 e para a comparação de três elementos a razão de consistência deve ser inferior ou igual a 0,05. Afirmam ainda, que comparação entre dois elementos a análise da consistência não é necessária. Os valores obtidos para a razão de consistência para as 31 matrizes de comparação são apresentados na tabela 6.10.

Tabela 6.10

Valores da razão de consistência (RC) das matrizes de comparação par a par da MAEP-RB

Nível da hierarquia	Matrizes de comparação par a par entre:	Ordem da matriz ($n \times n$)	Razão de Consistência (RC)
1	Etapas subordinadas da fase anterior à utilização	3	0,000
2	Módulos subordinados da etapa de pré-construção	1	0,000
	Módulos subordinados da etapa do produto	3	0,000
	Módulos subordinados da etapa de construção	2	0,000
3	Indicadores subordinados dos módulos A0	2	0,000
	Indicadores subordinados dos módulos A1	1	0,000
	Indicadores subordinados dos módulos A2	1	0,000
	Indicadores subordinados dos módulos A3	1	0,000
	Indicadores subordinados dos módulos A4	2	0,000
	Indicadores subordinados dos módulos A5	14	0,050
4	Parâmetros (P1 a P3) subordinados do indicador A0.1	2	0,000
	Parâmetros (P4 a P8) subordinados do indicador A0.2	5	0,035
	Parâmetros (P9) subordinados do indicador A1.1	1	0,000
	Parâmetros (P10) subordinados do indicador A2.1	1	0,000
	Parâmetros (P11) subordinados do indicador A3.1	1	0,000
	Parâmetros (P12) subordinados do indicador A4.1	1	0,000
	Parâmetros (P13) subordinados do indicador A4.2	1	0,000
	Parâmetros (P14 a P20) subordinados do indicador A5.1	6	0,021
	Parâmetros (P21) subordinados do indicador A5.2	1	0,000
	Parâmetros (P22) subordinados do indicador A5.3	1	0,000
	Parâmetros (P23) subordinados do indicador A5.4	1	0,000
	Parâmetros (P24 a 27) subordinados do indicador A5.5	4	0,045
	Parâmetros (P28 a 29) subordinados do indicador A5.6	2	0,000
	Parâmetros (P30 a 32) subordinados do indicador A5.7	3	0,046
	Parâmetros (P33) subordinados do indicador A5.8	1	0,000
	Parâmetros (P34 a 36) subordinados do indicador A5.9	3	0,046
	Parâmetros (P37) subordinados do indicador A5.10	1	0,000
	Parâmetros (P38 a 44) subordinados do indicador A5.11	7	0,028
	Parâmetros (P45 a 48) subordinados do indicador A5.12	4	0,022
	Parâmetros (P49 a 64) subordinados do indicador A5.13	16	0,039
Parâmetros (P65) subordinados do indicador A5.14	1	0,000	

Como se pode observar pela tabela 6.10 os valores da Razão de Consistência (RC) determinados nas 31 matrizes de comparação variam entre 0,00 e 0,05, correspondendo o valor máximo à matriz de ordem (14x14). Todos os valores da Razão de Consistência (RC) obtidos, respeitam os valores limites em função da ordem da matriz, apontadas por Saaty (Saaty, 1987) e (Saaty, 1991) e por Rabbani (Rabbani, 1996), sendo os últimos mais severos.

6.4.2 Pesos globais

Além da importância relativa entre atributos do mesmo nível hierárquico foram também determinados os pesos globais, o seja a importância que os atributos pertencentes aos diferentes níveis hierárquicos têm em relação ao objetivo principal da hierarquia sustentabilidade económica na fase anterior à utilização. Os pesos globais dos parâmetros P_i pertencentes ao nível 4 da hierarquia de atributos foram determinados pela equação 6.5.

$$WGP_i = WP_i \times WI_{j,(i)} \times WM_{k,(ij)} \times WE_{l,(ijk)}, \quad \sum_{i=1}^n WGP_i = 1 \quad (6.5)$$

onde:

WGP_i é o peso global do parâmetro P_i subordinado da fase anterior à utilização;

WP_i é o peso relativo do parâmetro P_i subordinado do indicador $WI_{j,(i)}$;

$WI_{j,(i)}$ é o peso relativo do indicador I_j subordinado do módulo $WM_{k,(ij)}$;

$WM_{k,(ij)}$ é o peso relativo do módulo M_k subordinado da etapa $WE_{l,(ijk)}$;

$WE_{l,(ijk)}$ é o peso relativo da etapa E_l subordinada da fase anterior à utilização.

Por exemplo, o peso global do parâmetro P_{11} pode ser obtido:

$$WGP_{11} = WP_{11} \times WI_{A3.1, (P11)} \times WM_{A3, (A3.1, P11)} \times WE_{PS, (A3, A3.1, P11)} = 1,0 \times 1,0 \times 0,571 \times 0,143 = 0,082 \quad (6.6)$$

Com os valores dos pesos relativos indicados nas tabelas 6.6 a 6.9, calculam-se os pesos globais de cada parâmetro. Os pesos globais de cada parâmetro na sustentabilidade edifício na fase de utilização, antes são apresentados na Figura 6.6 e na tabela 6.11. É de notar que o parâmetro P1 (Os custos com o local) tem um peso total WGP_1 (uma influência global) igual a 15,1% no nível de sustentabilidade económica na fase anterior à utilização, e é, por conseguinte, o parâmetro com uma maior influência no índice de sustentabilidade económica de um edifício. Em termos de influência global, segue-se o parâmetro P11 (Custo de transformação de matérias-primas) e P12 (Custo de transporte de materiais e produtos a partir do portão da fábrica para o local de construção), respetivamente, com o peso total de 8,2% e 7,6%.

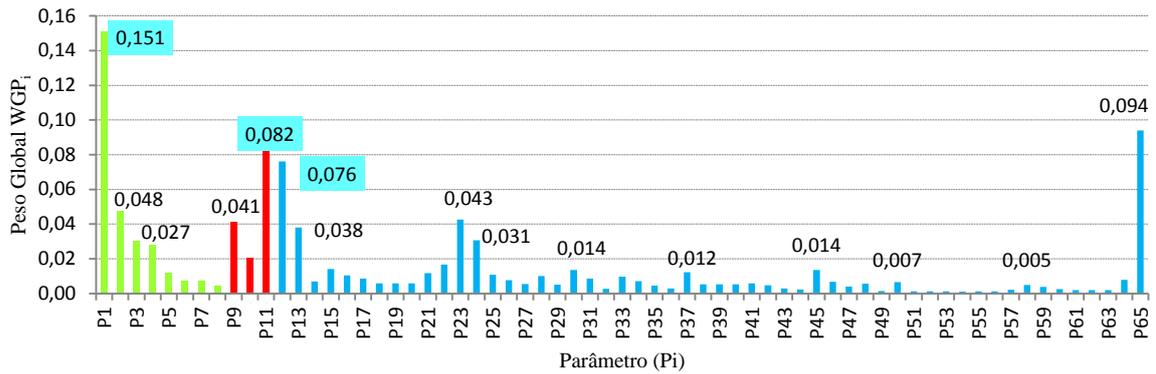


Figura 6.6: Representação de WGP_i peso global de cada parâmetro

Tabela 6.11

Peso WGP_i global de cada parâmetro (P1 a P65)

Parâmetros	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
Pesos	0,151	0,048	0,030	0,027	0,012	0,007	0,007	0,004	0,041	0,020	0,082	0,076	0,038
Parâmetros	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26
Pesos	0,007	0,014	0,010	0,009	0,006	0,006	0,006	0,012	0,017	0,043	0,031	0,011	0,008
Parâmetros	P27	P28	P29	P30	P31	P32	P33	P34	P35	P36	P37	P38	P39
Pesos	0,005	0,010	0,005	0,014	0,009	0,003	0,010	0,007	0,004	0,030	0,012	0,005	0,005
Parâmetros	P40	P41	P42	P43	P44	P45	P46	P47	P48	P49	P50	P51	P52
Pesos	0,005	0,006	0,005	0,005	0,002	0,014	0,007	0,004	0,006	0,001	0,007	0,001	0,001
Parâmetros	P53	P54	P55	P56	P57	P58	P59	P60	P61	P62	P63	P64	P65
Pesos	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,005	0,004	0,003	0,002	0,002	0,002	0,008	0,094

Os pesos globais dos atributos integrados no nível 3, 2 e 1 são obtidos pelas equações 6.7, 6.8 e 6.9 respetivamente.

$$WGI_j = WI_j \times WM_{k,(j)} \times WE_{l,(jk)}, \quad \sum_{j=1}^n WGI_j = 1 \quad (6.7)$$

$$WGM_k = WM_k \times WE_{l,(k)}, \quad \sum_{k=1}^n WGM_k = 1 \quad (6.8)$$

$$WGE_l = WE_l, \quad \sum_{l=1}^n WGE_l = 1 \quad (6.9)$$

Na Figura 6.7 estão representados os pesos globais dos indicadores I_j na fase anterior à utilização. O indicador A0.1 (Custo de compra/aluguer de terreno, taxas e impostos associados) tem um peso global de 22,9% no nível de sustentabilidade económica na fase anterior à utilização, sendo o indicador com maior influência no nível de sustentabilidade económica do edifício.

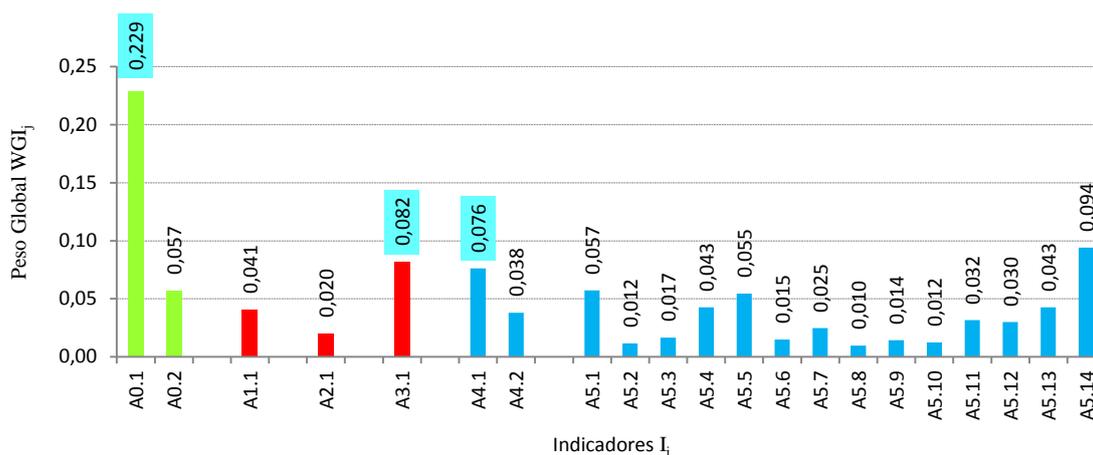


Figura 6.7: Representação do WG_j peso global de cada indicador

Na Figura 6.8 estão representados os pesos globais dos módulos M_k na *fase anterior à utilização*. O módulo A5 e (*Processos de construção e instalação*) tem um peso global de 45,70% no nível de sustentabilidade económica do edifício na *fase anterior à utilização*.

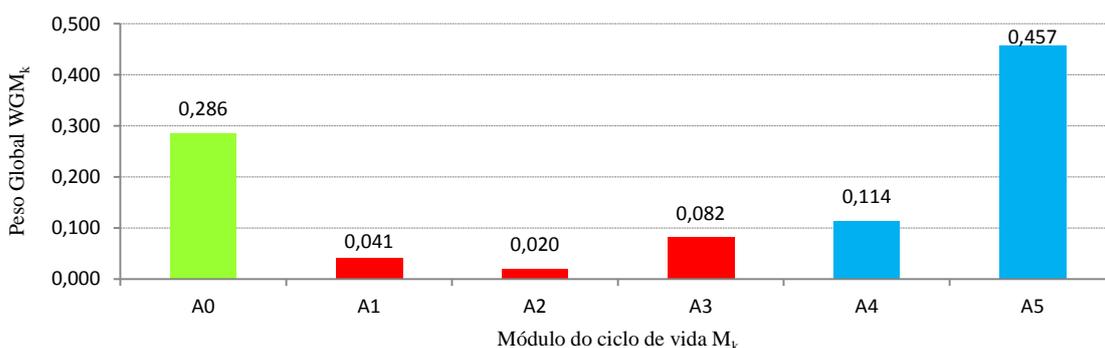


Figura 6.8: Representação de WGM_k peso global de cada módulo do ciclo de vida

Na Figura 6.9 está representada os pesos globais dos atributos das *Etapas E_l* na fase anterior à utilização. A *etapa* Processos de Construção e Instalação tem um peso de 57,10% no nível de sustentabilidade económica dos edifícios na *fase anterior à utilização*.

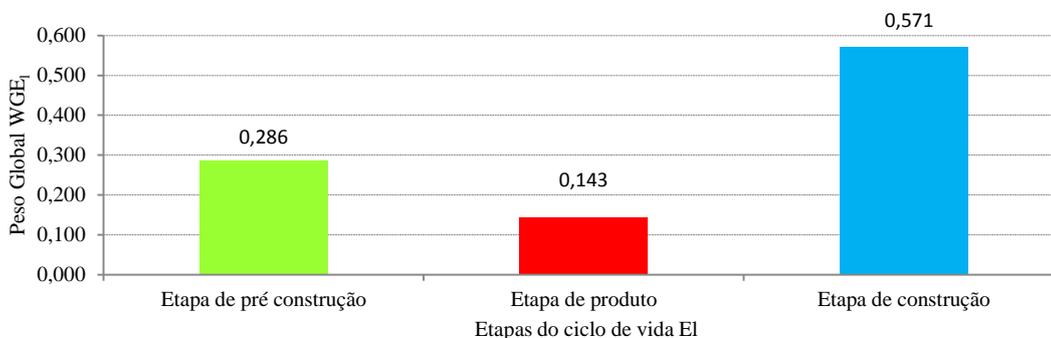


Figura 6.9: Representação WGE_l peso global de cada etapa do ciclo de vida

Na tabela 6.12 estão representados por ordem crescente, os valores determinados para os pesos globais dos *parâmetros, indicadores, módulos e etapas do ciclo de vida dos edifícios*, relativamente ao nível de sustentabilidade económica do edifício na fase anterior à utilização. Com a representação conjunta dos pesos globais, torna-se mais fácil de entender a importância de cada um dos atributos (parâmetros, indicadores, módulos, estágios) para atingir o nível da sustentabilidade económica do edifício na *fase anterior à utilização*.

Tabela 6.12
Pesos globais (Parâmetros, Indicadores, Módulos, Etapas)

Peso Global	Parâmetros	Indicadores	Módulos	Etapas
0,00 <WG ≤ 0,04	P3toP8/P10/P13toP22/P24toP64	A2.1/A4.2/A5.2/A5.3/A5.6 toA5.12	A2	
0,04 <WG ≤ 0,08	P2/P9/P23/P12	A0.2/A1.1/A4.1/A5.1/A5.4/A5.5/A5.13	A1	
0,08 <WG ≤ 0,12	P11/P65	A3.1/A5.14	A3	
0,12 <WG ≤ 0,20	P1			Produto
0,20 <WG ≤ 0,30		A0.1	A0	Pré-construção
0,30 <WG ≤ 0,40				
0,40 <WG ≤ 0,50			A5	
WG > 0,50				Construção

6.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O CAPÍTULO

A definição da importância relativa dos diferentes atributos da estrutura hierárquica, de um sistema de pesos, é um dos pontos mais importantes no desenvolvimento de uma metodologia de avaliação, tal como MAEP-RB. Embora não haja consenso sobre a definição de um método para determinar os pesos relativos, a ferramenta AHP tem sido utilizada em todo o mundo com resultados satisfatórios.

Os pesos relativos de cada nível foram determinados com utilização da ferramenta AHP aplicada à estrutura hierárquica de atributos da metodologia MAEP-RB e possibilitaram a obtenção dos pesos globais por multiplicação simples dos pesos relativos em diferentes níveis.

Os resultados obtidos indicam que a etapa de construção é a mais relevante, respondendo por 57,1% da sustentabilidade económica edifício na fase antes da utilização. A etapa de pré-construção (28,6%) tem duas vezes a importância da etapa de produto (14,1%). No nível módulos, e dentro dos indicadores económicos, o indicador económico A5.1 (custos com obras exteriores e obras de paisagismo) e A5.5 (Custos de produção local e de transformação de um produto) são aqueles que têm um impacto maior na A5 módulo (processo de construção e instalação), com 13% e 12%, respetivamente.

Como pode ser visto na Tabela 6.11, o parâmetro P1 (Valor do terreno) com $WGP1 = 15,1\%$, o indicador de A0.1 (Custo de compra/aluguer do terreno/edifício existente, taxas e impostos associados) com $WGIA0.1 = 22,9\%$, o módulo A5 (Processo de Construção e Instalação) com $WGMA5 = 45,7\%$ e a etapa de construção palco com $WGEC = 57,1\%$ são os atributos que dentro de cada nível hierárquico, mais influenciam a sustentabilidade económica de um edifício na *fase anterior à utilização*.

Os pesos globais podem ser muito úteis em estudos comparativos de desempenho económico e de sustentabilidade dos edifícios, pois permitem, ainda em fase de projeto a identificação dos aspetos mais relevantes para a sustentabilidade. Eles fornecem orientações sobre como e onde intervir no sistema de construção para melhorar o nível de sustentabilidade económica do edifício. Torna-se evidente a importância que o processo de construção e instalação tem ao nível de sustentabilidade. Como a etapa da construção é fortemente influenciada pelo custo da produção local e transformação do produto, a dependência do sistema construtivo utilizado, tradicional ou industrializada, é muito importante.

CAPITULO 7

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA MAEP-RB A UM CASO DE ESTUDO

7.1 INTRODUÇÃO

O presente capítulo tem como objetivo a aplicação da metodologia MAEP-RB a um caso de estudo, de modo a verificar a sua aplicabilidade prática e a adequação dos valores de referência (benchmarks) ao contexto dos edifícios residenciais portugueses. Selecionou-se um edifício já construído no concelho de Caminha.

Nos parágrafos seguintes procede-se em primeiro lugar à descrição das características do edifício residencial, adotado como caso de estudo, o procedimento metodológico seguido da avaliação do desempenho económico e do índice de sustentabilidade económica e por último a apresentação e análise dos resultados.

7.2 DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO EM ESTUDO

O edifício foi implantado num terreno inserido num aglomerado urbano não totalmente infraestruturado. Foi necessário realizar obras de arranjos exteriores relativas a movimentos de terras, pavimentações, muros de suporte, redes hidráulicas, redes de iluminação, redes telecomunicações e redes de gás. Por este motivo a fronteira do edifício em avaliação é o edifício mais os arranjos exteriores. O custo de aquisição do terreno foi 204.000,00€ e da comissão imobiliária 5% sobre o valor da transação.

Trata-se de um edifício residencial multifamiliar constituído por cave destinada a estacionamento automóvel e por rés-do-chão+3 pisos destinados a habitação. É composto por 28 fogos de várias tipologias T0, T1, T2 e T3. A área bruta de construção é de 2117 m². O Valor total da construção do edifício e dos arranjos exteriores 2.245.963 Euros

Em termos construtivos, trata-se de uma construção tradicional, constituída por uma estrutura betão armado com pórticos nas duas direções, que recebem as cargas provenientes das lajes e paredes e transmitem-nas às fundações diretas formadas por sapatas isoladas e contínuas. As lajes são aligeiradas pré-esforçadas e pré-fabricadas constituídas por vigotas e tijoleiras cerâmicas. As paredes exteriores são formadas por alvenaria de tijolo dupla (30x20x15) e (30x20x20) com isolamento térmico de espuma rígida poliestireno extrudido (XPS) com 3 cm e caixa-de-ar.

Os revestimentos dos pavimentos interiores são cerâmicos nas cozinhas e wc's varandas, pavimento flutuante com madeira no quartos e salas, nas zonas comuns, corredores e escadas são pedra natural. As paredes interiores das zonas de serviço, cozinhas e wc's são revestidas a azulejo e os restantes compartimentos em gesso projetado. Exteriormente as paredes são rebocadas e pintadas, com exceção da envolvente do rés-do-chão, que o revestimento constituído por uma fachada ventilada em pedra natural (granito polido).

Nas instalações prediais foram utilizados materiais convencionais, o PVC na rede de drenagem de águas residuais e pluviais e nas ventilações naturais, o PPR (Polipropileno) na rede interna de abastecimento de água e cobre na rede de gás.

7.3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Como nos capítulos anteriores já foi desenvolvido detalhadamente o procedimento de aplicação da metodologia MAEP-RB, não se descreve novamente todos os passos da aplicação da metodologia mas, na figura 4.5 ilustra-se o procedimento para a obtenção dos resultados da avaliação do desempenho económico e do índice de sustentabilidade do edifício em estudo.

Depois de reunidos os dados relativos ao edifício em avaliação, nomeadamente o “*Mapa de medições*” e os dados fornecidos pelo Dono de obra inscritos na “*Ficha do edifício*” e com o auxílio do software integrado na metodologia MAEP-RB é gerada a base de dados do edifício em estudo. A base de dados do edifício em avaliação e os elementos da ficha do edifício são os elementos necessários e suficientes para determinar simultaneamente o desempenho e o índice de sustentabilidade económica do edifício na *fase anterior à utilização*. Quando todos os indicadores estiverem calculados é gerado um relatório de resultados de duas páginas e cinco pontos, contendo informação sobre o desempenho e o índice de sustentabilidade económica na *fase anterior à utilização* (ver figura 7.1 e 7.2).

7.4 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO

Na primeira página do relatório de avaliação (ver figura 7.1) é apresentado, no ponto “1. *Identificação do edifício*” os dados de identificação do edifício avaliado, no ponto “2. *Desempenho económico por fase do ciclo de vida*” e no ponto “3. *Índice de sustentabilidade económica por fases do ciclo de vida*”.

O resultado da avaliação do desempenho económico do edifício na *fase anterior à utilização*, expresso em unidades monetárias é apresentado no ponto 2 e importa no valor de 2.245.963 Euros. Este valor corresponde aos custos diretos e indiretos que ocorrem dentro da fronteira do edifício, associados à globalidade das etapas da *fase anterior à utilização* nomeadamente, a etapa de pré-construção, a etapa do produto e a etapa de construção. A metodologia MAEP-RB associou a este custo um índice de sustentabilidade “C”, significa ser melhor que a prática convencional que corresponde a letra “D”. Compreenderemos melhor os fatores que influenciam o desempenho e o índice de sustentabilidade analisando os resultados apresentados na página 2 do relatório (ver figura 7.2). No ponto 4 da página 2 do relatório, são apresentados os resultados do desempenho económico (custos) ocorridos em cada etapa, módulos e indicadores. No ponto 5 são apresentados os índices de sustentabilidade de cada etapa, módulo e indicador, correspondentes aos valores obtidos no desempenho económico.

Ao nível das etapas, a avaliação atribuiu os seguintes índices de sustentabilidade:

- a) “B” à *etapa de pré-construção*, que está associada aos custos relacionados com a aquisição do terreno e não depende dos materiais nem dos processos construtivos

definidos em projeto e a utilizados em obra. A avaliação do desempenho económico atribuiu a esta etapa um valor de 238.992 Euros;

- b) “C” à *etapa do produto*, que está associada aos custos dos materiais/produtos desde o fornecimento matéria-prima até ao portão do estaleiro que importaram no valor de 593.130 Euros de acordo com os resultados da avaliação do desempenho económico;
- c) “C” à *etapa de construção*, que está associada aos custos relativos aos processos necessários à construção do edifício, no valor de 1.413.841 Euros conforme avaliação do desempenho económico.

Podemos assim concluir que os custos ocorridos na etapa de pré-construção são inferiores aos da prática convencional, enquanto os custos ocorridos na etapa do produto e de construção estão um pouco acima do nível da construção convencional.

O índice “B” atribuído à etapa de pré-construção e o “C” atribuído à etapa do produto e de construção são obtidos pela conversão do valor normalizado numa escala de avaliação qualitativa, conforme representado na tabela 4.6 do capítulo 4. Analisou-se os valores normalizados (VN) obtidos para cada uma das etapas, representados na tabela 7.1 e na figura 7.3. Constatou-se que a *etapa de pré-construção* tem um valor normalizado de 0,630, perto de atingir o índice “A” ($0,70 < VN \leq 1,00$), enquanto a etapa de produto e de construção obtiveram respetivamente valores de 0,123 e 0,121 posicionados perto do limite inferior definido para o índice “C”, ficando perto de baixar para o índice “D” ($0,00 < VN \leq 0,10$).

Analisando os valores normalizados das etapas em conjunto com os pesos relativos de cada etapa pré-construção (28,6%), produto (14,3%) e construção (57,1%) definidos no sistema de pesos da estrutura hierárquica (ver tabela 6.6), compreender-se-á melhor a atribuição do índice “C” à *fase anterior à utilização* que corresponde ao valor normalizado de 0,267, obtido por agregação ponderada dos valores normalizados das etapas.

Por sua vez, o índice de sustentabilidade de cada etapa é obtido por conversão do valor obtido por agregação ponderada dos valores normalizados obtidos nos respetivos módulos. O índice da etapa de construção é então, definido pela conversão do valor determinado pela agregação ponderada dos valores normalizados dos módulos A4:Transporte (0,219) e A5:Processos de construção e instalação (0,097) (ver tabela 7.2 e figura 7.4). Na avaliação foi atribuído ao módulo A4 um índice “C” e ao módulo A5 um índice “D”, ficando este último perto de obter o índice “C” ($0,10 < VN \leq 0,40$). Outro fator importante é os pesos relativos atribuídos aos módulos A4 (20%) e A5 (80%), ou seja, a influência que cada um destes módulos tem determinação do índice de sustentabilidade da etapa de construção.

Da mesma forma, avaliação da sustentabilidade dos módulos depende dos valores normalizados dos indicadores representados na tabela 7.3 e na figura 7.5. Os índices de sustentabilidade obtidos ao nível dos indicadores para o edifício em estudo são representados no ponto 5 da página 2 (ver figura 7.2) e são os seguintes:

- a) Índice de sustentabilidade “B”, os indicadores A0.1, A4.2 e A5.6;
- b) Índice de sustentabilidade “C”, os indicadores A0.2, A1.1, A2.1, A3.1, A4.1, A5.2, A5.12, A5.13;

- c) Índice de sustentabilidade “D”, os indicadores A5.1, A5.3, A5.4, A5.5, A5.7, A5.8, A5.9, A5.10, A5.11, A5.14.

Analisando o indicador A5.1 e A5.5 aos quais foi-lhes atribuído respetivamente o índice de sustentabilidade “D” e “C” correspondem aos indicadores com maiores pesos relativos e por isso, com maior influência na avaliação do módulo A5 (ver tabela 6.8), verificamos assim que:

- a) O indicador A5.1 tem um peso relativo de 13%, representa os custos associados aos arranjos exteriores e obras de paisagismo. Na avaliação do desempenho económico deste indicador foi-lhe atribuído um custo de 225.955 Euros. Trata-se de um valor elevado tendo em conta a área construída e os valores de referência mas, justificado pelo grande volume de obras executadas em arranjos exteriores;
- b) O indicador A5.5 tem um peso relativo de 12%, representa os custos de produção e transformação de um produto dentro do estaleiro. Na avaliação do desempenho deste indicador foi atribuído um custo de 288.092 Euros. Trata-se de um valor normal tendo em conta que o processo construtivo do edifício em estudo ter sido o convencional.

A análise e interpretação dos índices de sustentabilidade económica atribuídos a cada indicador, associada a interpretação dos valores normalizados dos respetivos parâmetros, é da máxima importância para o entendimento do significado do índice de sustentabilidade atribuído ao edifício avaliado. Devem-se ter em conta os pesos relativos definidos no sistema de pesos da MAEP-RB para cada parâmetro.

Na tabela 7.4 e figura 7.6 estão representados os valores normalizados de todos os parâmetros da estrutura hierárquica da metodologia MAEP-RB. O conhecimento destes valores ao nível dos parâmetros é da máxima importância, pois estão diretamente ligados às soluções de projeto. Se em fase de projeto estes valores forem aferidos de forma constante, poderiam ser encontradas e implementadas outras soluções em busca de um melhor índice.

Os resultados dos valores normalizados dos parâmetros da MAEP-RB apresentados na tabela 7.4 evidenciam que 10 parâmetros têm valores negativos, e por isso, depois da conversão foi-lhes atribuído índices “E”. É representativo de parâmetros com custos superior aos verificados na construção convencional.

Os parâmetros com índice de sustentabilidade “E”, estão associados a valores normalizados negativos e por isso, penalizam diretamente, reduzindo os valores normalizados dos indicadores, porque são obtidos por agregação ponderada. Consequentemente penalizam o índice de cada indicador obtido por conversão dos valores normalizados. Portanto, em fase de projeto devem ser tomadas todas as medidas para impedir que a existência de um índice de sustentabilidade “E”.

Como conclusão, é de salientar que os resultados obtidos na avaliação pela aplicação da metodologia MAEP-RB ao edifício em estudo e apresentados nas figuras 7.1 e 7.2, quer ao nível dos parâmetros da metodologia, assim os valores de referência (benchmarks) e o sistema de pesos definido, encontram-se bem adaptados ao contexto nacional dos edifícios residenciais.

1. IDENTIFICAÇÃO DO EDIFÍCIO

Tipo de edifício: **Multifamiliar** Área bruta de construção (m²): **2.117,00**
 Designação do edifício: **Edifício Bela Vista**

Localização Foto do alçado principal




Localização
 Coordenadas GPS :
 Rua/Avenida/Praça: **Rua da Igreja Velha**
 Freguesia: **Caminha**
 Concelho: **Caminha** Distrito: **4910 - 352Caminha**
 Código Postal: **Viana do Castelo**

Situação
 Inscrito na conservatória do registo predial sob o N.º **1569/2003**
 Artigo Matricial N.º **726**

2. DESEMPENHO ECONÓMICO POR FASES DO CICLO DE VIDA DO EDIFÍCIO

Fases do ciclo de vida			
	Fase anterior à utilização	Fase de utilização	Fase de fim de vida
	(Euros)	(Euros / Ano)	(Euros)
	2.245.963	Não aplicável	Não aplicável

3. ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE ECONÓMICA POR FASES DO CICLO DE VIDA DO EDIFÍCIO

Índice de sustentabilidade:			
	Fase anterior à utilização	Fase de utilização	Fase de fim de vida
A*		Não aplicável	Não aplicável
A			
B			
C			
D			
E			

Figura 7.1: Relatório de avaliação – Edifício em estudo - Página 1

Tabela 7.1

Valores normalizados das etapas e índices – Edifício em estudo

Etapa	Etapa de Pré-construção	Etapa do Produto	Etapa de construção
Valor normalizado	0,630	0,123	0,121
Índice de sustentabilidade	B	C	C

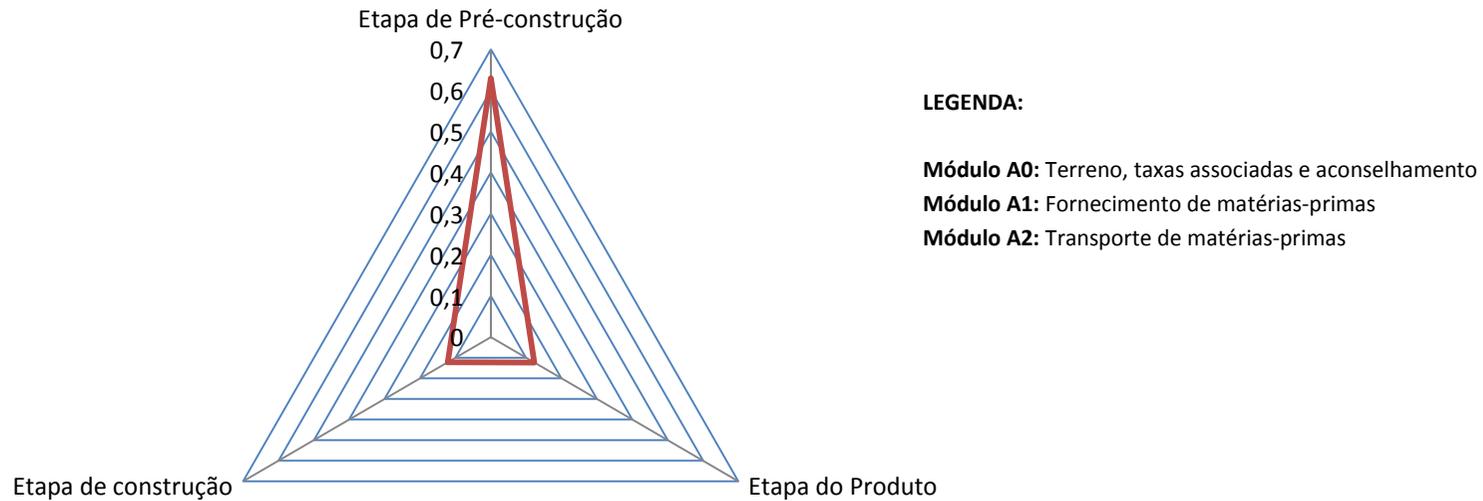
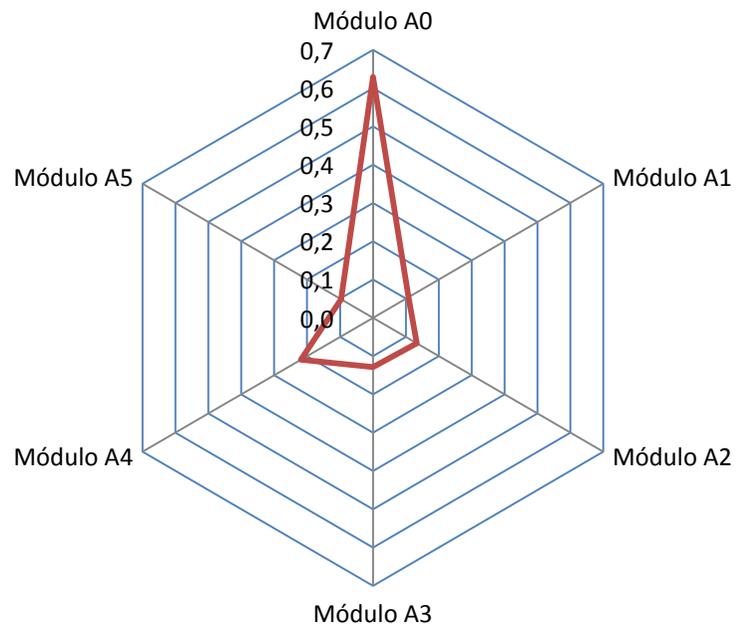


Figura 7.3: Índices sustentabilidade das etapas

Tabela 7.2

Valores normalizados dos módulos e índices – Edifício em estudo

Módulo	A0 (A0.1 e A0.2)	A1	A2	A3	A4 (A4.1 e A4.2)	A5 (A5.1 a A5.14)
Valor normalizado	0,630	0,109	0,133	0,128	0,219	0,097
Índice de sustentabilidade	B	C	C	C	C	D



LEGENDA:

Módulo A0: Terreno, taxas associadas e aconselhamento

Módulo A1: Fornecimento de matérias-primas

Módulo A2: Transporte de matérias-primas

Módulo A3: Produção de produtos

Módulo A4: Transporte

Módulo A5: Processo de construção e instalação

Figura 7.4: Índices sustentabilidade dos módulos

Tabela 7.3

Valores normalizados dos indicadores e índices – Edifício em estudo

Indicador	A0.1	A0.2	A1.1	A2.1	A3.1	A4.1	A4.2	A5.1	A5.2	A5.3	A5.4	A5.5	A5.6	A5.7	A5.8	A5.9	A5.10	A5.11	A5.12	A5.13	A5.14
Valor	0,689	0,391	0,109	0,133	0,128	0,113	0,435	0,019	0,104	0,050	0,069	0,292	0,452	0,083	0,030	0,052	0,048	0,047	0,192	0,106	0,000
Índice	B	C	C	C	C	C	B	D	C	D	D	D	B	D	D	D	D	D	C	C	D

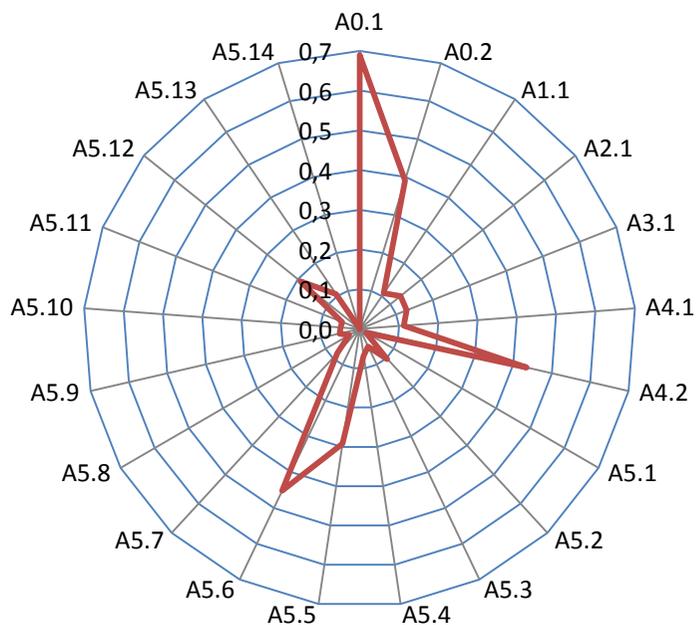


Figura 7.5: Índices sustentabilidade dos indicadores económicos

LEGENDA:

- A0.1:** Custo de compra de terreno, taxas e impostos associados
- A0.2:** Honorários de profissionais relacionados com a compra do terreno
- A1.1:** Custo das matérias-primas
- A2.1:** Custo do transporte das matérias-primas
- A3.1:** Custo de transformação da matérias-primas
- A4.1:** Custo de transporte de materiais e produtos da fábrica até ao estaleiro
- A4.2:** Custo de transporte de equipamento de e para o estaleiro
- A5.1:** Custo com arranjos exteriores e obras de paisagismo
- A5.2:** Custo de armazenamento dos produtos
- A5.3:** Custo de transporte dos materiais dentro do estaleiro
- A5.4:** Custo de trabalhos temporários necessários a implantação da obra
- A5.5:** Custo de produção e transformação dos produtos dentro do estaleiro
- A5.6:** Custo de aquecimento, arrefecimento, ventilação e controle de humidade
- A5.7:** Custo de instalação de produtos dentro da edificação
- A5.8:** Custo da água para refrigeração e limpeza de máquinas dentro do estaleiro
- A5.9:** Custo de gestão dos resíduos da construção e demolição (RCD)
- A5.10:** Custo de transporte dos resíduos da construção e demolição (RCD)
- A5.11:** Custo inerentes a dotar o edifício de condições para entrega, pronto a utilizar
- A5.12:** Custo relativo a honorários de profissionais relacionados com a construção
- A5.13:** Custo relativos a impostos, taxas, licenças de construção e inspeções
- A5.14:** Incentivos ou subsídios

Tabela 7.4

Valores normalizados dos parâmetros e índices – Edifício em estudo

Parâmetros	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22
Valor do índice	0,53	1,00	1,00	0,20	0,66	0,52	0,78	0,00	0,11	0,13	0,13	0,11	0,43	-0,05	0,22	-0,06	-0,17	-0,05	0,21	-0,10	0,10	0,05
Indicadores	A0.1			A0.2					A1.1	A2.1	A3.1	A4.1	A4.2	A5.1							A5.2	A5.3
Índice	B	A	A	C	B	B	A	D	C	C	C	C	B	E	C	E	E	E	C	E	D	D
Parâmetros	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30	P31	P32	P33	P34	P35	P36	P37	P38	P39	P40	P41	P42	P43	P44
Valor do índice	0,07	0,22	0,34	0,38	0,47	0,44	0,47	0,13	0,09	-0,19	0,03	-0,03	-0,04	0,25	0,05	-0,09	-0,06	0,12	0,22	0,03	0,07	0,03
Indicadores	A5.4	A5.5				A5.6		A5.7			A5.8	A5.9		A5.10	A5.11							
Índice	D	C	C	C	B	B	B	C	D	E	D	E	E	C	D	E	E	C	C	D	D	D
Parâmetros	P45	P46	P47	P48	P49	P50	P51	P52	P53	P54	P55	P56	P57	P58	P59	P60	P61	P62	P63	P64	P65	
Valor do índice	0,10	0,26	0,29	0,27	0,02	0,12	0,12	0,13	0,15	0,14	0,11	0,14	0,09	0,14	0,12	0,20	0,08	0,10	0,05	0,05	0,00	
Indicadores	A5.12				A5.13																A5.14	
Índice	D	C	C	C	D	C	C	C	C	C	C	C	D	C	C	C	D	D	D	D	D	

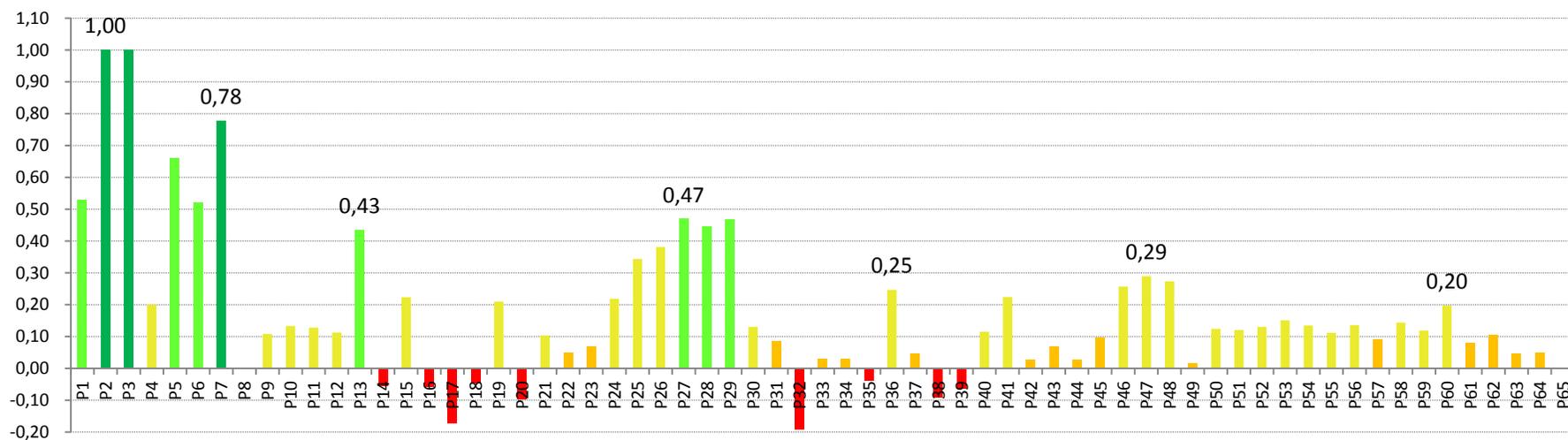


Figura 7.6: Índices sustentabilidade dos parâmetros – Edifício em estudo

CAPITULO 8

CONCLUSÕES E FUTUROS DESENVOLVIMENTOS

8.1 CONCLUSÕES

Com vista a adoção de práticas sustentáveis na construção, existem vários métodos de suporte e avaliação da sustentabilidade na construção. Atualmente, praticamente cada país europeu - além de Estados Unidos, Canadá, Austrália, Japão e Hong Kong possuem um sistema de avaliação e classificação de desempenho ambiental de edifícios. Embora não exista uma classificação formal nesse sentido, os sistemas de avaliação ambiental disponíveis podem ser claramente separados em dois grupos. Num grupo estão os sistemas que promovem a construção sustentável por exemplo, o BREEAM e no outro grupo os métodos mais orientados para a pesquisa por exemplo, o BEPAC. No contexto português foram desenvolvidos dois sistemas de avaliação, o *LiderA* e o *SBTool*^{PT}-H.

O objetivo dos métodos existentes é essencialmente a avaliação do desempenho ambiental. Os sistemas que vão além da avaliação de desempenho ambiental é o GBC, que procura estimar o custo envolvido na obtenção de um determinado nível de desempenho ambiental e o *SBTool*-H que contempla as três dimensões da sustentabilidade posicionando-as no mesmo nível hierárquico. Além do objetivo, os métodos distinguem-se também nos limites considerados para o sistema, na estrutura hierárquica, nas ponderações consideradas e se a avaliação é ou não efetuada com base na análise do ciclo de vida dos edifícios.

As Normas elaboradas pelo CEN/TC 350 ao nível do enquadramento metodológico, do edifício e do produto, vieram dar um importante apoio ao desenvolvimento de sistemas de avaliação do contributo da construção para o desenvolvimento sustentável, baseado numa abordagem de ciclo de vida. Para cada uma das três dimensões de sustentabilidade foram estabelecidas normas de apoio ao processo de tomada de decisão e documentação da avaliação do desempenho da respectiva dimensão.

A Norma EN 16627:2015 pertence ao conjunto das normas elaboradas pelo CEN/TC 350 e destina-se a apoiar o processo de tomada de decisão e documentação da avaliação do desempenho económico de edifícios dentro do conceito da avaliação da sustentabilidade, baseado numa abordagem de ciclo de vida. Para cada fase do ciclo de vida do edifício, nomeadamente a *fase anterior à utilização*, *fase de utilização* e *fase de fim de vida*, são especificados os aspetos e impactes que permitem a avaliação do respetivo desempenho económico. Tornando assim possível a avaliação individual do desempenho económico de uma das fases do ciclo de vida dos edifícios. Esta Norma especifica o método de cálculo do desempenho económico com base na análise do ciclo de vida e fornece os meios para a elaboração de relatórios e comunicação dos resultados de avaliação, como a descrição do objeto de avaliação, a fronteira do sistema, a lista dos indicadores e os requisitos para apresentação dos resultados. Trata apenas a parte analítica e por essa razão, não disponibiliza métodos de valoração, não estabelecem níveis, classes ou valores de referência (benchmarks).

Com base na EN 16627:2015 desenvolveu-se uma metodologia de avaliação sistemática e inovadora do desempenho económico de edifícios dentro do conceito sustentabilidade, com base na análise do ciclo de vida. O objetivo da metodologia MAEP-RB é a avaliação do desempenho e da sustentabilidade económica de edifícios na *fase anterior à utilização* do ciclo de vida.

A metodologia segue o princípio de modularidade, onde os aspetos e impactes que influenciam o desempenho económico e o índice de sustentabilidade do edifício durante a *fase anterior à utilização*, são atribuídos às categorias que eles ocorrem. A estrutura hierárquica da metodologia direciona os fluxos de informação relativos aos aspetos e impactes que influenciam o desempenho económico aos indicadores, módulos e etapas do ciclo de vida.

A definição e a quantificação dos 65 parâmetros da metodologia MAEP-RB foi a fase mais importante do desenvolvimento da estrutura hierárquica. Os parâmetros têm de fornecer informações precisas aos indicadores a partir de dados observáveis ou mensuráveis a partir de projeto ou do edifício existente. Toda a informação necessária ao processo de avaliação começa aqui, ou seja na informação contida nos parâmetros. A melhor forma de fornecer informação precisa aos parâmetros, é subdividir o edifício em avaliação até ao nível dos recursos necessários à sua materialização, criar uma base de dados do edifício em avaliação, com toda a informação necessária à determinação rigorosa dos parâmetros, ou seja as quantidades e custos unitários de cada recurso, como por exemplo a água, o cimento, a areia, os tijolos e etc.

Na avaliação do desempenho económico na *fase anterior à utilização* todos os parâmetros são expressos em unidades monetárias, ou seja em euros. De acordo com a estrutura hierárquica da metodologia e o fluxo de informação nela definido, o desempenho económico ao nível dos indicadores, dos módulos, das etapas e da *fase anterior à utilização* obtém-se por agregação direta, sem qualquer tipo de ponderação dos resultados obtidos nos níveis hierarquicamente inferiores. Não faria sentido algum atribuir pesos relativos aos custos reais determinados pelos parâmetros de avaliação de um edifício, estaríamos a desvirtuar os custos reais de construção do edifício.

Sem construção da estrutura hierárquica da metodologia e sem os resultados da avaliação do desempenho económico expressos em unidades monetárias, não seria viável a determinação do índice sustentabilidade económica. Para obter-se o índice de sustentabilidade foi necessário desenvolver-se um sistema de pesos aplicado à estrutura e normalizar todos os valores dos parâmetros.

A definição da importância relativa entre os diferentes atributos da estrutura hierárquica é um dos pontos mais críticos do desenvolvimento da metodologia MAEP-RB. Apesar de não haver um método consensualmente estabelecido para a determinação dos pesos relativos, é possível utilizar a ferramenta AHP (Analytic Hierarchy Process) e obter resultados satisfatórios. Os valores da Razão de Consistência (RC) determinados nas matrizes de comparação variam entre 0,00 e 0,05, correspondendo o valor máximo à matriz de ordem (14x14). Todos os valores da Razão de Consistência (RC) obtidos respeitam os valores limites em função da ordem da matriz, apontadas por Saaty (Saaty, 1987) e (Saaty, 1991) e por Rabbani (Rabbani, 1996), sendo os últimos mais severos.

O sistema de pesos da metodologia MAEP-RB foi atribuído a todos os níveis da estrutura hierárquica. Ou seja a todos os parâmetros, indicadores, módulos e etapas são atribuídos pesos relativos. O conhecimento dos pesos relativos permitiu determinar os pesos globais, de grande utilidade em estudos comparativos de sustentabilidade económica de edifícios. Clarifica qual a influência de um parâmetro, de um indicador, de um módulo ou de uma etapa no índice de sustentabilidade obtido para o edifício na *fase anterior à utilização*. Esta informação quando disponível em fase de projeto reveste-se da máxima importância, pois servirá como um guia para a equipa de projeto, em busca da melhoria da sustentabilidade, dado que existem parâmetros com maior influência na avaliação final do que outros.

Dada a inexistência de valores de referência (benchmarks) relativos aos 65 parâmetros da metodologia MAEP-RB, procedeu-se à definição dos mesmos, tendo por base os custos reais de edifícios já edificados e construídos pelos processos convencionais. Todos os valores de referência são expressos em unidades monetárias (Euros/metro quadrado de construção). Como Prática convencional considerou-se o valor obtido e como melhor prática considerou-se uma melhoria, ou seja uma redução do custo em 75%. A verificação da aplicabilidade prática da metodologia desenvolvida e o ajustamento dos valores de referência (benchmarks) ao contexto dos edifícios residenciais portugueses, só se torna possível através da aplicação prática da metodologia a casos reais, obtendo informação necessária para a retroalimentação dos valores de referência.

Pela análise dos resultados obtidos na aplicação da MAEP-RB ao caso de estudo apresentado, ao nível da sustentabilidade económica na *fase anterior à utilização*, é possível concluir que a lista de parâmetros da metodologia, assim como os níveis de referência (benchmarks) definidos para cada parâmetro, encontram-se bem adaptados ao contexto nacional dos edifícios residenciais, pois os resultados da avaliação coincidem com o facto do edifício em estudo ser sido construído de forma convencional.

Conforme foi possível verificar na apreciação dos resultados dos índices de sustentabilidade do edifício em estudo, a metodologia MAEP-RB permite efetuar uma análise de sensibilidade dos valores normalizados dos parâmetros, indicadores, módulos e etapas, não se limitando a apresentar os respetivos índices. Dá-se mais ênfase à análise dos valores normalizados dos parâmetros, pois eles reproduzem as opções de projeto e condicionam o rumo do resultado da avaliação da sustentabilidade. O conhecimento destes valores ainda em fase de projeto permite aos projetistas adotar soluções de projeto com vista a atingir um determinado objetivo de sustentabilidade económica na *fase anterior à utilização*, eliminando todas as soluções de projeto que contribuem para valores normalizados dos parâmetros negativos.

A aplicação da metodologia possibilita efetuar estudos de comparação do desempenho e da sustentabilidade económica entre edifícios com o mesmo equivalente funcional, por exemplo, com soluções construtivas distintas, sendo pelo processo construtivo tradicional e outra por sistemas industrializados.

A estrutura da MAEP-RB foi concebida para avaliar o desempenho e a sustentabilidade económica de edifícios com base na análise do ciclo de vida na *fase anterior à utilização*, mas também é aplicável às *fases de utilização* e de *fim de vida*, após o desenvolvimento dos respetivos indicadores, parâmetros, sistema de pesos e ampliação da base de dados da metodologia.

A integração da *fase de utilização* e da *fase de fim de vida* na estrutura da metodologia MAEP-RB permitiria a avaliação simultânea do desempenho e sustentabilidade económica em todo o ciclo de vida do edifício. O resultado da avaliação do desempenho económico do edifício depende dos resultados das avaliações obtidos em cada uma das fases do ciclo de vida. Os resultados das avaliações de cada uma das fases não são independentes umas das outras, pelo contrário estão conectados.

As características de desempenho, durabilidade, ambientais e custos dos recursos aplicados na construção que materializam cada componente, elemento ou subsistema do edifício são intrínsecas de cada material/produto e condicionam as avaliações do desempenho e da sustentabilidade económica de cada fase do ciclo de vida. Por esta razão, a avaliação do desempenho económico e da sustentabilidade deve contemplar simultaneamente a *fase anterior à utilização*, de *utilização* e de *fim de vida*, baseada numa única base de dados. Em fase de projeto seria uma excelente ferramenta de apoio na escolha dos materiais e das soluções construtivas, pois permitiria antecipar os custos de cada solução construtiva para cada fase do ciclo de vida.

Os resultados da avaliação do desempenho económico e da sustentabilidade económica são desagregados em vários níveis, ou seja ao nível da fase anterior à utilização do ciclo de vida do edifício, de cada etapa, de cada módulo e de cada indicador económico. Como a MAEP-RB avalia simultaneamente o desempenho e a sustentabilidade económica de edifícios, o resultado do desempenho económico é expresso em unidade monetária e o da sustentabilidade por um índice de sustentabilidade Económica (A⁺, A, B, C, D, E).

8.1 FUTUROS DESENVOLVIMENTOS

Este trabalho de investigação desenvolveu uma metodologia de avaliação do desempenho e sustentabilidade económica na fase anterior à utilização do ciclo de vida de edifícios tendo por base a EN 16627:2015. Para a avaliação global do desempenho económico, as restantes fases do ciclo de vida do edifício devem ser avaliadas, propõem-se os seguintes desafios para trabalhos futuros:

- a) O desenvolvimento de estruturas hierárquicas para a *fase de utilização* e de *fim de vida* tendo por base a EN 16627:2015;
- b) O desenvolvimento de parâmetros, de valores de referência (benchmarks) e de sistemas de pesos para as estruturas hierárquicas relativas a *fase de utilização* e de *fim e vida*;
- c) O desenvolvimento e ampliação da base de dados geral da metodologia MAEP-RB, de modo que seja única para as estruturas hierárquicas relativas a *fase de utilização* e de *fim e vida*;
- d) Desenvolvimento de procedimentos de análise de sensibilidade dos valores normalizados de todos os parâmetros em todas as fases do ciclo de vida do edifício.

Um desafio maior, seria o desenvolvimento de uma metodologia de avaliação conjunta e simultânea das três dimensões de sustentabilidade, nomeadamente a ambiental, social e económica, assentes sobre a mesma base de dados, de acordo com normas elaboradas pelo Comité Técnico CEN/TC 350.

Bibliografia

- ASSOCIATIONS, H., 2010. <http://assohqe.org/hqe/spip.php?rubrique9..> [Online] [Acedido em 12 06 2015].
- Autoridade Tributária e Aduaneira - Código do imposto de selo (CIS) – Última atualização: Lei n.º 83-C/2013 de 31 de Dezembro (s.d.).
- Autoridade Tributária e Aduaneira - Código do imposto municipal sobre as transmissões onerosas de imóveis (CIMT) – Última atualização: Lei n.º 83-C/2013 de 31 de Dezembro (s.d.).
- Bachman, L., 2003. *Integrated Buildings: The Systems Basis of Architecture*. New Jersey: , 2003: John Wiley & Sons.
- Bachman, L. & Valor, J., 1997. Arquitectura y máquina: una catalogación. *Revista Bau*, p. 116 – 119.
- Baldwin, R. e. a., 1998. *BREEAM for offices*. s.l.:BRE..
- Baldwin, R., Leach, S. J., Doggart, J. V. & Attenborgough, M. P., 1990. Bracknell, Berkshire: s.n.
- Baldwin, R., Leach, S. J., Doggart, J. V. & Attenborgough, M. P., 1990. *An Environmental Assessment for New Office Designs – BRE Report*. Bracknell, Berkshire, s.n., p. PP.19.
- Baldwin, R., Yates, A., Howard, N. & Rao, S., 1998. *BREEAM 98 for offices: an environmental assessment method for office buildings*. Bracknell, Berkshire: s.n.
- Bossink, B. & Brouwers, H., 1996. Construction waste: quantification and source evaluation. *Journal of Construction Engineering and Management*, Volume 122, nº1, pp. 55-60.
- Bragança, L., Mateus, R. & Koukari, H., 2007. *Perspectives of Building Sustainability Assessment: Proceedings of the International Conference “Portugal SB07: Sustainable Construction, Materials and Practices – Challenge of the Industry for the New Millennium”*. Lisboa: s.n.
- Bragança, L., Mateus, R. & Koukari, H., 2010. Building sustainability assessment. *Sustainability*, pp. 2010 - 2023.
- Brand, S., 1994. *How Buildings Learn – What happens after They’re Built*. London: Orion Books.
- BREEAM, 2008. *BREEAM Building Research Establishment Environmental Assessment Method. BREEAM Multi-Residential – Acessor Manual. Reino Unido*. [Online] [Acedido em 2 12 2012].
- BREEAM, 2015. <http://www.breem.org>. [Online] [Acedido em 12 5 2015].
- Carvalho, M. T. & Sposto, R. M., 2007. *Aplicação da ferramenta processo de análise hierárquica - ahp para determinação de critérios essenciais para projetos sustentáveis de habitações de interesse social - his na cidade de Goiânia-Go*. Campo Grande, IV Encontro Nacional e II Encontro Latino-americano sobre edificações e Comunidades Sustentáveis.

Carvalho, P., 2001. *Gestão de resíduos na construção*, Lisboa: Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.

CASBEE, 2008. <http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/methodE.htm>. [Online] [Acedido em 10 06 2015].

CEN, 2011. *EN 15942-2011 - Sustainability of construction works; Environmental product declarations; Communication format business-to-business*. s.l.:s.n.

CEN, 2011. *EN 15978 - Sustentabilidade das obras de construção; Avaliação do desempenho ambiental de edifícios; Método de cálculo*, s.l.: s.n.

CEN, 2012. *EN 15643-4 - Sustentabilidade das obras de construção; Avaliação da sustentabilidade dos edifícios; Parte 3: Enquadramento para a avaliação do desempenho económico*. s.l.:s.n.

CEN, 2013. *EN 15942-2011 - Sustainability of construction works; Environmental product declarations; Core rules for the product category of construction products*. s.l.:s.n.

CEN, 2015. *EN 16627 - Sustentabilidade das obras de construção; Avaliação do desempenho económico de edifícios; Método de cálculo*. s.l.:s.n.

CET, 1999a. *HK-BEAM (New Offices): An environmental assessment for existing office buildings. Version 2/96r*, Hong Kong: Centre of Environmental Technology, Ltd.

CET, 1999b. *HK-BEAM (New Offices): An environmental assessment for new office designs. Version 1/96r*, Hong Kong: Centre of Environmental Technology, Ltd.

CET, 1999c. *HK-BEAM (New Offices): An environmental assessment for new residential buildings*, Hong Kong: Centre of Environmental Technology, Ltd.

Chapman, R. E. & Marshall, H. E., 1998. *User's Guide to AHP/Expert Choice for ASTM Building Evaluation. Manual 29 Software to Support ASTM E 1765:Standard Practice for applying Analytical Hierarchy Process (AHP) to Multiattribute Decision Analysis of Investments Related to Buildings and Building*. s.l.:Forman E. H (software developer).

Chen, S. & Hwang, C., 1992. *Multiple Attribute Decision Making . Lecture Notes in Economics and Mathematical System*. Berlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag.

Cochran, K., 2007. Estimation of Regional Building-Related C&D Debris Generation and Composition: case study for Florida, US. *Journal of Waste Management*, Volume v. 27, n. 7, pp. 921-931.

Cole, J. R., 2002. Sustainable Building: Indicators of progress. *Sustainable Building*, Volume 4, p. 17.

Cole, R. J., Howard, N., Ikaga, T. & Nibel, S., 2004. *Environmental Assessment Tools: Current and Future Roles. Sustainable Building Conference SB05, Issue Paper 4 & 5*. Tokyo. Japan.: s.n.

Cole, R. J. & Larsson, N., 2000. *Green building challenge: lessons learned from GBC'98 and GBC2000. In: Sustainable Buildings 2000. Proceedings*. Maastricht: s.n.

Cole, R. J. & Larsson, N., 2002. GBTool User Manual. In: *Green Building Challenge*. Ottawa: s.n., p. 68.

- Cole, R. J., Rousseau, D. & Theaker, I. T., 1993. *Building Environmental Performance Assessment Criteria: Version 1- Office Buildings*. The BEPAC Foundation. Vancouver: s.n.
- Cole, R. J., Rousseau, D. & Theaker, I. T., 1994. *Building Environmental Performance Assessment Criteria: Version 1- Office Buildings*. The BEPAC Foundation, Vancouver.: s.n.
- Costa, H. G., 2002. *Introdução ao Método de Análise Hierárquica*. Niterói: s.n.
- Costa, J. M., 2011. *icBench - benchmarks da indústria da construção - Indicadores 2009 - Construtores*, Porto: FEUP/ InCI.
- Costa, J. M. et al., 2007. *ic Bench - Benchmarking Tool for Construction Industry Companies. International Journal for Housing Science and Its Applications*, 31, Nº.1(XXXV IAHS World Congress on Housing), pp. 33-42.
- Costa, M. & Horta, I., 2007. *Projeto IDP - Indicadores de Desempenho e Produtividade - Resultados 2005*, Porto: s.n.
- Couto, P., Manso, A. & Soeiro, A., 2006. *Análise comparativa de valores de mercado de imóveis para habitação*, Lisboa: LNEC.
- Decreto - Lei n.º 322-A/2001, de 14 de Dezembro* (s.d.) Regulamento Emolumentar dos Registos e Notariado.
- Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de Agosto – Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Águas e Drenagem de Águas Residuais* (s.d.).
- Decreto-Lei 18/2008, de 29 de Janeiro de 2008* (s.d.) Código dos Contratos Públicos, 2009.
- Decreto-Lei 26/2010 de 30 de Março* (s.d.) Procede à décima alteração ao Decreto-Lei n.º 555/99, de 16 de Dezembro, que estabelece o regime jurídico da urbanização e edificação, e procede à primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 107/2009, de 15 de Maio.
- Decreto-Lei 287/2003 de 12 de Novembro* (s.d.) – Procede à reforma da tributação do património, aprovando os novos códigos do imposto municipal sobre imóveis (CIMI) e do imposto municipal sobre transmissões onerosas de imóveis (CIMT).
- Decreto-Lei 576/70 de 24 de Novembro* (s.d.) Define a política dos solos tendente a diminuir o custo do terreno para construção.
- Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro* (s.d.) Aprova o regime geral da gestão de resíduos, transpondo para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 2006/12/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de Abril, e a Directiva n.º 91/689/CEE, do Conselho, de 12 de Dezembro.
- Decreto-Lei n.º 273/2003, de 29 de Outubro* (s.d.) Procede à revisão da regulamentação das condições de segurança e de saúde no trabalho em estaleiros temporários ou móveis, constante do Decreto-Lei n.º 155/95, de 01/07, mantendo as prescrições mínimas de segurança e saúde no trabalho estabelecidas pela D.
- Decreto-Lei n.º 46/2008 de 12 de Março* (s.d.) Estabelece o regime das operações de gestão de resíduos de construção e demolição (RCD).

Diaz-Balteiro , L. & Romero, C., 2004. In search of a natural systems sustainability index. *ECOLOGICAL ECONOMICS*, pp. 401-405.

Diretiva n.º 2006/123/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 12 de dezembro de 2006 (s.d.).

EUROSTAT, 2010. <http://ec.europa.eu/eurostat/>. [Online]
[Acedido em ENVIRONMENT AND ENERGY].

Faria, J., 2014. *Noções Elementares sobre Orçamentos de Obras de Construção Civil - Versão 10*, Porto: FEUP.

Fossati, M., 2008. *Metodologia para avaliação da sustentabilidade de projetos de edifícios: o caso de escritórios em Florianópolis*. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2008: s.n.

Franco, H., Dulce, M. & Loforte, R., 2006. *A avaliação de terrenos urbanos no contexto da qualidade da gestão de empreendimentos imobiliários*. Lisboa, LNEC.

Gaspar, P., 2002. *Metodologia para o cálculo da durabilidade de rebocos exteriores correntes*. Lisboa: Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.

GBTool, 2007. <http://www.iisbe.org/>, s.l.: Green Building Tool. SBTool 07.

Geissler, S. & Macoun, T., 2001. *Austrian state-of-the-art report. CRISP Project*. Marnela-Vallee: s.n.

Godinho, C., 2011. *Gestão Integrada de Resíduos de Construção e Demolição – Análise de Casos de Estudo*, Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

Golony, B. & Kress, M., 1993. A multicriteria evaluation of the methods for obtaining weights from ratio-scale matrices. *European Journal Operation Research*, Volume 69, pp. 210-220.

Gomes, L., Araya, M. & Carignano, C., 2004. *Tomada de Decisões em Cenários Complexos*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning.

Haurie, A., 2001. *The Analytical Hierarchy Process- Topic 1.3 – Multi-criterion decision making*. Genève: Université de Genève / Centre Universitaire d'écologie humaine et des sciences de l'environnement.

Hwang, C. & Yoon, K., 1981. *Multiple Attribute Decision Making . Lecture Notes in Economics and Mathematical System*. Berlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag.

IPQ, 2014. *NP EN 15643-1 - Sustentabilidade das obras de construção; Avaliação da sustentabilidade dos edifícios; Parte 1: Enquadramento geral*. s.l.:s.n.

IPQ, 2014. *NP EN 15643-2 - Sustentabilidade das obras de construção; Avaliação da sustentabilidade dos edifícios; Parte 2: Enquadramento para a avaliação do desempenho ambiental*. s.l.:s.n.

IPQ, 2014. *NP EN 15643-3 - Sustentabilidade das obras de construção; Avaliação da sustentabilidade dos edifícios; Parte 3: Enquadramento para a avaliação do desempenho social*. s.l.:s.n.

ISO 15392, 2008. *Sustainability in building construction - General principles*. Geneva: International Organization for Standardization.

ISO 15686-1, 2011. *Buildings and constructed assets; Service life planning; Part 1: General principles and framework*. s.l.:s.n.

ISO 15686-2, 2012. *Buildings and constructed assets; Service life planning; Part 1: General principles and framework*. Geneva: International Organization for Standardization..

ISO 15686-7, 2006. *Buildings and constructed assets; Service life planning; Part 7: Performance evaluation for feedback of service life data from practice*; Geneva: International Organization for Standardization..

ISO 15686-8, 2008. *Buildings and constructed assets; Service-life planning; Part 8: Reference service life and service-life estimation*. s.l.:s.n.

ISO 15941, DNP CEN/TR, 2014. *Sustentabilidade das obras de construção; Declarações ambientais de produto; Metodologia para seleção e uso de dados genéricos*. s.l.:s.n.

ISO 6241, 1984. *Performance standards in building– Principles for their preparation and factors to be considered*. Geneva: International Organization for Standardization..

ISO AWI 21932, 2002. *Buildings and constructed assets – Sustainability in Building – Sustainability indicators*, s.l.: International Organization for Standardization. TC 59.

JSBC, 2001. <http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/index.htm>. [Online] [Acedido em 14 11 2014].

Kibert, C. J., 2005. *Sustainable construction: Green building design and delivery*. John Wiley & Sons, Inc.

Kurtz JC, J. C., Jackson , L. E. & Fisher, W. S., 2001. Strategies for evaluating indicators based on guidelines from the Environmental Protection Agency's office of research and development. *Ecological Indicators*, pp. Pag. 49-60..

LEED, 2009. *LEED, Leadership in Energy & Environmental Design. LEED for New Construction and Major Renovations v.3. U.S. GREEN BUILDING COUNCIL, USA*. [Online] [Acedido em 12 06 2015].

Lei n.º 15/2013 de 8 de fevereiro, estabelece o regime jurídico a que fica sujeita a atividade de mediação imobiliária (s.d.).

Lei n.º 55 - A/2012, de 29 de outubro (s.d.) Altera o Código do Imposto sobre o Rendimento das Pessoas Singulares, o Código do Imposto sobre o Rendimento das Pessoas Coletivas, o Código do Imposto do Selo e a Lei Geral Tributária.

Lei n.º 83-C/2013 de 31 de Dezembro (s.d.) Orçamento de estado 2014 - Atualiza Decreto-Lei 287/2003 de 12 de Novembro.

Mañà, I. R., González, I. B. & Sagera, C. I., 2000. *Plan de Gestión de Residuos en las Obras de Construcción y Demolición*, Catalunya, España: Dirección General de Medio Ambiente, Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya.

- Manso, A. C., Fonseca, M. S. & Espada, J. C., 2013. *Informação sobre Custos. Fichas de rendimentos*. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- Mateus, R., 2009. *Avaliação da Sustentabilidade da Construção, Propostas para o Desenvolvimento de Edifícios mais sustentáveis*. Universidade do Minho(Guimarães): s.n.
- Mateus, R. & Bragança, L., 2011. Sustainability Assessment and Rating of Buildings: Developing the Methodology SBTToolPT–H. *Building and Environment*, October, Volume Issue 10; Volume 46, pp. Pages 1962-1971.
- Miranda, M. & Guterres, J., 2012. *Proposta de análise da influência dos custos na determinação do prazo ótimo de execução de uma empreitada*, s.l.: ISLAL.
- Nascimento, E. P., 2012. Trajetória da Sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao económico. *Estudos Avançados*, pp. Pag. 51-62.
- Norris, G. A. & Marchall, H. E., 1995. Multiattribute decision analysis method for evaluating buildings and building systems. In: *NISTIR 5663*. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology – NIST, p. 77.
- OECD, 1993. *Core set of indicators for environmental performance reviews. a synthesis report by the Group on the State of the Environment*, s.l.: Environment Monographs n. 83.
- Olive, G., 1998. *Synthèse d'expérimentations de bâtiments à Haute Qualité Environnementale en vue de recommandations pour la maîtrise d'ouvrage publique, rapport final*,. [Online] [Acedido em 23 03 2014].
- Oliveira, C. A. & Belderrain, M. C., 2008. *Considerações Sobre a Obtenção de Vetores de Prioridades no AHP. I Erabio – XXI ENDIO – XIX EPIO. "Sistemas Boscosos y Tecnologia"*. Posadas, Misiones, Argentina: s.n.
- Pereira, L., 2002. *Reciclagem de resíduos de construção e demolição: aplicação à Zona Norte de Portugal*, Guimarães: Escola de Engenharia, Universidade do Minho.
- Pinheiro, M. D., 2006. *Ambiente e Construção Sustentável*. 1ª ed ed. Lisboa: Instituto do Ambiente.
- Pinheiro, M. D., 2008. *Sistemas de Gestão Ambiental para a Construção Sustentável*. Lisboa: s.n.
- Pinheiro, M. D., 2009. *LIDERA – Liderar pelo ambiente na procura da sustentabilidade, Apresentação Sumária do Sistema de Avaliação da Sustentabilidade da Construção, Versão para Ambientes Construídos (V2.00b)*. [Online] [Acedido em 20 06 2015].
- Pinheiro, M. D., 2010. *Manual para projetos de Licenciamento com sustentabilidade segundo o Sistema LiderA*. s.l.:s.n.
- Pinheiro, M. D., 2010. *Manual para projetos de licenciamento com sustentabilidade segundo o sistema LiderA, Síntese Executiva*. s.l.:s.n.
- Pinheiro, M. D., 2011. *LiderA: Sistema Voluntário Para A Sustentabilidade Dos Ambientes Construídos. Versão 2.00c*. s.l.:s.n.

Pinheiro, M. D., Vieira, P., Miranda, A. & Coelho, S., 2002. *Excelência Ambiental dos Empreendimentos. Sistemas de Requisitos*. Lisboa: s.n.
http://www.escritadigital.pt/Edicoes/imagens/@ficheiros/2219_Quest%C3%B5es%20SBTool%20PT.pdf. [Online]

[Acedido em 19 07 2015].

Pinheiro, M. D., Vieira, P., Miranda, A. & Coelho, S., 2002. *Excelência Ambiental dos Empreendimentos. Sistemas de Requisitos*. Lisboa: s.n.

Pinto, T. & Agopayan, V., 1994. Construction wastes as raw material for low-cost construction products. *Sustainable Construction*.

Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março (s.d.) Aprova a Lista Europeia de Resíduos .

Portaria n.º 280/2014 de 30 de Dezembro (s.d.) Fixa o valor médio de construção por metro de quadrado a vigorar no ano 2015.

Portaria n.º 335/97 de 16 de Maio (s.d.) Fixa as regras a que fica sujeito o transporte de resíduos dentro do território nacional.

Portaria n.º 385/2004, de 16 de Abril (s.d.) Aprova a tabela de honorários e encargos da actividade notarial.

Rabbani, S. R., 1996. *Decisions in transportation with the analytic Hierarchy Process*. Campina Grande: UFPB/CCT: s.n.

Ribas, D., Costa, J. M. & Figueiras, J., 1998. *Aferição da Qualidade do Projeto de Estruturas de Betão*. Lisboa, s.n., p. 795 – 804.

Ribas, D., Costa, J. M. & Figueiras, J., 1998. *Uma Aferição da Qualidade do Projeto de Estruturas de Betão em Edifícios*. Lisboa, s.n., p. 195 – 214.

Ribas, D. & Figueiras, J. A., 1999. A Qualidade do Projeto de Estruturas de Betão em Edifícios. *INGENIUM*, Dezembro, Volume II Série, N.º 43, p. 66 – 70.

Ribas, D. & Figueiras, J. A., 2000. *As Avarias Estruturais e a sua Relação com a Qualidade do Projeto*. Porto, s.n.

Ribas, D., Morais, M. & Cachim, P., 2014. *Economic Performance of Buildings: Development of Assessment Methodology for Second prEN 16627:2013*. Funchal – Portugal, 40th IAHS World Congress on Housing – Sustainable Housing Construction.

Ribas, D., Morais, M. & Cachim, P., 2015. *Desempenho Económico de Edifícios: Desenvolvimento de Metodologia Avaliação Segundo a prEN 16627:2013*. Guimarães, s.n., pp. 1443-1456.

Ribas, D., Morais, M., Velosa, A. & Cachim, P., 2015. Application of Analytical Hierarchical Process in the assessment of economic sustainability of buildings. *International Journal Interdisciplinarity In Theory and Practice*, p. 8.

Ribas, D., Morais, M., Velosa, A. & Cachim, P., 2015. Development of a weight system for the economic sustainability of buildings. *International Journal CRC Press - Taylor and Francis Group*, p. 6.

- Ribas, D., Morais, M., Velosa, A. & Cachim, P., 2015. *Using Analytical Hierarchy Process for the definition of a weighting system for economic sustainability of buildings*. Slovak Republic, s.n., p. 4.
- Rodrigues, C., 2013. *Proposta de Relatório Mensal - Como Instrumento de Controlo de Obra*, Braga: Universidade do Minho.
- Ruivo, J. & Veiga, J., 2004. *Resíduos de construção e demolição: estratégia para um modelo de gestão*, Lisboa: Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.
- Saaty, R. W., 1987. *The Analytic Hierarchy Process: What it is and how it is used? Mathematical Modelling*. s.l.:Great Britain.
- Saaty, T. L., 1980. *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw Hill.
- Saaty, T. L., 1990. Decision making with the analytic Hierarchy Process. *Int. J. Services Sciences*, pp. 9-26.
- Saaty, T. L., 1991. *Método de análise hierárquica*. São Paulo: Makron Books.
- Sabbatini, F., 1989. *Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos”: formulação e aplicação de uma metodologia*, São Paulo: Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- SBTool PT, 2015. *SBTool PT Ferramenta para a construção sustentável*. [Online] [Acedido em 20 06 2015].
- SBTool, 2009. <http://www.iisbe.org/sbtool>. [Online] [Acedido em 15 03 2015].
- Silva, D., 2011. *Vidas úteis em elementos da construção em edifícios habitacionais sistemas envelope e interior*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil ed. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Silva, V. G., 2000. Avaliação do desempenho ambiental de edifícios. *Revista Qualidade na Construção*, n.º 25, Issue Silva VG, pp. p.14-22.
- Silva, V. G., 2003. *Avaliação da Sustentabilidade de Edifícios de Escritórios Brasileiros: Diretrizes e Base Metodológicas*. Universidade de São Paulo: s.n.
- Silva, V. G., 2007. Building sustainability indicators: state-of-the-art and. *Ambiente Construído*, Volume 7, n.º1, pp. 47-66.
- Wackermann, G., 2008. Le développement durable. *Revue Géographique de l'Est*.
- WCED, 1987. *Our common future*, Oxford: Oxford University Press..
- Zambrano, L. A., 2004. *Avaliação do desempenho ambiental da edificação: um instrumento de gestão ambiental*. Rio de Janeiro(Brasil): s.n.
- Zambrano, L. A., 2004. *Avaliação do desempenho ambiental da edificação: um instrumento de gestão ambiental*. Rio de Janeiro(Brasil): s.n.

Zimmermann, A., Aho, I., Bordass, B. & Geissler, S., 2002. *Proposed Framework for Environmental Assessment of Existing Buildings*. In: *Sustainable Building 2002. Proceedings*. iisBE/CIB/Biggforsk. Oslo: s.n.